275

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

I. ÉVFOLYAM 1. SZÁM

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

ÜNNEPI SZÁM A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FENNÁLLÁSÁNAK 125. ÉVFORDULÓJA ALKALMÁBÓL

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1951

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI:
HEVESI GYULA

I. ÉVF. 1. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-U. 2.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, VI., SZTÁLIN-ÚT 31.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u. 2.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi és kiadóhivatali levelezés.

Minden szerzőt száz különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre **20** forint, külföldi címre **30** forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, VI., Sztálin-út 31. Magyar Nemzeti Bank egységszámlaszám: 936.550), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egységszámlaszám: 929.040) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica Hungarica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé képviselni. A cikkek orosz, német, angol vagy francia nyelven jelennek meg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig további három nyelven. Cikkeket magyar vagy a megfelelő idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica Hungarica Szerkesztősége, Budapest, V., Géza-utca 2.

A fiatal pannóniai Au-tartomány 7. táblázat

	Fő szűrő ionok							Kiszűretlen ionok
	Si^{+4}	Al^{+3}	Ca^{+2}	Fe^{+3}	Fe^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	
Kiszűrt ionok	V^{+5}	Ga^{+3}	Cu^{+1}, Na^{+1}, Cp^{+3} Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2} Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3}, Tl^{+3} U^{+} Y^{+3} Dy^{+3}, Tb^{+3}, Th^{+4}, Gd^{+3} Hg^{+2}, Ag^{+1}, Sm^{+3} Eu^{+3}, Nd^{+3}, Pr^{+3}	Ga^{+3}, Ti^{+4}, Cr^{+3} Ru^{+4}, Ir^{+4} Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4}, Pd^{+4} Ti^{+3}, Rh^{+3}, Nb^{+5}, Sn^{+4}	Li^{+1}, Mg^{+2}, Ni^{+2},Co^{+2} Sc^{+3}, Zn^{+2} Zr^{+4}, Mn^{+2}	Sn^{+4} Li^{+1}, Ni^{+2} Co^{+2}, Sc^{+3}, Fe^{+2}, Zn^{+2}	Mn^{+2}, In^{+3}, Cu^{+1} Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2} Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3}, Tl^{+3} U^{+4}, Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}	Be^{+2}, Ge^{+4}, Ce^{+3} La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+2} Pb^{+2}, K^{+1}, H_3O^{+1} Au^{+1}, Ba^{+2}, Rb^{+1} Tl^{+1}, Cs^{+1} Li^{+1}, Ag^{+1}

Az Eperjes (Prešov)-Tokaji hegység déli része a fiatal pannóniai Au-tartományban 8. táblázat

	Fő szűrő ionok						Kiszűretlen ionok
	Si^{+4}	Al^{+3}	K^{+1}	Na^{+1}	Fe^{+3}	Ca^{+2}	
Kiszűrt ionok	V^{+5}	Ga^{+3}	La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+2} Pb^{+2} H_3O^{+1}, Au^{+1}, Ba^{+2}, (Rb^{+1})	Mn^{+2}, In^{+3}, Cu^{+1} Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2} Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3} Tl^{+3}, U^{+4}, Ca^{+2} Y^{+3}, Dy^{+3}	Ga^{+3}, Ti^{+4}, Cr^{+3} Ru^{+4}, Ir^{+4} Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4}, Pd^{+4} Pl^{+4}, Ti^{+3}, Rh^{+3} Nb^{+5}, Sn^{+4}	Cu^{+1}, Na^{+1}, Cp^{+3}, Yb^{+3} Ce^{+4}, Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3} Ho^{+3}, Tl^{+3}, U^{+4} Y^{+3} Dy^{+3}, Tb^{+3}, Th^{+4} Gd^{+3}, Hg^{+2}, Ag^{+1}, Sm^{+3} Eu^{+3}, Nd^{+3}, Pr^{+3},	Be^{+2}, Ge^{+4}, Li^{+1}, Mg^{+2} Ni^{+2}, Co^{+2}, Sc^{+3} Fe^{+2}, Zn^{+2}, Zr^{+4} Ce^{+3}, Rb^{+1}, $Tl+^{1}$ Cs^{+1} $Ag+^{1}$

A dartmoori Sn-tartomány 9. táblázat

	Fő szürő ionok					Kiszűretlen ionok
	Si^{+4}	Al^{+3}	K^{+1}	Na^{+1}	Fe^{+2}	
Kiszűrt ionok	V^{+5}	Ga^{+3}	La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+2}, Pb^{+2} H_3O^{+1}, Au^{+1} Ba^{+2}, (Rb^{+1})	Mn^{+2}, In^{+3}, Cu^{+1} Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4} Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3} Ho^{+3}, Tl^{+3}, U^{+4} Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}	Li^{+1}, Mg^{+2}, Ni^{+2} Co^{+2} Sc^{+3}, Zn^{+2} Zr^{+4}, Mn^{+2}	Be^{+2}, Ge^{+4}, Ti^{+4}, Cr^{+3}, Ru^{+4} Ir^{+4}, (Fe^{+3}), Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4} Pd^{+4}, Rh^{+3}, Nb^{+5} Ti^{+3}, Sn^{+4}, Tb^{+3} Th^{+4}, Gd^{+3}, Hg^{+2} Ag^{+1}, Sm^{+3}, Eu^{+} Nd^{+3}, Pr^{+3}, Ce^{+3} Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1} Li^{+1}

A boliviai Sn-tartomány 10. táblázat

	Fő szűrő ionok							Kiszűretlen ionok
	Si^{+4}	Al^{+3}	K^{+1}	Na^{+1}	Ca^{+2}	Fe^{+2}	Mg^{+2}	
Kiszűrt ionok	*V^{+5}*	*Ga^{+3}*	*La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+2}, Pb^{+2}* *H_3O^{+1}, Au^{+1}, Ba^{+2}, (Rb^{+1})*	*Mn^{+2}, In^{+2}, Cu^{+1}* Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4} *Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3}* *Ho^{+3}, Tl^{+3}, U^{+4}* *Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}*	Cu^{+1}, Na^{+1}, *Cp^{+3}, Yb^{+3}* *Ce^{+4}, Cd^{+2}, Er^{+3}* *Tu^{+3}, Ho^{+3}, Tl^{+3}* *U^{+4}* *Y^{+3}* *Dy^{+3}, Tb^{+3}, Th^{+4}* *Gd^{+3}, Hg^{+2}, Ag^{+1}* *Sm^{+3}, Eu^{+3}, Nd^{+3}* *Pr^{+3}*	Li^{+1}, *Mg^{+2}, Ni^{+2}* *Co^{+2}* *Sc^{+3}, Zn^{+2}* *Zr^{+4}, Mn^{+2}*	*Sn^{+4}* Li^{+1}, *Ni^{+2}* *Co^{+2}, Sc^{+3}, Fe^{+2}* *Zn^{+2}*	*Be^{+2}, Ge^{+4}, Ti^{+4}, Cr^{+3}* *Ru^{+4}, Ir^{+4}, (Fe^{+3})* *Os^{+4}, Mo^{+4}, W^{+4}* *Pt^{+4}, Pd^{+4}, Rh^{+3}* *Nb^{+5}, Ti^{+3}, Ce^{+3}* *Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1}* Li^{+1}, Ag^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány 11. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő ionok						Kiszűretlen ionok
		Si^{+4}	Mg^{+2}	Fe^{+2}	Ca^{+2}	Al^{+3}	Fe^{+3}	
Bazális, kritikus (differenciált) és főöv	Kiszűrt ionok	*V^{+5}*	*Sn^{+4},* Li^{+1}, *Ni^{+2}* *Co^{+2}, Sc^{+3}, Fe^{+2}* *Zn^{+2}*	Li^{+1}, *Mg^{+2}, Ni^{+2}, Co^{+2}* *Sc^{+3}, Zn^{+2}* *Zr^{+4}, Mn^{+2}*	Cu^{+1}, Na^{+1}, *Cp^{+3}* *Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2}* *Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3}* *Tl^{+3}, U^{+4}* *Y^{+3}* *Dy^{+3}, Tb^{+3}, Th^{+4}* *Gd^{+3}, Hg^{+2}*, Ag^{+1} *Sm^{+3}, Eu^{+3}, Nd^{+3}* *Pr^{+3}*	*Ga^{+3}*	*Ga^{+3}, Ti^{+4}, Cr^{+3}* *Ru^{+4}, Ir^{+4}* *Os^{+4}* *Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4}* *Pd^{+4}, Ti^{+3}, Rh^{+3}* *Nb^{+5}, Sn^{+4}*	*Be^{+2}, Ge^{+4}, In^{+3}* *Ce^{+3}, La^{+3}, Bi^{+3}* *Sr^{+2}, Pb^{+2}, K^{+1}* *H_3O^{+1}, Au^{+1}, Ba^{+2}* *Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1}* Li^{+1}, Cu^{+1}, Na^{+1} Ag^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány 12. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő ionok						Kiszűretlen ionok
		Si^{+4}	Al^{+3}	Fe^{+2}	Fe^{+3}	Ca^{+2}	Na^{+1}	
Felső öv (Dachnorite)	Kiszűrt ionok	*V^{+5}*	*Ga^{+3}*	Li^{+1}, *Mg^{+2}, Ni^{+2}* *Co^{+2}* *Sc^{+3}, Zn^{+2}* *Zr^{+4}, Mn^{+2}*	*Ga^{+3}, Ti^{+4}, Cr^{+3}* *Ru^{+4}, Ir^{+4}* *Os^{+4}* *Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4}* *Pd^{+4}, Ti^{+3}, Rh^{+3}* *Nb^{+5}, Sn^{+4}*	Cu^{+1}, Na^{+1}, Cp^{+3} *Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2}* *Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3}* *Tl^{+3}, U^{+4}* *Y^{+3}* *Dy^{+3}, Tb^{+3}, Th^{+4}* *Gd^{+3}, Hg^{+2}*, Ag^{+1} *Sm^{+3}, Eu^{+3}, Nd^{+3}* *Pr^{+3}*	*Mn^{+2}, In^{+3}, Cu^{+1}* Cp^{+3}, *Yb^{+3}, Ca^{+4}* *Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3}* *Ho^{+3}, Tl^{+3}, U^{+4}* *Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}*	*Be^{+2}, Ge^{+4}, Ce^{+3}* *La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+3}* *Pb^{+2}, K^{+1}, H_3O^{+1}* *Au^{+1}, Ba^{+2}, Rb^{+1}* *Tl^{+1}, Cs^{+1}* Li^{+1}, Ag^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány 13. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő ionok				Kiszűretlen ionok
		Si^{+4}	Al^{+3}	K^{+1}	Na^{+1}	
„Red rocks"	Kiszűrt ionok	V^{+5}	Ga^{+3}	La^{+3}, Bi^{+3}, Sr^{+2}, Pb^{+2} H_3O^{+1}, Au^{+1}, Ba^{+2}, (Rb^{+1})	Mn^{+2}, In^{+3}, Cu^{+1} Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4} Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3} Ho^{+3}, Tl^{+3}, U^{+4} Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}	Be^{+2}, Ge^{+4}, Ti^{+4} Cr^{+3}, Ru^{+4}, Ir^{+4} Fe^{+3}, Os^{+4}, Mo^{+4} W^{+4}, Pt^{+4}, Pd^{+4} Rh^{+3}, Ti^{+3}, Nb^{+5} Sn^{+4}, Li^{+1}, Mg^{+2} Ni^{+2}, Co^{+2}, Sc^{+3} Fe^{+2}, Zn^{+2}, Zr^{+4} Tb^{+3}, Tl^{+4}, Gd^{+3} Hg^{+2}, Ag^{+1}, Sm^{+3} Eu^{+3}, Nd^{+3}, Pr^{+3} Ce^{+3}, Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány 14. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő ionok		Kiszűretlen ionok
		Fe^{+2}	Cr^{+3}	
Kromit betelepülések a kritikus (differenciált) övben	Kiszűrt ionok	Li^{+1}, Mg^{+2}, Ni^{+2} Co^{+2} Sc^{+3}, Zn^{+2} Zr^{+4}, Mn^{+2}	Ga^{+3}, Ti^{+4} Ru^{+4} Ir^{+4}, Fe^{+3}, Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4} Pd^{+4}, Ti^{+3}, Rh^{+3} Nb^{+5}	Be^{+2}, Si^{+4}, V^{+5}, Ge^{+4}, Al^{+3} Sn^{+4} In^{+3}, Cu^{+1}, Na^{+1}, Cp^{+3} Yb^{+3}, Ce^{+4}, Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3} Tl^{+3}, U^{+4}, Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3} Tb^{+3}, Th^{+4}, Gd^{+3}, Hg^{+2}, Ag^{+1} Sm^{+3}, Eu^{+3}, Nd^{+3}, Pr^{+3}, Ce^{+3}, La^{+3}, Bi^{+3} Sr^{+2}, Pb^{+2}, K^{+1}, H_3O^{+1}, Au^{+1} Ba^{+2}, Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1} Li^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány. 15. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő ionok			Kiszűretlen ionok
		Fe^{+2}	Fe^{+3}	Ti^{+3}	
Titanomagnetit-betelepülések a főövben	Kiszűrt ionok	Li^{+1}, Mg^{+2}, Ni^{+2}, Co^{+2} Sc^{+3}, Zn^{+2} Zr^{+4}, Mn^{+2}	Ga^{+3}, Ti^{+4}, Cr^{+3}, Ru^{+4} Ir^{+4} Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4}, Pt^{+4} Pd^{+4}, Ti^{+3}, Rh^{+3} Nb^{+5}, Sn^{+4}	Ga^{+3}, Cr^{+3}, Ru^{+4} Ir^{+4}, Fe^{+3}, Os^{+4} Mo^{+4}, W^{+4} Pt^{+4}, Pd^{+4}, Rh^{+3} Nb^{+5} Sn^{+4}	Be^{+2}, Si^{+4}, V^{+5}, Ge^{+4}, Al^{+3}, Mn^{+2} In^{+3}, Cu^{+1}, Na^{+1}, Cp^{+3}, Yb^{+3}, Ce^{+4} Cd^{+2}, Er^{+3}, Tu^{+3}, Ho^{+3}, Tl^{+3} U^{+4}, Ca^{+2}, Y^{+3}, Dy^{+3}, Tb^{+3} Th^{+4}, Gd^{+3}, Hg^{+2}, Ag^{+1} Sm^{+3} Eu^{+3}, Nd^{+3}, Pr^{+3}, Ce^{+3}, La^{+3}, Bi^{+3} Sr^{+2}, Pb^{+2}, K^{+1} H_3O^{+1} Au^{+1} Ba^{+2}, Rb^{+1}, Tl^{+1}, Cs^{+1} Li^{+1}

A bushveldi Sn-tartomány 16. táblázat

Öv vagy csoport		Fő szűrő atomok			Kiszűretlen atomok
		Fe	Ni	Cu	
Szulfidos szegregátumok a bazális és a kritikus (differenciált) övben	Kiszűrt atomok	Be, Si, Mn, Ge Ga Ni Cr, Co, Cu, V Ru, Zn, Rh Os, Ir, Mo, W Pd, Pt (?)	Be, Si, Mn Ge, Ga Fe Cr, Co, Cu, V Ru, Zn, Rh Os, Ir, Mo W, Pd, Pt (?)	 Si, Mn, Ge, Ga Ni, Cr, Co V, Ru, Zn, Os Rh, Ir, Mo, W Pd, Pt, Sn	Al, Nb, Ta, Au, Ag, Cd Ti, Hg, Li, Zr, Hf, Sc Mg, In, Tl, Pb, Tb, Th Nd, Y, Pr, Ce, Na, Li, Er Ca, Sr, Ba, K, Rb, Cs

A bushveldi Sn-tartomány 17. táblázat

	Szűrőatomok Pt, Pd	Elemek köbösen lapcentrált ráccsal a 12-es koordinációban	Kémiai hasonlóság	Mindhárom feltételnek megfelelő atomok	Kiszűretlen atomok
Kiszűrt atomok	Fe, Ni, Cr, Co, Cu, V Ru, Zn, Rh, Os, Ir Mo, W, Sn, Nb, Al Ta, Au , Ag, Cd, Ti Hg, Li	Al, β-Ti, γ-Fe, β-Co α-Ni, Rh, Ag, Ir, Au	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Os Ir	Fe, Co, Ni, Rh, Ir	Be, Bi, Ge, Zn, Hf Sc, Mg, In, Tl, Pb Tb, Th, Nd, Y, Pr Ce, La, Na, Er, Ca Sr, Ba, K, Rb, Cs

1. táblázat

	SiO_2	si	ti	al	fm	c	alk	k	mg	$\frac{c}{fm}$	h	qz	Ércesedés-fokozat	Magmacsoport
A Vihorlát-Gutin (Ignis) vonulat északi része (Hát-hegység)	53,89	151,4	2,7	28,6	42,0	16,6	12,8	0,28	0,48	0,39	2,4	+ 0,2	1	dioritos
Cserhát-hegység Nagybátonnyal	54,70	158,3	2,3	30,7	31,6	25,0	12,7	0,26	0,37	0,81	14,1	+ 7,7	1	peléeites-dioritos
Cserhát-hegység Nagybátony nélkül	55,26	161,3	2,3	30,5	31,9	24,3	13,3	0,26	0,35	0,76	13,7	+ 8,1	1	peléeites-dioritos
Banska Stiavnica (Selmec)—Kremnica (Körmöci) érchegység keleti része	57,03	167,8	1,8	33,2	33,1	22,4	11,3	0,30	0,51	0,68	5,8	+ 22,6	1—2	peléeites-tonalitos
Hargita-Călimani hegység[1])	57,21	173,7	1,6	29,4	34,1	23,5	13,0	0,27	0,30	0,69		+ 21,7	1—2	dioritos
Mecsek-hegység és Báni-hegység	57,60	183,6	2,3	33,5	32,1	18,9	15,5	0,22	0,54	0,59		+ 21,6	1	kvarcdioritos (bázikus szárny)
Dunai andezithegység déli része (Szentendre—Visegrádi hegység)	58,15	189,3	1,6	34,4	27,2	23,8	14,6	0,35	0,37	0,88	12,9	+ 30,9	1—2	peléeites, kissé közeledik a tonalitos magma felé enyhe kvarcdioritos beütéssel
Dunai andezithegység (Szentendre—Visegrádi hegység + Börzsöny-hegység)	57,62	189,7	2,0	35,8	26,7	22,7	14,8	0,33	0,33	0,85	13,4	+ 30,5	2	peléeites, közeledik a tonalitos magma felé, enyhe kvarcdioritos beütéssel
Dunai-andezithegység északi része (Börzsöny-hegység)	57,38	190,8	2,0	36,3	26,3	22,4	15,0	0,32	0,30	0,85	13,6	+ 30,8	2	peléeites, közeledik a tonalitos magma felé, enyhe kvarcdioritis beütéssel
Mátra-hegység + Nagybátony	58,41	192,1	2,2	34,3	27,8	23,1	14,8	0,30	0,40	0,83	19,5	+ 33,0	3—4	peléeites-tonalitos enyhe kvarcdioritos árnyalattal
Velencei hegység	58,79	192,5	1,2	32,8	31,8	23,0	12,4	0,29	0,45	0,72	29,7	+ 43,0	1—2	peléeites, kissé közeledik a tonalitos magma felé
Banska Stiavnica (Selmec)—Kremnica (Körmöci) érchegység nyugati része	58,63	194,0		39,8	29,6	21,3	9,3	0,53	0,33	0,72		+ 56,8	2—3	leginkább peléeites
Bulzai-hegycsoport	59,52	194,5		33,1	30,0	21,2	15,7	0,31	0,49	0,71		+ 31,8	2	peléeites, közeledik a kvarcdioritos magma felé
Bánáti érchegység[1])	60,29	198,0	2,0	29,6	33,5	20,3	16,6	0,35	0,49	0,61	12,4	+ 31,6	4—5	kvarcdioritos, de *k* valamivel nagyobb
Mátra-hegység Nagybátony nélkül	59,39	201,2	2,2	35,0	27,2	22,2	15,6	0,32	0,40	0,81	20,5	+ 38,6	3—4	peléeites-tonalitos, enyhe kvarcdioritos árnyalattal

Drocea (Drócsa)-hegység keleti része Savarsin (Soborsin)—Torias (Torjási) tömzzsel együtt	62,97	227,3	1,5	34,9	28,6	16,2	20,3	0,34	0,42	0,57	10,6	+ 45,9	4—5	kvarcdioritos-granodioritos
Erdélyi-érchegység	61,91	227,3	2,4	36,3	25,6	20,5	17,6	0,38	0,36	0,80		+ 56,8	5	leginkább kvarcdioritos-granodioritos
Gutin—Ignis (Rozsály)—Avas-csoport (a Vihorlát-Gutin hegyvonulat déli része)	61,84	227,7	2,0	37,2	26,1	19,0	17,7	0,48	0,34	0,73		+ 56,8	5	granodioritos, de *k* valamivel nagyobb
Lápos-hegység Ciblessel	63,91	234,9		37,5	21,6	21,9	19,0	0,26	0,45	1,01		+ 58,9	3—4	leukopeléeites
Banska Stiavnica (Selmec)—Kremnico (Körmöci)-érchegység középső része[1]	64,03	245,1	1,4	33,8	29,0	19,3	17,9	0,47	0,50	0,67		+ 73,5	5	opdalitos-kvarcdioritos
Majdanpek	63,88	243,7	1,1	36,4	25,0	23,3	15,3	0,27	0,41	0,94		+ 82,4	4—5	kvarcdioritos-leukotonalitos
Vladeasa (Vlegyásza)—Bihor (Bihar)-hegység középső része telérek nélkül	65,01	253,3	0,9	41,6	22,4	16,6	19,4	0,31	0,32	0,74		+ 75,7	4	granodioritos, de *k* kisebb
Prešov (Eperjes)—Tokaji hegység középső része[1]	65,75	268,4	1,0	38,5	24,8	18,6	18,1	0,36	0,40	0,75	18,4	+ 96,0	3	granodioritos opdalitos és kvarcdioritos vonatkozásokkal
Ivanščica—Kalnik-hegység	69,20	313,3		36,4	21,7	18,2	23,6	0,20	0,33	0,83		+ 118,8	2	leginkább granodioritos
Vladeasa (Vlegyásza)—Bihor (Bihar)-hegység északi része Nagybáród nélkül	69,27	313,9	1,9	42,1	21,2	13,6	23,1	0,40	0,40	0,64		+ 121,5	1—2	granodioritos-adamellites
Vladeasa (Vlegyásza—Bihor (Bihar)-hegység északi része Nagybáródd al	69,60	318,7	1,9	42,3	20,9	13,2	23,6	0,40	0,39	0,63		+ 124,2	1—2	adamellites-kvarcdioritos
Prešov (Eperjes)—Tokaji hegység déli része	71,46	355,2	1,2	37,9	19,7	12,8	29,6	0,47	0,26	0,65	19,7	+ 136.8	1—2	adamellites
Beregovo (Beregszász-i)-hegység	70,81	374,6	1,3	43,8	14,3	12,7	29,2	0,37	0,13	0,89	14,0	+ 157,8	1—2	yosemititgránitos
Bükk-hegység a riolitbomba nélkül	70,35	377,2	1,0	46,3	13,5	13,2	27,0	0,49	0,26	0,98	48,9	+ 169,1	1	yosemititgránitos
Bükk-hegység a riolitbombákkal	72,41	437,3	1,1	46,4	13,8	13,4	26,4	0,51	0,24	0,97		+ 231,5	1	?
Sárszentmiklós	73,82	473,0	1,2	47,7	14,2	2,7	35,4	0,85	0,24	0,16		+ 321,4	1	aplitgránitos?
Fruska-Gora-hegység trachitos kőzetei	55,66	172,2	2,0	29,7	28,2	21,1	21,0	0,43	0,44	0,75		— 11,7	2	*si*-monzonitos
Gleichenberg	61,44	218,6	3,0	35,0	22,7	19,0	23,3	0,44	0,38	0,84	10,7	+ 25,4	1	monzonitszienites-leukotonalitos

[1]) Összes vas *FeO*-ra átszámítva.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI:

HEVESI GYULA

I. KÖTET, 1. SZÁM

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

125 éves fennállása alkalmából rendezett Ünnepi Hét előadásai és vitái

Az osztály előadásainak programmja:

November 27., hétfő:

Mihailich Győző r. tag: Elnöki megnyitó.
Hevesi Gyula l. tag: A tudományos kutatás és a termelés kapcsolatai.

Előadás helye: MTESZ nagyterme (V., Szlay-u. 4.).

GEOLÓGIA

November 28., kedd:

Vadász Elemér l. tag: A magyar ásványkincs feltárása.
Vendel Miklós r. tag: Összefüggések a magmák és ércesedések között.

Előadások helye: MÉMOSZ, Sztálin-terem (VI., Dózsa György-út 84/a).

ÉPÍTÉS I.

Mihailich Győző r. tag: Korszerű építési szerkezetek és eljárások.

Előadás helye: MTESZ nagyterme (V., Szalay-utca 4.).

GÉPÉSZET I.

November 28., kedd:

Bíró Ferenc lev. tag: Gépgyártásunk anyagmegtakarítási lehetőségei a korszerű technológiai módszerek révén.

Előadás helye: MÉMOSZ II. emeleti előadóterme (VI., Dózsa György-út 84/a).

KOHÁSZAT

November 29., szerda:

Szele Mihály: Hazai ércek feldolgozási lehetőségei.
Kerpely Kálmán: Oxigénes és levegőbefúvásos acélgyártás.
Verő József r. tag: Levegőbefúvásos acélgyártás *H* és *N* kérdésének elméleti vizsgálata.
Geleji Sándor l. tag: A hengerlés gyakorlati és elméleti problémáinak matematikai megoldása.

Előadás helye: MÉMOSZ, Sztálin-terem (VI., Dózsa György-út 84/a).

ÉPÍTÉS II.

November 29., szerda :

A hozzászólás és vita folytatása.

Csonka Pál : Korszerű méretezési elvek és eljárások.
néhai *Jáky József* r. tag : Nehéz testi munka gépesítése a földmunkában. Felolvassa Széchy Károly.

Előadás helye : MTESZ nagyterem (V., Szalay-utca 4.).

GÉPÉSZET II.

Vörös Imre : Anyagtakarékosság lehetőségei a korszerű géptervezésnél.

Előadás helye : MÉMOSZ, II. emeleti előadóterem (VI., Dózsa György-út 84/a).

BÁNYÁSZAT

November 30., csütörtök :

Vargha Béla : A bányászat korszerűsítési kérdései.
Szádeczky-K. Elemér l. tag : Szénelegyrészek átalakulása.
Vigh Ferenc : Karsztvízprobléma a bányászatban.

Előadás helye : MTESZ nagyterme (V., Szalay-utca 4.).

GEODÉZIA ÉS GEOFIZIKA

November 30., csütörtök :

Tárczy-Hornoch Antal r. tag : Beszámoló a felsőgeodézia terén folyó vizsgálatokról.
Hazay István : Vizsgálatok a Gauss-Krüger ábrázolási mód magyarországi alkalmazásával kapcsolatban.
Kántás Károly : Elektromos geofizikai kutatómódszerek elméleti alapjai és fejlesztési lehetőségei.

Előadás helye : az Akadémia felolvasó-terme (V., Akadémia-utca 2.).

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Heller László : Hőenergiagazdálkodásunk időszerű kérdései.

Előadás helye : az Akadémia felolvasó-terme (V., Akadémia-utca 2.).

VILLAMOSSÁG

December 1., péntek :

Kovács K. Pál l. tag : A villamosenergia-termelés és elosztás időszerű kérdései hazánkban.

Előadás helye : az Akadémia felolvasó-terme (V., Akadémia-utca 2.).

MIHAILICH GYŐZŐ r. tag

ELNÖKI MEGNYITÓJA

A Magyar Tudományos Akadémia 125 éves fennállása alkalmából rendezett ünnepi hét munkájában fokozott melegséggel, hálatelt szívvel vesz részt a Műszaki Tudományok Osztálya, amely az Akadémia újjászervezésével kapcsolatosan hivatott életre.

A Műszaki Tudományok Osztályának felállítása népi demokráciánk rendkívüli elismerésének, nagyrabecsülésének jele, hogy a műszaki tudományok nélkülözhetetlenek a szocializmus államának építéséhez. A tőke rabságában görnyedő, vagy profit-bálványát akaratlanul is kiszolgáló, vagy a pusztító háborút tudatosan elősegítőkkel ellentétben a népi demokráciában a tudományok művelői felszabadultak, tehetségüknek, tudásuknak megfelelő munkakörben dolgozhatnak, mindnyájunk és az egész nép javára, nagy erkölcsi és anyagi támogatásban részesülve. A dolgozó nép áldozatkészsége tette lehetővé, hogy a tudományos munka óriási segítséget nyerjen. Az egyetemi elhanyagolt, korszerűtlen laboratóriumok újjáépültek és olyan intenzív munka indult meg, melyről a múltban álmodni sem lehetett. Számos kutató intézet (matematikai, fizikai, vaskutatási stb.) létesült, amelyek egész rövid idő alatt igen szép eredményeket értek el. A műszaki tudományok fejlődése szempontjából döntő jelentőségű a budapesti Műszaki Egyetemen kívül három vidéki egyetem alapjainak lerakása. Nagyfontosságú a bevezetett új tantervi reform, amely által a hallgatók alapos, mélyreható tudást szerezhetnek és mód nyílik arra, hogy a tehetségeseket a tudományos kutatás felé irányíthassuk. Bizvást remélhető, hogy a Műszaki Tudományok Osztályának működése elő fogja segíteni a magyar műszaki tudományok rohamos fejlődését.

Ez az ünnepi hét nem csupán csak egy szokásos jubileum, hanem dokumentációja a szocialista alkotó munka új szellemének, amely lehetővé tette, hogy az Akadémia keretében egy Műszaki Osztály létesüljön és így a műszaki tudományos munka megindulhasson.

Visszapillantva, a multban a műszaki tudományok terén a kutató munka igen kezdetleges állapotban volt. A népi demokráciában viszont a tervgazdálkodással kapcsolatban a műszaki tudományos kutató munkára óriási feladatok hárulnak, amelyek megoldásához a szükséges anyagi eszközök rendelkezésre állanak. Ma a tudományos kutató munka jellege egészen más, mint a multban volt. Ezek a feladatok *célfeladatok*, amelyek a tervgazdálkodással, az ötéves tervvel szoros kapcsolatban állanak és az egész nép érdekeit szolgálják. Természetszerű ebből kifolyólag, hogy a tudományos kutató munkának kellő hatásfokkal

kell lefolynia és ennek egyik feltétele olyan kutatási munkaterv elkészítése, amely nemcsak a kutatási feladatot, de az idő- és munkaerő-szükségleteket is tartalmazza és pontos határidőket jelöl meg. A szocialista tervszerűségnek a tudományos kutatásban való jelentőségét kutatóink egy része még nem értette meg eléggé, de ezt csak a kellő tapasztalat és gyakorlat hiányának tulajdonithatjuk.

Amikor elbíráljuk a Műszaki Tudományok Osztálya eddigi munkájának eredményeit, figyelembe kell vennünk azokat a nehézségeket, amelyeket a kísérleti berendezések és műszerek beszerzésének nehézsége és a káderhiány okozott. Megállapítható, hogy az Osztály működése ezen rövid idő alatt igen biztatónak minősíthető. Igen sok feladatot sikerült megoldani, amit az ipar is hasznosított. Ilyenek pl. többek között: levegőbefúvásos acélgyártás, gyors fogaskerék-gyártás, preciziós öntés, anódmechanikus köszörülés, elektromos geofizikai kutató módszerek, gyorsan szilárduló p. c. beton, könnyű beton, cementtel való talajszilárdítás, új bitumen-minősítő eljárás, szigetelő anyagok. Érdekes ezenkívül rámutatni arra, hogy az Akadémia Bizottságai a kutató munkán kívül sok esetben bizonyos, a népgazdaság szempontjából fontos javaslatokat tettek az illetékes kormányzati szervek felé, amelyek jelentős részét el is fogadták. Ilyen pl. a Bányászati Akadémiai Bizottság javaslata, mely a bányagépek szerkesztésére és gyártására vonatkozik és a Nehézipari Minisztérium részéről nyert támogatást. Hasonlóan eredményes volt az Építési és Kohászati Bizottság javaslata az építőipar részére nagy szilárdságú acél gyártására vonatkozóan. Súlyponti kérdésünk a tudományos kutató munka és a termelés között kapcsolat létesítése. Átérezve ennek fontosságát, az egyes szakbizottságok kiszálltak a termelő üzemekbe (Hofherr, Egyesült Izzó, Diósgyőr) és ott konferenciákat tartottak. A megbeszélésekből kitűnt, hogy a tudományos kutatási eredményekről a gyárak nincsenek tájékoztatva, viszont kutatóink sem ismerik kellőképpen az ipar problémáit. Igen fontos feladata az Akadémiai Bizottságoknak, hogy ezeket a kapcsolatokat fenntartsák és továbbfejlesszék.

Akkor, amikor a Műszaki Osztály munkájának eredményeit röviden jellemezzük, nem feledkezhetünk meg arról sem, hogy az osztályból indult ki Biró és Hevesi elvtársak kezdeményezésére a budapesti Műszaki Egyetemen az elsőéves hallgatók létszámának a kétszeresére való felemelése, amivel jelentékenyen fokozzuk műszaki káderképzésünk ütemét.

Ezek mellett az eredmények mellett rá kell mutatni azokra a hiányosságokra is, amelyeken sürgősen segíteni kell. Meg kell szüntetni az idegenkedést a tervkészítéstől és el kell érni, hogy minden tudományos kutató munka *a szocialista építés követelményeinek megfeleljen és előre elkészített terv alapján folyjék.* Össze kell állítani a műszakfejlesztési terv kutatási feladatait. Kell tehát készíteni egy országos műszaki tudományos kutatási tervet, amely szorosan kapcsolódik az ötéves tervhez.

Meg kell erősíteni és széles körben ki kell terjeszteni a tudományos kutatás

és a termelés közötti kapcsolatot, hogy a tudományos kutatások eredményeit az iparban mielőbb bevezessék. A munkabizottságok feladata, hogy a tudományos kutató munka eredményei az iparban mielőbb hasznosíttassanak. Évégből kívánatos, hogy a munkabizottságok munkájába a sztahanovistákat is mentől jobban bevonjuk.

A Műszaki Tudományok Osztályának minden tagja és számos kartársunk, akik az Akadémiai Bizottságok munkájában résztvesznek, teljes tudatában vannak fontos hivatásuknak, amely számukra osztályrészül jutott a szocializmus építésében. Bizonyára mindannyian tehetségüknek és tudásuknak megfeszítésével fognak dolgozni azon, hogy népgazdaságunk erejét mentől nagyobb mértékben megnöveljék és evvel a béke győzelmét is biztosítsák.

A TUDOMÁNYOS KUTATÁS ÉS A TERMELÉS KAPCSOLATA

HEVESI GYULA lev. tag.

előadta az 1950. nov. 27-én tartott osztályülésen

Újjászervezett Akadémiánk alapszabályainak az a kitétele, hogy az Akadémia »a tudomány minden eszközével hozzájáruljon« népgazdasági feladataink megvalósításához, elsősorban a Műszaki Tudományok Osztályát érinti, mert hiszen a műszaki tudományok azok, amelyeknek eredményei a legközvetlenebül mehetnek át a gazdasági építőmunka-gyakorlatába. Kormányzatunk és dolgozó népünk nemcsak feltételezi, hogy műszaki tudományos kutatásunk ennek a feladatának meg fog tudni felelni, de számításba is veszi olyan reális tényezőként, amelyre biztosan lehet építeni. Ötéves tervünk egész sor döntő jelentőségű feladata, mostani nagygyűlésünk főtárgyától, az alapanyag kérdésétől kezdve, feltételezi azt, hogy műszaki tudományos kutatásunk a tervben kitűzött határidőkre megadja az e feladatok végrehajtásához szükséges, gyakorlatilag megvalósítható leggazdaságosabb megoldást. Ilyenformán a műszaki tudományos kutatás döntő jelentőségű, szervesen beépített része ötéves tervünknek, s ezért a műszaki tudományos kutatásra nagy felelősség hárul ötéves tervünk *egészének* megvalósításáért.

Indokolt tehát, hogy most, amikor a műszaki tudományos kutatás nagy szabású kifejlesztésének útjára léptünk, megvizsgáljuk eddigi kutatási és tudományszervezési módszereinket, s ezzel kapcsolatos jövőbeli feladatainkat. Ezen az uton világító fáklyaként áll előttünk a szovjet tudomány nagyszerű példája, amely a szocializmus építésének három évtizede alatt a világ élenjáró tudományává lett. Ennek a tuddománynak kutatási eredményei tették lehetővé a szovjet nép számára azt, hogy az óriási ország természeti adottságainak gyökeres átalakításához hozzáfoghasson, a nagy sztálini tervek alapján Ez a tudomány, az elmélet és a gyakorlat legszorosabb dialektikus egységében, együtt fejlődött és együtt haladt a szocialista gazdasági építéssel, s bár megőrizte és továbbfejlesztette az orosz tudomány korifeusainak nagyszerű hagyatékát, a mai szovjet tudomány a maga 150 000 főből álló tudományos kutató hadseregével és mintegy 3500 kutató intézetével és laboratóriumával új, szocialista tudomány, mégpedig nemcsak méreteiben az, de jellegében, tartalmában, kutatási és szervezési módszereiben is.

Szocialista építésünk sikerének biztosítására nekünk is olyan tudomámyt és nem utolsó sorban olyan műszaki tudományokat kell teremtenünk, mint aminő a szovjet tudomány.

A szovjet tudománynak a kapitalista tudománytól eltérő legfőbb jelleg-

zetessége, ami egyben a kapitalista tudománnyal szembeni való fölényének főforrását is jelenti, az, hogy ez a tudomány a dialektikus materializmus világszemléletének gyakorlati megtestesítője. A dialektikus materializmus módszereinek tudatos alkalmazása adja meg számára a lehetőséget nemcsak a természet jelenségeinek helyes megértésére, hanem a természet olyan mértékű megváltoztatására is, aminő az idealista, vagy mechanikusan materialista világfelfogás alapján elképzelhetetlen. A dialektikus materializmus tudatos alkalmazása egyben az elmélet és gyakorlat tudatos egységét, a tudomány és a szocialista építés tudatos egységét, szervezett kapcsolatát is jelenti, amelyben az elmélet ugyanannyit ad a gyakorlatnak, mint amennyit nyer a gyakorlattól. Ha az elmélet egy ideig előtte is jár a gyakorlatnak, időszakonként és helyenként viszont a gyakorlat töri át az elmélet frontját, mint ezt műszaki területen a sztahanov-mozgalom nagyszerű példái mutatják, és ilyenkor hatalmas lökéssel viszi előre a tudomány fejlődését. Minél tudatosabbá válik a műszaki tudományok területén az elmélet és a gyakorlat egysége, annál rendszeresebbé és állandóbbá válnak azok a kölcsönhatások, amelyek a szocialista építés minden területén érvényesülve, a haladás döntő hajtóerőivé fejlődnek.

Az elmélet és a gyakorlat egysége a műszaki tudományok terén mindenekelőtt a tudományos kutatás *tervszerűségében mutatkozik.* Mivel a szocialista gazdaság tervgazdaság, annak a tudománynak is, amelynek főfeladata a szocializmus építésének elősegítése, szükségszerűen tervezettnek, tervszerűen irányítottnak kell lennie. A szocialista tudomány tervszerűségét azonban nem csupán a szocialista tervgazdasággal való összefüggése magyarázza és teszi szükségessé. Ahogyan a szocialista tervszerűség már önmagában véve is óriási hajtóereje a gazdasági fejlődésnek, mert megsokszorozza az emberi erőkifejtés társadalmi hatásfokát és a kapitalista termelés anarchiájával szemben óriási előnyöket biztosít a szocialista gazdaságnak, ugyanúgy a szocialista tervszerűség a tudomány területén már önmagában véve is roppant jelentőségű hajtóereje a fejlődésnek. A szocialista tervszerűség teszi lehetővé, hogy a tudományos kutatás egymással összefüggő ágaiban ne maradjanak hézagok, kevésbbé, vagy egyáltalán nem kutatott területek, amelyek később az egész haladás fékezőivé válhatnak. Ez a tervszerűség teszi lehetővé a tudományos káderek, műszerek, egyéb anyagi eszközök koncentrálását. a kutatás legdöntőbb jelentőségű területeire. Ez teszi lehetővé a kutatók egész tömegének, a kutató intézetek egész hálózatának kollektív együttműködését *bonyolult* (komplex) problémák gyors megoldására. Ezért érte például derült égből lecsapó villámként Truman elnököt az a váratlan felfedezés, hogy a Szovjetuniónak már 1947-ben birtokában volt az atomfegyver, holott az amerikai szakértők ezt 1952-ig elérhetetlennek tartották a Szovjetunió számára.

Ezzel szemben tudományos kutatóink között még elég sokan vannak, akik ha alá vetik is magukat a tervkötelezettségnek, azt csak szükséges rossznak, a szocialista építés elkerülhetetlen velejárójának vagy éppen csak holmi pénzügy-

minisztériumi bürokratikus követelménynek tekintik. Általában két érvet szoktak felhozni a tudomány tervszerűségével szemben. Az egyik az, hogy mivel a tudományos kutatás tervszerűsége elsősorban a tematikai kutatási terv összehangolását jelenti a népgazdasági terv feladataival, ez az eljárás elkerülhetetlenül szűk prakticizmushoz, a tudománynak a napi feladatok megoldására irányuló korlátozásához vezet. A másik érv pedig az, hogy a tudomány tervszerűsítése esetén elvész az individuális kezdeményezés lehetősége, a tudós nem foglalkozhat azzal, amire kedve és intuiciója vezetné.

Vizsgáljuk meg közelebbről ezt a két, tudományos köreink köztudatából még nem egészen kiküszöbölt ellenvetést.

Elnyomja-e a tudományos kutatásnak a termelés érdekeinek megfelelő irányítása az elméleti kutatást? Helyes választ erre a kérdésre csak úgy kapunk, ha a kérdést dialektikusan tesszük fel, vagyis ,ha azt is megnézzük, hogy miféle és milyen méretű termelésről van szó, hiszen a mennyiség bizonyos határon túl itt is minőségileg változtatja meg az elmélet és a gyakorlat, vagyis a tudomány és a termelés viszonyát. Ez utóbbit még a kapitalista termelés viszonyai között is észleljük. Vegyünk például egy középszerű üzemet, amelyet a konkurrencia arra kényszerít, hogy igyekezzék termelését tökéletesíteni, s ezért kénytelen laboratóriumot fenntartani. Itt a munka nyilvánvalóan csak a legszűkebb »prakticizmus« keretei között mozoghat, és nem mehet túl a kutatásban azon a határon, amely a mindennapi üzemi feladatok megoldásához elkerülhetetlenül szükséges. Ha ellenben egy hatalmas ipari konszernt veszünk, mint aminő volt például az Egyesült Izzó, amely a világpiacra dolgozott, és hasonló vállalatok konkurrenciájával kellett megbirkóznia, egyszeriben megértjük, hogy az ilyen vállalat nem lehet meg a termelés műszaki alapjául szolgáló tudomány-területek messzemenő elméleti kutatása nélkül. Egy izzólámpa fajlagos energiafogyasztásának leszállítása, akárcsak 0,1 Wattal, vagy a lámpa élettartamának néhány órával való meghosszabbítása csak a fizikának és kémiának, esetleg a tudományos kutatás egyéb területeinek is az eddig ismerten túl való kiszélesítését, tehát a szó szoros értelmében vett tudományos kutatást követel meg. Ezért történhetett meg, hogy ebben a laboratóriumban dolgozták ki először a kripton nagyüzemi előállítását, és hogy az itt végzett radar-kisérletekkel sikerült először a Holdat elérni, pedig nyilvánvaló, hogy az Egyesült Izzót finanszirozó tőkéseknek a Holdban semmi keresnivalójuk nem lehetett. De ha így van ez már a fejlett kapitalizmus viszonyai között is — eltekintve attól a közismert ténytől, hogy az így nyert tudományos eredmények zöme általában elsüllyedt a vállalatok páncélszekrényeiben és konzervált szabadalmaiban — mennyivel inkább így van ez a szocialista társadalomban, ahol az ország valamennyi természeti kincsei és termelő erői egy gazdának, a nép érdekeit képviselő államnak rendelkezésére állanak, s ahol a termelés legkorlátlanabb kifejlesztésére nemcsak a gazdaság vezetői, de a dolgozók milliós tömegei is szocialista versenyben irányítják minden törekvésüket. Az a cél, hogy a természetet a lehető

legnagyobb mértékben az ember szolgálatába állítsuk, és az ember érdekeinek megfelelően átalakítsuk, a legfokozottabb munkát követeli meg a tudomány minden területén az elméleti alapok kiszélesítésére. Ezért van az, hogy a szovjethatalom már az Októberi Forradalom győzelmének első pillanatától kezdve a legnagyobb figyelmet fordította a tudományok fejlesztésére ; hogy az első nagy lenini villamosítás terv még az ország legnagyobb gazdasági leromlásának idején született meg, és hogy ennek a tervnek a megvalósítása érdekében már ebben az időszakban hatalmas tudományos intézetek egész sora keletkezett, mint aminők voltak például az elektrotechnikai-, optikai-, rádiótechnikai-, aero- és hidrodinamikai-, az elméleti- és műszaki fizikai- és ezeket követőleg még számos más intézet.

Vagy vegyünk talán egy még meggyőzőbb példát.

Az első sztálini ötéves tervet megelőző időben a Szovjetunió a vegyipar terén a világ egyik legelmaradottabb országa volt. Nem is volt tulajdonképpen a szó korszerű értelmében vett vegyipara. Ez a helyzet tarthatatlanná vált a Szovjetunió számára és fenyegette a szovjetállam biztonságát is. Ekkor, 1928-ban, a szovjet vegyészek egy jelentős csoportja javaslattal fordult a kormányhoz, amelyben felajánlotta segítségét a szovjet vegyészeti tudomány és technika fejlesztésére. Feleletül erre a szovjet kormány a felajánlást tevő vegyészekből országos chemizálási bizottságot létesített, amelynek a következő, s a legrövidebb időn belül megoldandó feladatokat adta : a hazai nyersanyagbázis kiszélesítése és észszerű felhasználása, a kémia legújabb vívmányainak bevezetése az egyes iparágakba, valamint a szállítás, az építés és az egészségügy területére ; a műtrágyák és növényvédőszerek gyártásának megszervezése ; káliumipar létesítése ; a szerves festékipar kifejlesztése, a szénlepárló ipar, a koksz- és benzolgyártás korszerűsítése, a fa kémiai feldolgozása ; a ritka fémek tanulmányozása és legnagyobb mérvű ipari kihasználása ; a szintetikus kémia alapproblémáinak megoldása (szintetikus kaucsuk, benzin) ; a folyékony tüzelőanyagok, szintetikus éterek stb. a vegytiszta reaktivák, valamint laboratóriumi készítmények gyártásának meghonosítása. Nincs az a kémikus, aki ebben az óriási programmban ne találta volna meg a maga individuális képességeinek és hajlamának megfelelő működési területet. Ezt az óriási feladat-komplexumot a szovjet kémikusok még az első ötéves terv folyamán alapjaiban meg is oldották.

A szocialista kutatási terv azonban nemcsak a tematikából áll, hanem időben is meghatározza a tudományos intézetek által elvégzendő és tőlük elvárt munkát.

Miből folyik a tudományos kutató munka ilyen naptári tervezésének gyakorlati lehetősége? Mindenekelőtt előre kell bocsátanom, hogy természetesen nem olyan naptári tervezésről van szó, mint aminő például egy üzemnek egészen az óragrafikonig levezetett terv-előirányzata. Olyan tervek ezek, amelyek lehetőleg nagy megközelítéssel, reálisan állapítják meg a kitűzött munka elvégzéséhez szükséges időt : ennek az időnek a megrövidítésére az intézetnek minden-

képpen törekednie kell, lényeges kitolása viszont megengedhetetlen. Nézetem szerint a következő tényezők azok, amelyek a kutató munka ilyen naptári tervezésének lehetőségét meghatározzák : Először is a gazdaság sohasem állít olyan követelményeket a tudományos kutatás elé, amelyek megoldási lehetősége a tudomány adott állásából kiindulva (beleértve az idetartozó dokumentációt, gyakorlati tapasztalatokat is), kívül esnék a valószínűség határain. Sőt nem ritkán találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a termelés nem használja ki azokat a lehetőségeket, amelyeket a tudomány adott állása már gazdaságilag kihasználhatóvá tenne. Ennek egészen kirívó eseteit tapasztaltuk például az akadémiai bizottságoknak egyes üzemeinkben tett kiszállásai alkalmával. Másodszor — és ez előbbi megállapításunkkal szoros összefüggésben van, sőt nagy mértékben annak magyarázatát is adja — a tervszerűen irányított távlati elméleti kutatás előkészíti a talajt ahhoz, hogy egy későbbi tervperiódusra előirányzott műszaki probléma gyakorlati megoldásához necsak a valószínűség határain belül, hanem biztos eredményre számítva foghassunk hozzá. A konkrét célkutatás naptári tervezhetőségének ez a második előfeltétele egyben ismételten aláhúzza az elméleti kutatás jelentőségét a szocialista tudomány fejlesztésében. Harmadszor : az elméleti alap valamennyi összes rendelkezésére álló kiindulási adata és a kitűzött célok figyelembevételével, a kutató munkában szerzett gyakorlati tapasztalatok alapján lehetséges az adott kutatási feladat időszükségletét nagy megközelítéssel reálisan felbecsülni. Negyedszer : ha a kutatási munka területének ez az előzetes felbecsülése már megvan, a szocialista tudomány-szervezésnek módjában áll a kutatás lebonyolítására mindazokat a feltételeket — káder, felszerelés, műszer, tudományos intézetek kooperációja, az ipar segítsége stb — megadni, amelyek biztosítják, sőt fontos esetekben bőségesen biztosítják a kutatás feladatának eredményes elvégzését a népgazdasági tervben megkívánt határidőre.

Egy igen meggyőző példával bizonyítanám ezt a szovjet tudomány gyakorlatából. A szintetikus kaucsuk előállításának kérdésével és az erre irányuló kutatással már az első világháború idején kezdtek foglalkozni az orosz vegyészek, de minőségileg elfogadható és gazdaságosan gyártható termékhez még a szovjet hatalom első éveiben sem tudtak jutni. 1926-ban, amikor a szovjet ipar már odáig jutott, hogy napirendre tűzhette ezt a feladatot, s emellett az ország honvédelmi érdekei is halaszthatatlan megoldást követeltek, a Népgazdasági Tanács egyéves határidővel pályázatot hirdetett a szintetikus kaucsuk gyártásának megoldására. A pályázóknak teljes technikai leírást, a gyártási berendezés tervrajzát és legalább két kilogramm megfelelő minőségű kaucsukot kellett egy éven belül benyujtaniok. A tudósokat, akik bejelentették kívánságukat a pályázaton való részvételre, a kormányzat minden általuk megkívánt eszközzel, laboratóriummal, műszerekkel, káderrel, félüzemi berendezéssel stb. ellátta. 1927. dec. 30-án érkeztek be a pályaművek, s közöttük számos értékes részletjavaslat mellett, ott szerepelt Sz.B. Lebegyev professzornak a divinil-kaucsuk

gyártására vonatkozó, azonnal megvalósítható teljes üzemi megoldása is. Lebegyev professzor évtizedeken át dolgozott már előbb is ezen a területen, de most az adott körülmények között, egy év alatt többet produkált, mint egész előbbi kutatásai során. Természetes, hogy a szovjet tudósok kutatási tervének naptári határidőit nem csupán az előbb említett tényezők teszik reálissá. Annak a tudatnak ösztönző ereje, hogy munkájukkal a szocializmust, a kultúrát, a haladást és a békét szolgálják, és az a nagy erkölcsi megbecsülés, amellyel ezért a szovjet nép részéről részesülnek, a határidőket rendszerint megrövidíti. Meg vagyok győződve arról, hogy ugyanezek a tényezők a mi tudományos terveink határidős ütemezését is egyre reálisabbá teszik.

A tervezéssel kapcsolatban még két dologra kell itt a figyelmet felhívni. Az egyik az, hogy a kutatásnak és a termelésnek egymással való összefüggése nemcsak abban áll, hogy a népgazdaság bizonyos célokat tűz ki a kutatás elé, mintegy megrendelője a tudománynak. Fordított irányban is nem kevesebb kezdeményezést várunk. Tudományos intézményeink kötelessége, hogy idejében felhívják a népgazdaság tervezőinek és irányítóinak figyelmét az elméleti kutatás olyan eredményeire, amelyek már megértek arra, hogy új gazdasági feladatoknak, a szocialista építés kiszélesítésének alapjául szolgáljanak. Sőt nem elég, ha erre felhívják a figyelmet, mihelyt a kutatás egyik, vagy másik területén ilyen helyzet áll elő, hanem nekik maguknak keresniök is kell az elméleti kutatás olyan irányait, amelyek minél gyorsabban vezethetnek ilyen eredményekhez. Csak az ilyen kapcsolat teremtheti meg a tudomány és a termelés területén, az elmélet és a gyakorlat olyan egységét, amelynél a gazdaság éppúgy viszi előre a tudományt, mint a tudomány a gazdaságot. Úgy gondolom, hogy Akadémiánk Műszaki Osztályának ebből a követelményből kiindulva igen fontos gyakorlati következtetésre kell jutnia. Tudományos kutatási terveinket ezideig igyekeztünk népgazdaságunk műszaki fejlesztési terveivel összehangolni, annak szolgálatába állítani. Tettünk ugyan emellett egyes javaslatokat is a műszaki fejlesztési terv tökéletesítésére, de a jövőben ezzel nem érhetjük be. Nézetem szerint Műszaki Osztályunknak, illetve szakbizottságainknak aktivabban kell elősegíteniök a műszaki fejlesztési tervek a kidolgozását, mert csak így biztosíthatjuk azt, hogy népgazdaságunk a tudomány minden vívmányát felhasználja további fejlődésében.

A másik dolog, amire még a tervezéssel kapcsolatban rá kell mutatnunk, az, hogy amikor a kutatás tervezése céljául a szocializmus építésének elősegítését tekintjük, ezen egyúttal és elengedhetetlenül népi demokráciánk, szocialista hazánk megvédésének biztosítását is kell értenünk. A tudomány fejlesztése a békéért és a haladásért folytatott harcunk egyik legfontosabb követelménye. A szovjet nép győzelme a német fasizmus felett döntő módon a szovjet tudomány győzelme volt, kezdve a sztálini hadvezetési tudománytól a szovjet fizikáig és matematikáig. A béketábor 800 milliós seregét a mögötte álló szocialista tudomány teszi félelmetes erővé. Akkor, amikor békénk és kultúránk legmegátalkodottabb

ellensége, az amerikai imperializmus, nemcsak valamennyi rendelkezésére álló kutató intézetét, hanem valamennyi műszaki főiskoláját is a szó legszorosabb értelmében militarizálta és az egész tudományt a háború előkészítésének szolgálatába állítja, a béke és a haza védelmének szem előtt tartása tudományos kutatásunk egész területén elsőrendű kötelesség. Mi a tudományt építőmunkánk legfontosabb szerszámának tekintjük, de úgy kell ezt a szerszámot megszerkesztenünk hogy szükség esetén honvédelmünk eszközéül is szolgálhasson.

Természetes, hogy ma, káderneh ézségeink, műszer-beszerzésünk korlátozott lehetőségei mellett, ipari fejlettségünk jelen stádiumában a mi tudománytervezésünk nem lehet még olyan tökéletes és pontos, mint a Szovjetunióé. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ennek következtében messzebbre toljuk ki a kutatási határidőket, vagy éppen egyáltalában elálljunk a tervezéstől. Sokkal helyesebb a valóban fennálló objektív nehézségekkel olyan értelemben számolnunk, hogy nem forgácsoljuk szét tudományos kutatásunk frontját, hanem kádereinket és anyagi eszközeinket a legdöntőbb jelentőségű kérdésekre összpontosítjuk, de itt aztán szigorúan betartjuk a népgazdaság és a honvédelem érdekei által megkövetelt legrövidebb határidőket. Tudományos intézeteink vezetőitől meg kell kívánnunk, törekedjenek intézeteiken belül is a kutatómunka egyes fázisainak reális időbeli tervezésére, hogy rájuk népgazdaságunk biztosan támaszkodhassék. Igyekezzenek megteremteni a feltételeket, amelyek a munkának határidőn belüli végrehajtásához szükségesek ; neveljék felelősségre munkájukban munkatársaikat ; igyekezzenek nekik segíteni, a kutatási módszer ésszerűsítésével, kooperációval, va gy más lehetséges módokon. A határidő, ha komolyan érezzük érte a felelősséget, mint azt az ipar területén számtalan esetben látjuk, kétségkívül a kutatás területén is nagy ösztönzője a gondolkodás és az iniciativa gyorsításának.

A tervezés tehát a tudomány és a termelés közötti kapcsolat első és fő összekötő láncszeme. Ez a kapcsolat azonban a szovjet tudományban nemcsak a tervezés vonalán mutatkozik meg, hanem a legmélyebben érvényesül a kutatás lebonyolításában is, és különösen a műszaki tudományok terén, a Szovjetunióban kialakult szocialista kutatásmódszer egyik legjellegzetesebb sajátossága . A szovjet tudományra a legteljesebb mértékben vonatkoznak Sztálinnak a sztahanovista tanácskozáson mondott szavai: »A tudomány adatait mindenkor a gyakorlat, a tapasztalat ellenőrizte. Micsoda tudomány az, amelynek elszakadt a kapcsolata a gyakorlattal, a tapasztalattal... A tudományt éppen ezért nevezik tudománynak, mert nem ismer el fétist, nem fél kezet emelni arra, ami lejárta magát, ami elavult, és éberen figyel a tapasztalat, a gyakorlat szavára.«

A sztahanov-mozgalom keletkezése előtt is megvolt a kapcsolat a tudomány és a termelés között, de ennek inkább csak a tudomány által az iparnak nyújtott segítség jellege volt. A sztahanov-mozgalom tette a szovjet kutatók között általánossá azt a felismerést, hogy együttműködés a termelés élenjáró dolgozói-

val nemcsak a termelést viszi előbbre, hanem a tudományt is. Ennek egyik legszemléltetőbb bizonyítéka a szovjet gépiparban az utóbbi években végbemenő műszaki forradalom a gyorsított fémmegmunkálással kapcsolatban. Ha részletesen elemzzük a Bortkievics nevéhez fűződő gyorsított vágás kidolgozásának történetét — amire itt nem akarok kitérni, mivel ez az irodalomból nálunk is eléggé ismert — világosan kitűnik, hogy itt a fizikai termelőmunka és a tudományos kutatás teljes összefonódásáról és legszorosabb együttműködéséről van szó. Enélkül ezt az eredményt nem lehetett volna elérni. Hasonló példák tömegeit lehetne ma már felhozni a kohászat, az építészet, a közlekedés és úgyszólván a technika minden egyéb területéről is.

A tudomány és a termelés kapcsolatának számtalan új formája alakult ki és terjedt el a Szovjetunióban. A műszaki tudományos intézetek kutató tanácsaiban az akadémikusok és egyetemi tanárok mellett ott vannak az iparban dolgozó kiváló ménökök és a legjobb sztahanovisták, rendszerint a sztahanovista munka hivatásos instruktorai. Ezzel szemben az ipari üzemekben a vállalatvezető mellett most mindenütt kialakuló tudományos műszaki tanácsokban ugyanígy ott láthatjuk a kutató intézetek munkatársait és vezető tudósait. Szélesen elterjedt a tudományos műszaki konferenciák összehívása a termelés és a tudomány képviselőinek együttes részvételével. Gyakoriak a tudósok előadásai az üzemekben és a sztahanovisták előadásai az egyetemi katedrákon.

A szovjet tudományos intézet valamely probléma megoldását távolról sem tekinti befejezettnek a feladat megoldásával és az iparnak való átadásával. Munkáját kárbaveszettnek tekinti, ha az nem talál teljes gyakorlati alkalmazást, s ezért maga is aktívan harcol azért, hogy azt az ipar minél teljesebben átvegye. Figyelemmel kíséri az ipari kihasználás tapasztalatait, s ezek alapján szakadatlanul tökéletesíti tovább az előbb már kidolgozottnak tekintett és átadott módszert.

Különösen tömegessé és általánossá lett a tudománynak és a termelésnek ez a kapcsolata a leningrádi tudósok multévi kezdeményezése óta, akik Sztálinhoz intézett levelükben az ország összes tudományos dolgozóit felhívták arra, hogy a műszaki haladás előbbrevitele érdekében személyes segítséget nyújtsanak a termelésnek. A levéllel kapcsolatban kialakult mozgalom méreteire jellemző, hogy egyedül a leningrádi tudományos intézetek és üzemek között 2000 alkotó együttműködésre irányuló szerződés jött létre, az egyes üzemeken belül pedig több, mint tízezer egyéni szerződés egyes értelmiségi és fizikai dolgozók között. E szerződések alapján nagyszerű eredményeket értek el az üzemi nehézségek és a szűk keresztmetszetek leküzdésében, új technológiai módszerek bevezetésében és a meglévők tökéletesítésében.

A szovjet tudomány kapcsolata a termeléssel azonban még ennél is tovább megy, s egyre inkább az egész dolgozó néppel való általános kapcsolattá szélesedik. A szovjet tudomány népi tudomány, olyan amely, mint Sztálin elvtárs mondja, »nem zárkózik el a néptől, nem tartja magát távol a néptől, hanem kész szolgálni a népnek, kész átadni a népnek a tudomány minden ered-

ményét, amely nem kényszerből szolgálja a népet, hanem önkéntesen, örömmel. Ezért a szovjet tudósok kutató munkájuk mellett is nagy gondot fordítanak a tudomány propagandájára, a legújabb tudományos ismeretek és felfedezések megismertetésére a széles tömegekkel A Szovjet Tudományos Akadémia kiadóhivatalának külön részlege van népszerű kiadványokra és itt fillérekért kapható brosúrák tömegei jelennek meg, amelyek szerzői vezető akadémikusok, világhírű tudósok. Az ilyen brosúrák valóban hozzájárulnak ahhoz, hogy a tömegeket közelebb hozzák a tudomány színvonalához.

Ezek után áttérek arra a kérdésre, hogy nem egészen egy éve megalakult műszaki osztályunk helyesen fogta-e fel a szovjet tudomány előttünk álló példáját, és mennyiben sikerült ezt eddigi munkájában követnie.

Azt hiszem, hogy műszaki osztályunk helyes úton indult, mikor egészen röviddel megalakulása után létrehozta a szakmai akadémiai főbizottságokat mint a tudományos kutatás irányításának vezető szerveit az egyes szakterületeken. Ezek a bizottságok már összetételüknél fogva is biztosítják a tudományos kutatás és népgazdaságunk fejlesztési feladatai között szükséges kapcsolatot, mert bennük az Akadémia tagjai és tudományos intézeteink vezetői mellett ott vannak ipari- és gazdasági vezető szerveink legkiválóbb szakképviselői is. Egyes, a termeléssel közvetlen kapcsolatban álló kérdések tárgyalásakor a bizottsági üléseken vagy helyszíni kiszállások alkalmából a tanácskozásba bevontak kiváló sztahanovistákat is, de meg kell állapítani, hogy ez még csak ritkán fordult elő, nem vált rendszerré. Nyolc ilyen főbizottság alakult: a geológiai, a bányászati, a hidrológiai, a kohászati, a gépészeti, az építési, a villamossági, a geodéziai és a geofizikai. Ezek mellet még néhány albizottság működik. Most kezdi meg működését a budapesti földalatti vasút építésének tudományos támogatására létesült komplex bizottság, és megalakulóban van az automatizálási bizottság. E bizottságok munkájának gerince a szakterületekhez tartozó intézetek munkabeszámolóinak meghalgatlása, a legfontosabb intézetek munkájának a helyszínen, az intézet munkatársaival együtt való felülvizsgálata, tematikai terveinek elbírálása és a szükséges módosításokkal való jóváhagyása volt. Rendszerint e munkákkal kapcsolatban merülnek fel azok az országos jelentőségű kérdések, amelyek beható kivizsgálását és figyelemmel kísérését e bizottságok külön feladatként tűzik napirendjükre.

A bizottságokban magas színvonalú, rendszeres és egyre tervszerűbbé váló tudományos munka folyik, egészséges kritikai szellem van kialakulóban és kifejezésre jut az ország előtt érzett felelősség tudata. Az intézetek vezetői sok fontos útmutatást kapnak munkabeszámolóik alkalmával és terveik tárgyalásakor a bizottságoktól, amelyek már szélesebb szakmai összetételüknél fogva is sokkal több oldalról vitathatták meg a jelentéseket, mint az intézetek mellett működő kutató tanácsok. Emellett fontos koordináló munkát is végeztek a különböző intézetek terveinek összeegyeztetésével, s az első irányításokat adták az intézetek közötti kollektív együttműködés kialakulásához.

Különösen hasznosaknak bizonyultak egyes szakbizottságok együttes ülései határterületi kérdésekben, mint például a gépészeti és a kohászati bizottság, a bányászati és a gépészeti blzottság, az építési és a kohászati bizottság együttes ülései. Ezeken számos nagy jelentőségű olyan probléma tisztázódott, amely a szakmák keretein belül esetleg napirendre sem kerülhetett volna.

Eddigi tapasztalatunk azt mutatja, hogy műszaki osztályunk munkájának ilyen szervezése helyes, és máris figyelemreméltó eredményekkel jár mind tudományos kutatásunk, mind iparunk fejlesztése szempontjából.

A bizottságok a szakosztály teljes űlésein számolnak be munkájukról, s ezek a megbeszélések segítik elő, hogy a kölünböző szakterületeken folyó kutatás előbb-utóbb egységes, összefüggő, népgazdaságunk fejlesztési tervével teljesen egybehangolt komplex egésszé váljék. Ma még itt nem tartunk ; távolról sem mondhatjuk azt, hogy kutatóintézeteink terveinek összesége az az országos kutatási terv lenne, amely a problémák jelentőségüknek megfelelő osztályzásával és az összes szükséges kutatási feladatok feltárásával és biztosításával megfelelne népgazdaságunk jogos követelményeinek. Azt hiszem azonban, hogy ez irányban helyes úton járunk, és műszaki osztályunknak ezt a rendkívül fontos feladatát a legrövidebb időn belül meg fogjuk valósítani.

Az osztály-üléseken kerülnek napirendre azok az általános problémák amelyek komplex jellegüknél fogva több területet érintenek, vagy pedig minden szakterületre egyformán tartoznak. Így például többször és igen behatóan kellett foglalkoznunk a tudományos és műszaki káderek kérdésével. Ennek egyik eredménye egyebek között a Műszaki Főiskolán a finommechanikai és műszerügyi tagozat léttesítése valamint a budapesti Műszaki Egyetemen az elsőéves képzés megkétszerezése, ami kétségkívül igen jelentős lépés volt szakkáder-képzésünk problémájának megoldása, vagy legalábbis jelentékeny enyhítése irányában.

Megtörténtek — a szovjet tudomány példáját követve — az első lépések az Akadémia és egyes vezető nagyüzemeink közötti közvetlen kapcsolatok létesítésére. Műszaki osztályunk egyes bizottságai, megfelelő előkészítés után, kiszálltak a Hoffer-gyárba, az Egyesült Izzóba, a Diósgyőri és Ózdi Vasművekbe. Itt az üzem műszaki értelmiségi és élenjáró fizikai dolgozóival együttes konferenciákat folytattak.

Ezeken a konferenciákon szakmai kutatóintézeteink vezetői beszámoltak egyes kutatási eredményeikről, az üzem dolgozói pedig azokról a nehézségekről, amelyekben a tudomány segítségére szorulnak. Már az első kiszállások megmutatták az ilyen együttes munka rendkívüli hasznosságát mind a termelés, mind a tudományos kutatás szempontjából. Kiderült, hogy üzemeinknek általában nincs tudomásuk azokról a kutatási eredményekről, amelyeknek nagy hasznát vehetnék, intézeteinknek pedig nincs tudomásuk azokról az üzemi nehézségekről, amelyeken vagy egész könnyen segíthetnek, vagy amelyek indokolttá tennék azok felderítését beilleszteni a kutatási tematikába. Így például

a Hofherr-gyár dolgozói ezen a konferencián hallottak először a Vaskutató Intézetben kidolgozott anód-mechanikus köszörülésről, amelynek segítségével most az üzem egyik legszűkebb keresztmetszetét szüntetik meg. Számos olyan műszaki nehézségről is beszámoltak az üzem dolgozói, amelyek leküzdésében a Vaskutató Intézet gyors segítséget tud nyújtani. Az Egyesült Izzóban tartott konferencián, amelyen az Akadémia elektrotechnikai és kohászati bizottsága és több kutatóintézet munkatársai vettek részt, az üzem dolgozói tíz fontos témát vetettek fel. Ezek egy részét sikerült már a konferencián megoldani, vagy legalább is a megoldáshoz lényegesen közelebb vinni. E konferencia tanulságaként rámutathatok arra, mennyire fontos ilyen megbeszéléseken a tudomány különböző, sokszor egészen távolállónak látszó képviselőinek jelenléte is. Így például felmerült a konferencián, hogy a gyárnak a rádiócsövek szereléséhez olyan kerámiai anyagra lenne szüksége, amelynek izzításnál igen kicsi a zsugorodása. A Vaskutató Intézet itt először hallott arról, hogy az Egyesült Izzónak ilyen problémája van, az Izzó dolgozói viszont itt tudták meg, hogy a Vaskutató preciziós öntvények előállítására ilyen kerámikát már kidolgozott, s e mellett a konferencián azt is megállapították, hogy az anyag elektromos tulajdonságai, amelyek az öntésnél természetesen szerepet nem játszanak, szintén megfelelnek az Izzó céljaira. Hasonlóképpen folytak le a konferenciák Diósgyőrben és Ózdon is. A konferenciák után állandó jellegű komplex-brigádok létesültek az üzemek dolgozóiból és a tudományos intézetek megbizottaiból. E brigádok feladata a konferenciák határozatainak végrehajtása és az üzemek és a tudományos intézetek közötti kapcsolat további megszilárdítása. Sajnos az így elkezdett munka folytatása rendkívül nehézkesen és akadozva ment tovább, mégpedig azért, mert még egyes legnagyobb üzemeink vezetői sem értik meg éléggé a műszaki vezetés tudományos színvonalemelésének jelentőségét. A tapasztalat azt mutatja, hogy nem szabad visszariadnunk a kezdeti nehézségektől s ez az út a tudománynak a termelésbe való közvetlen bevezetésére számunkra épp olyan járható és eredményes lesz, mint amilyennek mutatkozott a szovjet tudomány számára. Az első komoly eredmények után, amelyekre kitartóan törekednünk kell, bizonyára megszűnik majd vállalatvezetőink közömbössége, és ők maguk keresik majd a kapcsolatot tudományos intézeteinkkel.

Tudományos kutatási eredményeink aktív propagandája terén is történtek már egyes figyelemreméltó kezdeményezések. Így például a Vaskutató Intézet és a budapesti Mechanikai Technológiai Tanszék Gillemot kartársunkkal az élén, az Intézetben is, egyes üzemekben is szemléltető előadást tart az intézet eredményeiről; a szikraforgácsolásról, az anódmechanikus köszörülésről, az alumíniumhegesztésről és egyéb befejezett kutatási témákról. Részt vesz a sztahanovista gyorsforgácsoló iskolák szervezésében, sőt az intézet munkájába is bevont egyes kiváló sztahanovistákat.

Igen hatásosnak bizonyult kutató intézeteink munkáinak bemutatása. a II. Országos Újító Kiállításon. Az újítások igen nagy érdeklődést keltettek

a kiállítás látogatóiban. A kiállítás óta nagy számban érkeznek üzemeinkből megkeresések kutató intézeteinkhez, segítséget kérve az ott látott gépek, műszerek és eljárások bevezetéséhez.

A kiállítástól eltekintve azonban, tudományos eredményeink ismertetésére a dolgozó nép legszélesebb rétegei között még igen kevés történt, s ami történt, az is inkább egyes tudósaink egyéni kezdeményezése, de távolról sem az Akadémia szervezett és tervszerű munkája. Rázsó Imre tagtársunk például rendszeresen járja a vidéket, hogy termelőszövetkezeteink, állami gazdaságaink dolgozói előtt ismertesse, miként kell az időszerű mezőgazdasági feladatokat a tudomány mai állásának megfelelően végrehajtani. Az őszi mélyszántásról Szarvason tartott kitűnő előadását 200 000 példányban nyomatta ki és terjeszti a Földművelésügyi Minisztérium. Gelei professzor kartársunk hasonló tevékenységet fejt ki a maga szakterületén egyes ipari üzemeinkben. Tény azonban, hogy a műszaki tudománynak a széles dolgozó tömegek között való általános népszerűsítéséhez még csak most kell hozzáfognunk.

Összefoglalva az elmondottakat, a műszaki tudományok szocialista építésünk követelményeinek megfelelő továbbfejlesztése iérdekében a következőkben látnám legközelebbi feladatainkat:

1. Műszaki tudományos kutatásainkban is érvényre kell jutnia a dialektikus materializmus elméletének és módszerei tudatos alkalmazásának. Ennek természetesen elengedhetetlen előfeltétele e módszer és világszemlélet minél tökéletesebb elsajátítása. Ezen a téren kétségkívül nagyon elmaradtunk, s ezért hozzá kell segítenünk a műszaki tudományok minden művelőjét annak felismeréséhez, hogy munkájának eredményesebbé tételéhez az idevágó forrásmunkáknak, Marx és Engels, Lenin és Sztálin műveinek tanulmányozása nem kevésbbé szükséges, mint a szakirodalomé.

2. Fokozni kell műszaki tudományos intézeteink további fejlesztésében a szocialista tervszerűséget. Arra kell törekednünk, hogy a tudományos kutatást nemcsak tematikailag, de a lehető legnagyobb megközelítéssel időbelileg is helyesen megtervezzük. Meg kell értetnünk minden tudományos kutatóval a szocialista tervszerűség jelentőségét a tudomány területén is. Ki kell dolgoznunk a szovjet tapasztalatok figyelembevételével tudomány-tervezésünk metodikáját.

3. Ki kell dolgoznunk és rendszeresen tökéletesítenünk a műszaki tudományos kutatás egységes, az összes szakterületek között összehangolt országos tervét, az ötéves terv célkitűzéseinek és hazánk biztonságának megfelelően, figyelembevéve a következő ötéves terv előrelátható távlatait és különösen ügyelve az elméleti jellegű kutatás fejlesztésére is.

4. Aktívabb tevékenységet kell kifejtenünk a tudományos kutatás eredményeinek a termelésbe való gyorsabb bevezetése érdekében. Ezért szorosabbá kell tennünk a tudományos intézetek és az üzemek közötti kapcsolatokat, alkalmazva az üzemekkel való együttműködésnek a Szovjetunióban kialakult sokoldalú formáit. Fokozni kell kutatási eredményeink propagandáját, egyrészt

szemléltető bemutatások, másrészt előadások és a megfelelő irodalom kiadása útján.

5. Kutató intézeteink igyekezzenek az üzemekkel való kapcsolataik alapján a termelés tapasztalatait, különösen pedig a sztahanovista módszereket kutató munkájukban felhasználni és az üzemekben felmerülő, tudományosan megoldandó problémákat tematikai terveikbe beilleszteni.

6. Fokozni kell a műszaki tudományok terén elért eredmények általános népszerűsítését. Javasolom, hogy a műszaki osztály minden tagja vállalja évente legalább egy-két népszerű tudományos brosúra megírását a maga szakterületéről. Hívja fel ugyanerre az osztály az ország valamennyi élenjáró tudományos munkását.

T. A. ! Meg vagyok győződve arról, hogyha műszaki tudományaink fejlesztésében továbbra is híven fogjuk követni a szovjet tudomány példáját, akkor Akadémiánk műszaki osztálya, mint a szocializmus építésének élenjáró és legfelelősebb tudományos szervezete, be fogja váltani azokat a várakozásokat, amelyeket dolgozó népünk és népünk vezető ereje, a Magyar Dolgozók Pártja, élén Rákosi Mátyással joggal fűz működésünkhöz.

HOZZÁSZÓLÁSOK HEVESI GYULA ELŐADÁSÁHOZ

MARCELL PRENANT francia akadémikus

Felszólalásának kezdetén megköszöni az előadónak és a hozzászólóknak, hogy megismerkedhetett ezen a konferencián a magyar tudományos munkások gazdag tapasztalataival.

Néhány szóval ecsetelni kívánja a tudomány mai állását Franciaországban. 1945-ben, a felszabaduláskor nagy reményeket fűztek Franciaország újjászületéséhez, mert a francia nép fegyverrel a kezében harcolt szabadságáért.

Programmjukban volt az oktatás és a tudományos kutatás újjászervezése a nép szolgálatában. Eleinte jó irányban haladtak a dolgok. Joliot Curie, G. Teissier segítségével irányította az ország tudományos kutató intézeteit, meg akarván teremteni az alapvető tudományos kutatás és a termelés közötti szoros együttműködést. Egyik haladó szellemű tudósuk az oktatás átszervezésén dolgozott, hogy a kultúrát a nép gyermekei számára biztosítsa és szoros egységet teremtsen a tudomány és a technika között. Néhány hónappal később, 1946-ban megalakult az atomkutatás kormánybizottsága, amelynek élére Joliot Curiet állították. Ugyanakkor a tudományos kutatás vezetésével Joliot Curie helyett Georges Teissier-t bízták meg. Biztosak voltak abban, hogy mindaddig, amíg ez a két ember lesz az élen, nem fog a tudományos kutatás háborús célokat szolgálni. A helyzet azonban döntően megváltozott, amikor az amerikai imperialisták mind nagyobb nyomást kezdtek gyakorolni országukra, a francia kormány hátat fordított a Szovjetuniónak, 1947-ben pedig kiszorították a kommunista minisztereket a francia kormányból. Minden nap világosabbá vált a francia nép előtt, hogy sem a termelés, sem a tudományos kutatás, sem pedig a közoktatás fejlesztése nem érdeke a kormánynak. Ugyanakkor, amikor amerikai nyomásra kormányuk a repülőgépgyártó és egyéb fontos üzemeket bezárta, mind nagyobb mértékben csökkent a tudományos kutatáshoz nyujtott anyagi segítség, annak ellenére, hogy az árak állandóan emelkedtek. 1948-ban már lehetetlen volt akár egy fővel is emelni a tudományos kutatóintézet munkatársainak számát. Mindannyiunk előtt ismeretes, hogyan távolították el néhány hónappal ezelőtt Joliot Curie-t és Georges Teissier-t vezető állásából. Ennek közvetlen következménye volt, hogy a kormány erre az esztendőre 475 millió frankkal csökkentette a tudományos kutatásnak nyujtott anyagi alapot. Nyilvánvaló mindnyájuk előtt, hogy kormányuk meg akarja fojtani a tudományos kutatást, amennyiben ez nem a háborús előkészületeket szolgálja. Langevin professzor oktatási terveit teljesen félredobták. Ezen a téren sincs meg az anyagi alap és az iskolák az oktatás különböző fokain képtelenek biztosítani a kutatók

és technikusok kiképzését, akikre az országnak szüksége lenne. A kormány persze takarékossági szempontokra hivatkozik. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy azokat az összegeket, amelyeket a béke műveitől von el, a szégyenletes vietnami háborúba öli, és a Szovjetunió és a népi demokráciák elleni háború előkészületeire költi.

Könnyen érthető, hogy ilyen körülmények között mindaz, ami a tudományos kutatásból megmaradt, a kapitalizmusra jellemző anarchikus állapotban működik, és alig van kapcsolata a gyakorlati élet problémáival. Így csupán egymástól elszigetelt problémák megoldásával foglalkoznak.

A francia tudományos kutatás nem tud felmutatni nagy horderejű tudományos eredményeket, nem mintha nem lennének ott is értékes kutatók, hanem azért, mert a kutatók a rothadó kapitalizmus körülményei között kénytelenek dolgozni.

Befejezésül kijelenti, hogy igen boldog, hogy mint kutató részt vehet ezen a konferencián és megismerheti a magyar tudomány igen nagy eredményeit. Ezeknek majd nagy hasznát veheti, amikor Franciaország is a népi demokráciák sorába lép.

GELEJI SÁNDOR lev. tag, műegyetemi ny. r. tanár.

Nagy érdeklődéssel hallgattam Hevesi Gyula akadémikus előadását. Ahhoz a kérdéshez akarok hozzászólni, hogy tervezhető-e a kutatás?

Hevesi előadásában kiemeli, hogy nálunk még mindig vannak olyan tudományos kutatók, akik nincsenek meggyőződve arról, hogy a tudományos kutatás tervezhető. Pedig ma már ez eldöntött kérdés. Aki az irodalmat figyelemmel kíséri, annak ismételten találkoznia kellett olyan leírásokkal, amelyek ismertetik, hogy az egyes intézeteken belül, hogyan és milyen módon tervezik meg a tudományos kutatást, még pedig igen eredményesen. A tudományos kutatás tervezésének terén is a Szovjetunió vezet, és mint Hevesi is rámutatott, nem egy ragyogó eredménye ennek köszönhető.

Hevesi Gyula akadémikus a tudomány és a termelés kapcsolatáról beszélt. A tudományos kutatást elsősorban abból a szempontból világította meg, hogy mik a feladatai a termeléssel kapcsolatban. Az üzemek, a gyárak feladják problémáikat a kutatóintézeteknek, ezeket a kérdéseket kell a kutatóknak az ipar számára megoldaniok. A termelés határozott feladatok megoldását várja a kutatóintézetektől. A kutatásnak ez a fajtája az u. n. célkutatás, s ez az a kutatási fajta, amely tapasztalatok szerint a legjobban tervezhető.

A technikai tudományokban, melyek a fizika és a kémia részletterületeivel foglalkoznak, a tudományos kutatás két formáját alkalmazzák : az egyik az ú. n. alapok kutatása vagy alapkutatás, a másik az u. n. célkutatás. Az alapkutatás rendezni akarja a talált tények között az összefüggéseket és kapcsolatot igyekszik találni az egyes megfigyelések között. Nem kötik szigorúan meghatározott célok.

Egészen más a célkutatás. Ennek feladata mindig egy meghatározott technikai feladat megoldása, természetesen a tudományos kutatás munkamódszereinek legszigorúbb alkalmazásával. A célkutatás gyakran ragyogó eredményekhez vezet. Más esetekben azonban a legjobb kutató is sikertelenségre van ítélve, mert az alapvető jelenségek nincsenek kellőképpen feltárva. Az eredményes célkutatást csakis széleskörű alapkutatásra lehet felépíteni.

A technikai kutatóintézeteknek, mint mondottam, elsősorban célkutatást kell végezniök, amellett azonban az alapok kutatásával is foglalkozniok kell. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a célkutatás igen jól tervezhető, az alapok kutatása ugyancsak jól tervezhető, de itt a határidőt illetőleg sokkal nagyobb szabadságot kell engedélyezni.

Nézetem szerint még azok a tudományos kutatók is, akikről Hevesi Gyula megállapította, hogy nem hisznek a kutatás tervezhető voltában, rövidebb-hosszabb időre öntudatlanul megtervezik kutatómunkájukat. Igazi tervszerűségnek azonban természetesen csak a hosszabb időre szóló tudatos tervezés tekinthető.

A tudományos kísérleti kutatás tulajdonképpen mindig egy elméleti elgondolás utólagos igazolása. Az tehát, aki valamilyen probléma kísérleti feltárását el akarja végezni, azt a problémát elméleti szempontból ismeri és előre végiggondolja. Gondolatban végigvezeti az összefüggéseket és lehetőségeket. Többé-kevésbbé tisztán áll előtte az, amit kísérletileg fel akar tárni, vagy be akar bizonyítani. Már pedig, ha valaki előtt a kutatás elméleti menete tisztán áll, akkor az előtt az összes műveletek is, melyekkel feltevését bizonyítani akarja, tisztán állnak, sőt nemcsak azok menetével van tisztában, hanem többé-kevésbbé az elvégzésükhöz szükséges idővel is. Kutatási tervet tehát az tud készíteni és csakis az tud készíteni, aki előtt a probléma elméleti vonatkozásai tisztán állnak. A kutatás kísérleti része csak egy része a kutatásnak. Kell, hogy a kutató az egész experimentumot gondolatban előre átélje, a kísérlet maga már csak a kutatás befejező része. Amennyiben a probléma előzetes elméleti megoldásában mutatkoznék hiányosság vagy nehézség, akkor alapkutatásnak van helye. Ennél, a kísérletek mellett, tág tere nyílik az elméleti tudományos munkának.

Nézzük még a kérdést röviden részleteiben.

Ha egy kutató intézetben valamilyen probléma megoldásán többen dolgoznak, akkor azok a feladatokat egymás között kiosztják, megbeszélik, tehát már tervezik a kutatást. Minden kutató a probléma egy részletével foglalkozik, az ezzel kapcsolatosan elvégzendő kísérleteket gondolja végig magában, részleteiben tehát ő is megtervezi a saját munkájának a menetét. Az egyes részletmunkákat az egyes kutatók, ha munkájukat jól átgondolják és tisztában vannak azzal, amit csinálni akarnak, időbelileg fel is tudják becsülni, tehát részleteiben időbelileg is megtudják tervezni. Ha a részleteket összegezik, akkor kiadódik a teljes kutatási terv. Természetesen kell valaki, aki a tervet elindítja, aki az egyes részletkutatókkal munkájukat megtárgyalja és végül a részletkutatásokat ellenőrzi és egyezteti.

Az így megtervezett kutató munka igen nagy előnyökkel jár. Ezek az előnyök:

1. A kutató mérnök előtt tisztán áll munkájának iránya és az elérendő végső cél. Ki van küszöbölve a napról-napra való tervezés.

2. Lehetővé válik, hogy egy témát logikusan építsünk fel, s a nehézségek egymás után oldódjanak meg. Ezzel kiküszöbölődnek a durva baklövések és a kutató nem vész el a részletekben.

3. A vezetőnek az eredmények értékelése alapján módjában van az ellenvetések megtárgyalására és kiküszöbölésére.

4. A tervezés lehetőséget nyújt a munka ellenőrzésére. A vezető átfogó képet kap mind az egyesek, mind a csoportok munkájáról. Lehetővé válik a munkaerők helyes szétosztása, s a felszerelések helyes kihasználása.

5. A tervezés lehetővé teszi, hogy a vezető állandóan szoros kapcsolatban legyen beosztottjával anélkül, hogy ez személyes idejének nagyrészét igénybe venné, így sok munkaideje szabadul fel a kutató munka számára.

6. A tervezés erősíti a kutató személyzet mérnöki tudományos gondolkodását.

7. A probléma így időre oldható meg.

8. A tervezés emeli a kutatás munkájának gazdaságosságát.

A kutató munka helyes tervezése előreviszi a tudományt, előreviszi az ipart és hozzájárul ötéves tervünk sikerének biztosításához.

ZENTAI BÉLA műszaki igazgató (Csepeli Autógyár)

Hevesi Gyula akadémikus előadásával kapcsolatban két problémával foglalkozik. Az egyik a káderkérdés, a másik az ipari vállalatok szervezeti együttműködése a tudományos kutató szervekkel, intézetekkel, tanszékekkel.

Az első kérdésben megállapítja, hogy a tudomány eredményeit csak úgy lehet hasznosítani, az elmélet és a gyakorlat egységét megvalósítani, ha az üzemekben dolgozó mérnökök, technikusok és műszaki értelmiségiek elméleti színvonalát kellőképpen emeljük. Ők azok, akik konkrétan megvalósítják a gyakorlatban az elméleti eredményeket. Rámutat arra, hogy ezen a téren igen komoly hiányosságaink vannak. Ezeket ma már az Akadémia is, kormányzatunk is világosan látja. Ezen hiányosságok sürgős felszámolására van szükség, hogy az elmélet és a gyakorlat egységét az üzemekben meg lehessen valósítani.

Az országon belül nagyon sok elméleti műszaki kérdéssel foglalkozó káder dolgozik szerte az üzemekben, akikről nem tudják, hogy egyes kérdésekben igen mélyreható, komoly vizsgálatokat végeznek. A kapitalista idők öröksége ez, amikor az üzemmérnökök minden külső hatástól elszigetelten dolgoztak. Világos, hogy a gyárosnak nem volt érdeke, hogy mérnökei eredményeit publikálja. Az ilyen káderek felkutatására megindított munkát nagy mértékben tovább kell fejleszteni. Reméli, hogy a most meginduló aspirantúra intézménye elősegíti értékes műszaki kádereink megismerését és továbbfejlesztését. Ezzel

kapcsolatban javasolja, hogy az aspiráns-képzésbe ne csak az egyetemeken végzett fiatalokat vonják be, hanem az üzemekben dolgozó, nagy gyakorlati tapasztalatokat szerzett mérnököket, műszaki dolgozókat is. A tudomány és a gyakorlat kapcsolatát nagyban elősegítené, ha a Szovjetunió példájára egyes nagyüzemek laboratóriumvezetőit is megfelelő módon bevonnák az aspiráns-képzésbe.

A kutatási szervek és az üzemek együttműködésének kérdésével kapcsolatban megemlíti, hogy a Szovjetunió példája nyomán nagyon nagy gyakorlati jelentősége van a gyári műszaki tanács megalakításának. Üzemében ezt már megvalósították. A tanács elnöke a vállalatvezető. Rajta kívül 8—9 műszaki vezető alkotja a tanácsot. A tanács munkája nagyon eredményes, ha a tanács munkájában a megfelelő intézet kutatói is résztvesznek.

A tudomány eredményeinek a gyakorlatba való átvitelére nagyon jól bevált módszer, hogy az egyes üzemek műszaki fejlesztési tervének elkészítésébe belevonják az egyetemi tanszéket és más kutatóintézetek vezetőit is. Az ily módon elkészített műszaki fejlesztési terv eredménye a termelés növekedése és az önköltség csökkenése.

A maga részéről kérést intéz az Akadémiához és annak intézeteihez, tanszékeihez, hogy ebben a munkában segítsék az üzemeket. Ezzel előre viszik a szocializmus építésének és a béke védelmének ügyét.

RÁZSÓ IMRE lev. tag, műegyetemi ny. r. tanár.

Hevesi Gyula tagtársunk előadásához hozzászólva, az alábbiakban a tudomány és a gyakorlat együttműködésének fontosságára kívánok rámutatni, a saját szakmámból merített tapasztalatok alapján, főleg olyan vonatkozásban, hogy a gyakorlattal való szoros kapcsolat, a fizikai dolgozók széleskörű bevonása a tudományos kutatómunkába mennyiben fokozza a tudományos kutatás eredményességét.

Ismeretes, hogy ötéves népgazdasági tervünk egyik fontos programmpontja mezőgazdaságunk gépesítése. Ezzel akarja kormányzatunk a mezőgazdasági termelésben mutatkozó nagy elmaradottságunkat megszűntetni. Az elavult és a szocializmus követelményeinek meg nem felelő kézi módszerek felszámolását lehetővé tevő korszerű, a szocialista mezőgazdasági nagyüzemek igényeit kielégítő gépek nagyarányú munkába állításától várjuk termelésünk fokozását. Így akarjuk a szocializmus felépítéséhez az alapot általánosságban megteremteni. E programm során nemcsak új mezőgazdasági gépek kerülnek igen nagy számban használatba, hanem ezek a gépek legtöbb esetben szerkezeti megoldásaikban is lényegesen eltérnek a régebben alkalmazott hasonló gépektől. Nem egyszer teljesen új rendszerű, nálunk még sohasem használt gépek munkába állításáról van szó. E gépesítési programm tudományos előkészítésére létesült a Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet, amelynek feladata, hogy a hazai viszonyoknak leginkább megfelelő gépek gyártására —

kísérleti kutató tevékenységének eredményei alapján — irányt mutasson és, hogy az így gyártott és üzembe állított gépek minőségét, megfelelő voltát állandóan figyelemmel kísérve, az esetleges hiányosságok megszűntetése vagy a kívánatos tökéletesítések érdekében a szükséges intézkedéseket haladéktalanul megtegye.

Már a feladatok elhangzott körvonalazásából is kitűnik, hogy azok tekintélyes része a gyakorlat embereinek, a gépekkel ténylegesen foglalatoskodó fizikai dolgozóknak a bevonása nélkül eredményesen meg sem oldható. Hiszen csakis az ő széleskörű bevonásuk révén lehet elég nagyszámú adatot gyűjteni arra nézve, hogy egy-egy jelenség általános vagy elszórt jellege kellőképpen kiértékelhető legyen. Teljes mértékben helytálló tehát az előadónak az a megállapítása, hogy a kísérletbe vont gépegységek számának növelése egy bizonyos határon túl szükségképpen a tudomány és a gyakorlat egymáshoz való viszonyának minőségi megváltozását kell, hogy eredményezze. Egészen mások ugyanis a feltételek akkor, ha egy gépnek a kipróbálásáról van szó, mintha ugyanazt a munkát a gépek tömegével kell elvégezni. Az előbbi esetben a gyakorlat embereinek, a fizikai dolgozóknak a szerepe csak a kisegítő numkakörre korlátozódhatik, az utóbbiban nem vitás, hogy a fizikai dolgozók a kísérleteknek a tulajdonképeni végrehajtóivá, sőt bizonyos mértékig kiértékelőivé kell, hogy váljanak, vagyis szerepük fontossága óriási mértékben megnövekszik.

Az elmondottakra példaképpen hozom fel az újtípusu magyar traktorekék kialakítása során érvényesített szempontokat, amelyeket a traktoristák megfigyelésével és javaslatai alapján juttatott érvényre az ekék kivitelezésekor az Intézet. Az ekék helyes beállítására emeltyűk szolgálnak. A könnyű kezelhetőség szempontjából kívánatos, hogy az emeltyűk minél hosszabbak legyenek, ennek viszont határt szab az a körülmény, hogy a túlhosszú emeltyűk már zavarnák a munkát, különösen fordulás közben. A gépállomásokon régebben alkalmunk volt látni ekéken a traktoristáknak azt az újítását, hogy az állítható emeltyűket meghosszabbították, de ugyanakkor csuklósra alakították át olymódon, hogy a hosszú emeltyűk akkor, amikor az eke állítására nem volt szükség, egyszerűen behajtva voltak rögzíthetők. Új ekéink már mind ilyen emeltyűrendszerrel készülnek. Ugyancsak a traktoristák mutattak rá a közelmultban lezajlott két nagyszabású értekezleten arra, hogy jelenlegi mezőgazdasági adottságaink mellett a traktoreke hátsó támasztó kerekének nagyobb elfordíthatóságot kell biztosítani, mint a jelenlegi ekén van, hogy az egész szántóagregát fordulékonysága a kívánatos mértékben megnövelhető legyen. Ennek az észrevételnek a kiértékelése is megtörtént. A fizikai dolgozók tapasztalatainak hasznosítása tehát — bár nem hozott létre alapvetően új szerkezetet — mindkét esetben egy-egy szerkezeti elem olyan tökéletesítésére vezetett, amely a gép használhatóságát számottevően megnövelte.

További példaként említem, hogy a folyó évben felmerült annak a szükségessége, hogy bizonyos szempontokból nagyobb számú traktort vonjunk kísér-

let alá az ország legkülönbözőbb részein. A kísérlet lebonyolítása máskép elképzelhető sem volt, mint hogy a gépállomások dolgozóit kapcsoljuk bele ebbe a munkába, illetve, hogy a végrehajtást rájuk bízzuk. Így is történt. A kísérlet kellő politikai előkészítését — minthogy a traktoristákkal a közvetlen kapcsolat felvétele nem volt lehetséges — úgy hajtottuk végre, hogy a gyár részéről a traktorok üzembeállítására kiküldött szerelőkkel tartottunk előzetesen részletes megbeszélést. Rámutattunk a kísérlet nagy jelentőségére és a végrehajtáskor különösképpen figyelemmel kísérendő szempontokra és megkértük őket arra, hogy ugyanilyen értelemben tárgyalják meg az ügyet azokkal a traktoristákkal, akik a gépeket üzemeltetni fogják. Az eredmény — teljes siker. Augusztus közepe óta az összes érdekelt gépállomásokról hétről-hétre pontosan megkapjuk minden egyes traktorról azokat a jelentéseket, amelyek a traktor napi tevékenységéről szólnak, s teljes tájékoztatást nyújtanak, különös tekintettel a megfigyelni kívánt szempontokra. Tehát minden egyes kísérletbe vont gépről tökéletes áttekintésünk van anélkül, hogy a kísérleteket személyesen végeznők el, mert hiszen az Intézet személyzete nem is volna erre elegendő. Hasonló példákat hozhatnék fel az Intézet egyéb kísérleti tevékenységével kapcsolatban is. A kévekötő aratógépek, a traktoros vetőgépek stb. üzemi kipróbálását hasonló rendszer szerint végeztük.

Tapasztalataink annyira kedvezőek, hogy tervbe vettük a széleskörű kísérletek ilyen alapokon való lebonyolításának megszervezését. Ugyanazt a rendszert kívánjuk alkalmazni, amelyet a Szovjetunió már régen bevezetett, de amelynek bevezetéséhez szocialista termelési rendszer és az összes érdekelt dolgozók szocialista öntudata szükséges.

Természetesen ahhoz, hogy a tudományos kutató munka és a gyakorlat együttműködése valóban eredményes legyen, első sorban az szükséges, hogy a tudományos kutatók a fizikai dolgozókkal a megfelelő kapcsolatot megtudják teremteni : ennek pedig — megítélésem szerint — egyik legjobb módja az, ha a tudomány munkásai tudásukkal segítségére sietnek a fizikai dolgozóknak. Ha a fizikai dolgozó érzi, hogy a tudományos kutató részéről valóban komoly értékeket kap, amelyeknek révén tudása gyarapszik, és munkája eredményesebbé válik, akkor ő is a legnagyobb készséggel siet saját tapasztalataival támogatni a tudomány emberét. Ezek a tapasztalatok egyáltalában nem lebecsülendők. Az ilyen kapcsolatok létesítésére igen jó alkalom, ha a fizikai dolgozók részére egy-egy nagyobbszabású összejövetelen, értekezleten a tudományos kutatók szakmai kérdésekről előadásokat tartanak. Persze nagyon fontos, hogy az előadás színvonala és hangja megfelelő legyen. Nem szabad megtörténnie, hogy a fizikai dolgozó csak egy pillanatra is azt érezze, hogy a tudomány embere bármit is elhallgat előle, feltételezvén, hogy a fizikai dolgozó részére az úgyis túl magas és érthetetlen : mert ha így van, akkor a fizikai dolgozó azt kénytelen érezni, hogy a tudománynak csak a morzsáiban részesítik. Nekünk Lenin elvtárs útmutatásához kell magunkat tartani : nem a tudomány

morzsáit, hanem a valódi tudományt kell a fizikai dolgozóknak átszármaztatnunk, de olyan formában, hogy az mindenki számára érthető legyen. Nem könnyű feladat ez, de nem is megoldhatatlan. Megítélésem szerint tudományos kutató számára szebb feladat a szocialista társadalmi rendben el sem képzelhető, mint az, hogy szakmai tudását, nem egyszer egészen elvont fogalmakat kellő formába öntve, a fizikai dolgozók számára is hozzáférhetővé tegye. Nem kell ehhez magasabb matematika, csak őszinte jóakarat meg az, hogy az ilyen természetű oktató munkát a kutató is megoldandó problémaként kezelje és ennek megfelelő fontosságot tulajdonítson neki.

Egy-egy ilyen népszerűsítő előadás kapcsán a tudományos kutató is sokat nyerhet: az elhangzott felszólalásokból bizonyosan meríthet új szempontokat, saját tapasztalatait, megfigyeléseit, tudását újabb részletekkel egészítheti ki. A Szarvason, majd Balmazújvároson nemrégiben lezajlott nagyszabású értekezleteken, amelyeken traktoristák, termelőszövetkezeti csoportok tagjai és egyénileg dolgozó parasztok százai vettek részt, legalábbis ezt tapasztaltam.

A tudomány és a gyakorlat kapcsolatát a magam részéről olyan vonatkozásban is nagyon fontosnak tartom, hogy minden tudományos kutatónak saját magának is megfelelő gyakorlati tapasztalatokkal kell rendelkeznie, mert megítélésem szerint munkáját igazán eredményesen, csak így végezheti. Csakis a saját gyakorlati tapasztalatok adhatják meg ugyanis azt a biztonságot, amely a tudományos kutatásban az eredmények kiértékeléséhez, a helyes véleményalkotáshoz feltétlenül szükséges. A gyakorlattal fenntartott állandó kapcsolat pedig—tapasztalataim szerint – a kutató tevékenységre is igen megtermékenyítőleg hat. A kutatási munka így valóban az életet szolgálja, minhogy maguk a problémák is az életből fakadnak, és ezzel biztosítható, hogy a kutató leszáll abból az elefántcsonttoronyból, amelybe akaratlanul is belekényszerül, ha a gyakorlattól elszakad. Nem kell félni, hogy a tudományos kutatás ilymódon szűk prakticizmussá válik. Ellenkezőleg: az életből fakadó problémák a kutatási területek hatalmas, új perspektiváit tárják fel. Az a kutató, aki az élettel tart kapcsolatot sohasem fog szűkölködni témákban!

A tudomány és a gyakorlat kapcsolatának kellő kimélyítésére, illetve intézményes megszervezésére az alábbi javaslatokat teszem:

1. Minden műszaki jellegű kutatóintézet dolgozzon ki tervezetet és tegyen javaslatot arra nézve, hogy a gyakorlati szakemberekkel s a fizikai dolgozókkal való állandó és szerves kapcsolatát milyen módon kívánja kiépíteni, illetőleg megszervezni.

2. Az ipari és a műszaki tudományos intézetek vizsgálják meg, hogy van-e annyi szabad kapacitásuk, hogy egy-egy, a gyakorlatban felmerült, szakmájukba vágó probléma megoldását az érdekelt üzemmel vagy iparággal karöltve elvállalják? Ha igen, kössenek erre vonatkozólag szerződést az érdekelt féllel.

3. Minden műszaki jellegű kutatóintézet dolgozzon ki tervezetet arra

nézve, hogy saját tudományos kutatóinak gyakorlati továbbképzését és ezzel gyakorlati tudásának időről-időre való felfrisssítését biztosítsa.

4. A tudományos kutatók fokozottabb mértékben vállaljanak szakmájuk körébe vágó népszerűsítő előadásokat.

SELÉNYI PÁL lev. tag, egyetemi c. rk. tanár

Hozzászólásában megemlíti, hogy igen régóta foglalkozik a szabad, a szervezett és az irányított kutatás kérdéseivel. Szavaival kapcsolódni kíván Geleji professzor hozzászólásához. Előadja, hogy igen sokan vannak, akik a tudományos terv lehetőségében kételkednek. Ennek jórészt az az oka, hogy a fogalmak nincsenek tisztázva. Módszeres, rendszeres kutatással minden esetben célt lehet érni, az elérendő cél érdekében azonban a kockázatot is vállalni kell.

Kapcsolódik a Rázsó professzortól elmondottakhoz, és méltatja annak jelentőségét, hogy ha a szellemi munkás az iparban dolgozót egyenrangú munkatársának tekinti, abból mindkettőjüknek csupán haszna származik. Ezzel kapcsolatban megállapítja, hogy a tudományos munka előrehaladásának legfontosabb feltétele a kollektív szellem legteljesebb mértékű kialakítása.

VISI ISTVÁN gépészmérnök

Kifejti, hogy a Ganz hajógyárban is komoly eredményei vannak a tudomány és a gyakorlat kapcsolatának. Az üzem a Műszaki Egyetem aerodinamikai tanszékével létesített kapcsolatot a hajók kísérleti vontatásának kérdésére vonatkozólag. Az üzem a jövőben a tudomány és a gyakorlat kapcsolatát a termelés érdekében még erősebbé akarja tenni. Így pl. segítséget vár az üzem a tudomány embereitől a fémek helyettesítésének és a műanyagok gyakorlati alkalmazásának kérdésében. A sztahanovisták eredményeinek fokozását a gyorsvágás terén nagyban elősegítené, ha valamilyen jelzőkészülék állna rendelkezésre, amely jelezné a gép kritikus megterhelését. Az energiatakarékosság terén a Ganz hajógyárban megoldatlan probléma a kupolókemence hulladékenergiájának kérdése. 8—10 millió kalória vész el 3 óra alatt, s ez a veszteség naponta ismétlődik.

KÓNYI ÁRPÁD Ganz Villamossági gyár sztahanovistája.

Hevesi elvtárs előadása több szempontból ragadta meg figyelmemet. Mint üzemi dolgozó, mint a gyakorlati élet embere kívánok hozzászólni.

Az első szempont a népi demokráciánk által a tudományos kutatás számára biztosított végtelen lehetőségek helyes kihasználása a szocialista építés útján. Azt hiszem nem túlzok akkor, amikor azt állítom, hogy az üzemek dolgozói figyelemmel kísérik ma a tudományos élet folyamatát, mert a dolgozók számára is megnyílt a fejlődés lehetősége minden vonalon. Amikor ezt mondom, azért teszem, mert — mint Hevesi elvtárs kifejtette — egyetlen társadalmi rend sem biztosított annyi lehetőséget a tudományos kutatás számára, mint népi

demokráciánk. De azt is meg kell mondani, hogy az elvégzett jó munkáért soha nem kaptak a tudományos élet harcosai olyan magas erkölcsi elismerést, mint ma a nép államától. Bizonyítja ezt a Kossuth-díjas professzorok és a többi kitüntetettek hosszú élgárdája. Azt is hangsúlyozni kell azonban, hogy a tudományok fejlesztése Magyarországon ma már korántsem olyan akadályokba ütköző feladat, mint volt a tőkés társadalom idején. Először az elmondottak miatt, de még ennél is inkább azért, mert a Szovjetunió felszabadító harca és győzelme nyomán olyan gazdag tapasztalatok állnak a tudományos élet rendelkezésére, melynek sikerei már az elmúlt öt esztendő folyamán is megmutatkoztak. A Szovjetunió 33 éves tapasztalata és a felszabadulásunk óta eltelt 5 év alatt nyújtott anyagi és erkölcsi segítség arra kell, hogy késztesse a tudományos élet vezetőit, hogy ezeket a lehetőségeket soha nem látott lendülettel és építeni akarással aknázzák ki és állítsák a szocialista építés szolgálatába.

Ezt azért mondottam el, hogy látható legyen az a hatalmas feladat, amely az elkövetkezendő tervek során előttünk áll. Ez a követelmény elsősorban az üzemek dolgozóinak megnövekedett munkalendületéből, abból a hatalmas fejlődésből ered, mely a felszabadulás óta üzemeinkben végbement. Alátámasztja mindezt az is, hogy ma a háború előtti termelést lényegesen túlszárnyaljuk. De a főszempont, amely a feladatokat megsokszorozza, a sztahanov-mozgalom kiterjedése Magyarországon. Ez a mindjobban fejlődő mozgalom a technikát a széles dolgozó tömegek sajátjává akarja tenni.

Ha ezt a kérdést akarjuk fejtegetni, beszélni kell két szempontról. Az egyik az elmélet és a gyakorlat elengedhetetlenül szükséges kapcsolata. Nagy tanítóink, Lenin és Sztálin mutattak rá arra, hogy ez a két tényező külön-külön mit sem ér, egyik a másiktól elválaszthatatlan. Számtalan példa bizonyítja, hogy egy születő alkotás már majdnem befejezést nyert, de mert az elmélet és a gyakorlat nem volt összehangolva, a kívánt eredményt nem érték el. Csak egy példával kívánom ezt bizonyítani és saját üzemem problémáját kell előhoznom. Mint elektromos gyárnak legtöbb problémánk a zománc-szigetelésű huzalok körül van. A jelenlegi zománchuzalok minősége nem kielégítő. A meleg következtében annyira meglágyulnak, hogy a gép hornyaiban már a legkisebb feszülésre is elkenődik a zománc, és zárlatot kap a gép. Ezen a téren nagy feladat vár a kutatásra, mert hiszen ha megnézzük, többmilliós kárt okoz az így keletkezett selejt népgazdaságunknak. A másik döntő szempont az értelmiség és a fizikai dolgozók szoros kapcsolata. Beleértem a gépszerkesztőt, az elektromos számítást, a tervező technikát, egyszóval mindent, ami a valóságban túlmegy a termelésben végzett munkán.

Ezen a téren még sok javítani való van. Joggal teszem fel a kérdést, mennyivel könnyebb lenne a tudományos életben a problémák megoldása, mennyivel tökéletesebb lenne bármilyen új konstrukció, ha az alkotó tudós vagy mérnök jobban keresné a kapcsolatot a gyakorlati emberekkel, az egyszerű dolgozókkal, akik tulajdonképpen munkatársai az elméleti tervezőnek, illetve tudósnak

De semmi esetre sem alárendeltjei vagy munkája végrehajtói. Ez az alapja annak a kollektív szellemnek, mely a lenini ideológia alapján helyesen kiépülve olyan eredményeket hoz majd felszínre, amelyek végső fokon a szocializmus győzelméhez vezetnek.

Itt építő kritikával akarom illetni Heves elvtárs szavait. Ezen a téren ugyanis tapasztalható volt a kezdeményezés. Magam is résztvettem egy ilyen értekezleten, ahol Hevesi elvtárs a szovjet üzemszervezésről és a Vorosin-mozgalomról beszélt. Értékes előadása és a Szovjetunió példáiból nyújtott útmutatása a termelés látható emelkedését eredményezte, de sajnos azóta ehhez hasonló megmozdulás nem igen fordult elő. Jobban mondva, ellaposodott a kapcsolat az üzem dolgozóival: kampány volt.

Felvetem még a kérdést: nem tudnánk-e itt Magyarországon a szovjet tapasztalatok felhasználásával golyóscsapágy gyártására berendezkedni?

Tudvalévő, hogy főleg gépiparunk egyik nagy mennyiségben használt alkatrésze a golyóscsapágy. Mint külföldről behozott cikknek, hiányát a tőkés országok »jóvoltából, időnként megérezzük.

Én azt hiszem a tudományos kutatás számára szép feladat lenne e kérdésnek gyökeres megoldása.

Hevesi elvtárs javaslatának 6. pontját a legnagyobb örömmel fogadom el, nemcsak a magam, hanem összes dolgozó társaim nevében. Műhelyünk dolgozói már korábban azzal a javaslattal jöttek hozzám, hogy a napi gyakorlati munkamódszerátadás mellett foglalkozzunk a gyakorlathoz szükséges elméleti résszel is. Ez meg is indult kisebb csoportokban, jobban mondva egyéni beszélgetések alapján. Ahhoz azonban, hogy ez a kezdeményezés komoly, rendszeres megvalósításra találhasson az Akadémia megfelelő szerveinek szakirodalmára és brosúráira van szükségünk.

Itt hozzá kell tennem azt, hogy ez az irodalom vagy szakírás a műszaki szaknyelven kívül mentes legyen minden műkifejezéstől. Az egyszerű dolgozók egyszerű nyelvén legyen írva, hogy a kisebb képzettségű dolgozók is megtudják érteni és el tudják sajátítani belőle azokat az ismereteket, melyeknek birtokában emelkedés érhető el.

E munkásság igazi mély értelmének abból kell fakadnia, hogy ebben az országban tudós, mérnök és dolgozó átérzi a szocialista tudomány elsajátításának fontosságát. Kollektív összefogásnak kell kiépülnie a tudományos kutatás nagyszerű úttörői és az azt valósággá váltó üzemek dolgozói között.

Meg nem szűnően fel kell használnunk a hatalmas Szovjetunió nyujtotta lehetőségeket a békéért vívott harcban. Ebben a szellemben kell haladnunk dicső Pártunk, a MDP és a magyar nép szeretett vezére, Rákosi elvtárs vezetésével a szocializmus győzelmes felépítése felé.

TARJÁN REZSŐ fizikus.

Hevesi elvtárs előadásában meggyőzően bizonyította be, hogy a terv-

szerűen folytatott tudományos kutatómunka egyáltalában nem zárja ki az egyéni kezdeményezést. Ellenkezőleg: a tömegekkel, a munkások legjobbjaival, a sztahanovistákkal való eleven kapcsolat a szó legtisztább értelmében *tömegméretekben* teszi lehetővé az egyéni kezdeményezés kibontakozását. Ehhez újabb bizonyítékokat felsorakoztatni valóban annyi volna, mint a Dunába vizet hordani. Úgy érzem azonban, hogy Hevesi elvtárs tételét szükséges kiegészíteni a kérdés másik oldalával: *az imperializmus viszonyai között a valódi tudományos kutatás, az egyéni kezdeményezés — gyakorlatilag lehetetlen.*

Bizonyítékul hivatkozhatnék az ismert esetekre: Joliot-Curie elvtársra, akit azért kergettek el, mert kiállt a béke ügye mellett; vagy Jánossy professzorra, aki kétezer ember előtt mondta el a II. magyar Békekongresszuson, hogyan kellett otthagynia kutató munkáját és elmennie tanítani egy eldugott kisvárosba csak azért, mert nem volt hajlandó munkáját az imperialisták atomkutatásának a szolgálatába állítani. Alá kell húzni azt, hogy ezek az esetek nem voltak valami véletlen jelenségek, hanem *törvényszerűen* következtek és következnek be. Az ok: az imperialisták fecsegnek ugyan a tudomány szabadságáról, az egyéni kezdeményezésről, de a valóságban a szellemi, tudományos munkát sem ítélik meg másként mint a fizikai munkát: *a tudós annyit ér, amennyi profitot ki lehet sajtolni belőle.* És amint az említett példák bizonyítják, könyörtelenül félredobják — mint ahogy a munkást is az utcára teszik — ha a profitot nem tudják kisajtolni belőle.

A tétel nem új. Marx és Engels már a Kommunista Kiáltványban rámutatott arra, hogy a burzsoázia »fizetett bérmunkássá változtatta az orvost, a jogászt, a papot, a költőt, a tudomány embereit«. Ez a tétel napjainkban teljes mértékben igazolódik pl. az Egyesült Államokban. Ahogy az ipari munkás nem tudja megvenni a maga munkaeszközeit, ugyanúgy nem tudja a tudós megszerezni a modern, rendkívül összetett tudományos kérdések megoldásához szükséges eszközöket, pl. egy elektronmikroszkópot, vagy akár csak a szükséges, nagyszámú könyvet és folyóiratot. A Szovjetunióban, vagy a szocializmust építő népi demokráciákban ezeket az eszközöket a nép bocsátja szinte korlátlan bőségben a tudós rendelkezésére. Az imperializmus viszonyai között viszont a tudós éppenúgy bérmunkát végez, mint az ipari proletariátus. Akik a fasizmus alatt ipari kutatólaboratóriumban dolgoztak, nagyon is tudják, hogy ez mit jelent. Ahol pedig a kötelező teljesítmény tekintetében alacsonyabbak a követelmények, mint pl. az egyetemek egy részén, ott ennek megfelelően a bérek sokszor még az éhbérek színvonalát sem érték el, Horthyék Magyarországában ezt világosan bizonyította a *fizetéstelen* tanársegédek és adjunktusok nagy száma az egyetemeken.

Azt mondhatná erre valaki, hogy a vállalati ipari kutató intézetekben lehet, hogy így van — ott valóban csak azt lehet kutatni, ami a vállalatnak hasznot hajt — de az egyetemi intézetekben más a helyzet. Hát erre vonatkozólag szeretnék egy pár tanulságos példát — megint az Egyesült Államokból — elmondani.

Az Egyesült Államokban a második világháború elején létrehozták az OSRD-t, a Tudományos Kutatás és Fejlesztés Hivatalát. A névből ítélve azt hihetné valaki, hogy ennek az intézménynek — amely egyébként még ma is fennáll — a hivatása a tudomány fejlesztése. A valóságban azonban ennek éppen az ellenkezője igaz: ennek a hangzatos nevű intézménynek egyetlen feladata az, hogy az amerikai imperialisták hadseregének tudományos felkészültséget igénylő problémáit, bérmunkában történő megoldás végett, a 140 legnagyobb amerikai tröszt ipari kutatólaboratóriumának szabályszerű szerződéssel kiadja. Rubinsteinnek a Novoje Vremjá-ban megjelent adatai szerint az Egyesült Államokban 1940 és 1944 között kereken 1,9 milliárd dollárt költöttek tudományos kutatásra; ennek az összegnek több mint a felét a most említett 140 legnagyobb ipari kutatóintézetnek fizették ki — tehát nyílván nem a gyermekhalandóság leküzdésére fordították.

Nem különb a helyzet az egyetemeken sem. Nem akarok hivatkozni arra, hogy az amerikai egyetemeket közismerten az amerikai trösztök alapították és tartják fenn ma is. Arra sem akarok hivatkozni, hogy egy sor amerikai egyetem elnöke aktív hadsereg-tábornok, és hogy a főtárgy: a katonai kiképzés. Egy konkrét példát azonban el szeretnék mondani: Az *Electronics* című híradástechnikai szaklap 1949 júniusi számában nagy cikkben számol be arról, hogy milyen alapvető fontosságú (»basic«) témákat kutatnak a 14 legfontosabb amerikai egyetemi intézetben. A tematikában ilyen címek szerepelnek: Az elektromágneses hullámok polarizációja, vagy: Nonlineáris elektrondinamika; vagy: Az anyag szerkezete és dielektromos tulajdonságai. Valóban nagyon szép és fontos témák — alkalmasak arra, hogy a megoldások a dolgozó nép érdekeit szolgálják. De ha hozzátesszük, hogy a cikk egyáltalán nem csinál titkot abból, hogy a kutatási megbízást — tehát az anyagi fedezetet is — az Office of Naval Research, a Hajóhad Kutatási Hivatala adta, akkor lelepleződik a kutatás célja is: a kutatások katonai jellegűek és nem a béke érdekeit, hanem az amerikai imperialisták óhajtotta új világháború előkészületeit szolgálják.

Azt hiszem nem kell a példákat tovább folytatni ahhoz, hogy belássuk: az imperializmus viszonyai között csak annak a tudományos kutatásnak van »szabadsága«, csak annak a tudósnak van alkalma »egyéni kezdeményezésre«, aki hajlandó eredményeit és tehetségét a háború, a pusztítás szolgálatába állítani. Ha nem, akkor a tudomány »szabadságának«, a »szabad« egyéni kezdeményezésnek nevében távoznia kell helyéről, mint Joliot-Curie-nek vagy Jánossy professzornak. Világos, hogy a tudomány szabadságáról, a szabad egyéni kezdeményezésről nem az imperializmus keretein belül, hanem a kommunizmust építő Szovjetunióban és a szocializmust építő népi demokráciákban és csak ezekben az országokban beszélhetünk. *Ezekben az országokban a munkásosztály felszabadulása a tudósokat és a tudományt is felszabadította; a tudományos kutatás kevesek kiváltságából tízezrek és százezrek teremtő hivatásává vált.*

Foglalkozott Hevesi elvtárs a műszaki szakosztály feladataival is. Ezek a feladatok lényegében három súlyponti kérdés köré csoportosulmak:

1. a dialektikus materializmus módszereinek az alkalmazása a tudományos gyakorlatban;

2. a tudományos kutatás tervszerűségének a kérdései; és végül

3. a tudományos kutatás és a gyakorlat kapcsolata, ideértve a tudományoknak a gyakorlatba való átültetését és a legszélesebb körben történő népszerűsítését.

Véleményem szerint ennek a vitának az egyik főfeladata, hogy a Hevesi elvtárs adta általános szempontokat részeire felbontsa. Ebben az értelemben szeretnék néhány kiegészítő megjegyzést tenni.

Nekünk nem akárhogyan kell tanulmányozni a dialektikus materalizmust. A mi műszaki értelmiségünk és tudósaink, mint Fogarasi elvtárs megállapította, *ösztönösen* materialisták; de már nevelésüknél fogva is hajlamosak a kérdések skolasztikus, referáló tanulmányozására.

Nekünk azonban ennél többre van szükségünk. Hogy az előttünk álló feladatokat sikerrel oldhassuk meg, a dialektikus materializmust cselekvőleg, harcosan kell tanulmányozni. Más szóval: úgy kell tanulmányozni a dialektikus materializmust, hogy mindjárt alkalmazzuk is. Erre azért van szükség, mert *talán seholsem nagyobb az imperialista ideológiának, a kozmopolitizmusnak a behatolási lehetősége, mint a műszaki tudományok területén. Ez azt a veszélyt rejti magában, hogy tudományos munkásaink* a tudományáguk társadalmi alapjainak ismerete nélkül éppúgy *összetévesztik a valódi tudományt a tudományos divattal*,mint ahogy ennek a két fogalomnak a szándékos összekeverése sem hiányzik. Erre megint csak az Egyesült Államokból lehet konkrét példát hozni. A híradástechnika fejlődésével egyre jobban kifejlődött az elektronmágneses rezgések ipari felhasználása: bizonyos szárítási, fűtési vagy edzési munkákat nagyfrekvenciásan rendkívüli gyorsasággal és jó hatásfokkal, tehát olcsón lehet elvégezni. Ezt a technikát közismert módon a Szovjetunióban fejlesztették ki a legmagasabb fokra, és persze átvették az Amerikai Egyesült Államok is. Azzal azonban már csak az Egyesült Államok dicsekedhetnek, hogy a rendkívül költségesen előállított ultrarövid hullámokkal büffékben — virslit főznek, és erről, mint a technika diadaláról beszélnek.

Mi, magyar tudósok, a szocializmus építésének tudományos munkásaivá akarunk válni. *Ezért a dialektikus materializmust úgy kell tanulmányoznunk, hogy fegyverként is használjuk az imperialista ideológia behatolása, a tudományos kozmopolitizmus ellen.* Ezen a téren még rendkívül elmaradottak vagyunk, és fontosnak látnám, ha a műszaki szakosztály elvi vitát indítana a kozmopolitizmus megjelenési formáiról és leküzdéséről a műszaki tudományokban.

Még néhány szót a tervszerűség kérdéséhez. Hevesi elvtárs rámutatott arra, hogy az Akadémia műszaki szakosztályát igen nagy felelősség terheli az ötéves terv ipari részének jó és eredményes végrehajtásáért. Ötéves műszaki

fejlesztési tervünk súlypontként kezeli a termelékenység növelését, a fajlagos anyagfelhasználás csökkentését, a gépesítés, az automatiziálás kérdését. Nekünk világosan kell látni, hogy ezeknek a feladatoknak a végrehajtása nem egyszerűen az ipar részére kitűzött mennyiségi feladat. Ezeknek a feladatoknak a megoldása feltételezi egy sor tudományos probléma idejekorán történő megoldását is. Ezen a szón, hogy *idejekorán* — hangsúly van. Dolgozó népünk megmutatta, hogy terveit nemcsak teljesíti, hanem mennyiségileg és határidők tekintetében *túlteljesíti*. Ebből az következik, hogy az ötéves tervünk végrehajtásához megoldandó tudományos kérdéseket nekünk is határidőre, sőt határidő előtt kell megoldani. Ha ezt nem tesszük meg, tudományos kérdéseink megoldatlansága, vagy nem kielégítő megoldása könnyen fékezőjévé válhat népgazdaságunk fejlődésének. És világosan látnunk kell — úgy érzem Hevesi elvtárs is erre célzott — hogy ezért elsősorban mi, a tudományos munkások vagyunk a dolgozó nép előtt a felelősek.

Éppen ezért ismét hangsúlyozom, hogy a műszaki osztály és az akadémiai főbizottságok munkájának középpontjában ötéves műszakfejlesztési tervünk tudományos problématikájának módszeres feltárása és a problémák megoldásának tudományos megszervezése kell, hogy álljon. Az utat Pártunk megmutatta. Az eszközöket Pártunk kezdeményezésére kormányzatunk rendelkezésünkre bocsátotta. Most a tudomány munkásain a sor, hogy bebizonyítsuk: tanultunk és még sokkal többet fogunk tanulni a Szovjetunió példájából, és megfelelünk a nekünk előlegezett bizalomnak.

BASS EMIL műegyetemi ny. r. tanár.

A mezőgazdasági iparok és a vegyipari gépészet területéről említ meg néhány példát a tudomány és a gyakorlat kapcsolatáról. Általában ezen a területen a kutatás csak szórványosan folyt nagyon kevés eredménnyel és intenzitással. Az ipar fejlesztése közben felmerült problémák súlyossága szükségessé tette ezen a területen is a kutatómunka megindítását. A kutatás tematikai tervét az ipar követelményei szabták meg. A tervet az illetékesek jóváhagyták és a kutatómunka a Tudományos Akadémia közbelépésére megindult.

Megállapítja, hogy a tudománynak és az iparnak az együttműködése mindkét félre termékenyítőleg hat. Ezzel kapcsolatban több példát hoz fel. Többek között megemlíti egy törökszentmiklósi molnár találmányát, aki olyan rendszerű talajtisztító géppel foglalkozik, mellyel véleménye szerint érdemes behatóan foglalkozni. Egy másik példa: egy hengeres beállítókészülék alkalmazásával kapcsolatos újítási javaslat, amelyet laboratóriumában a most megindúló kísérleteknél szintén felhasználnak.

DOMONY ANDRÁS vegyészmérnök, Alumínium és Könnyűfémipari Kutató Intézet.

Hevesi Gyula főtitkár kartársunk előadásának ahhoz a részéhez szeret-

nék kapcsolódni, amely a tudomány és az ipar dolgozóinak együttműködésével s ennek az együttműködésnek a szükségszerűségével foglalkozik.

Mint az előadásból hallottuk, a tudomány és az ipar dolgozóinak helyes együttműködésére és ennek az együttműködésnek a szükségszerűségére maga Sztálin elvtárs több ízben rámutatott. Ezzel kapcsolatban döntőfontosságú Sztálin elvtárs következő megállapítása: »A tudomány a vélemények harca nélkül, a bírálat szabadsága nélkül, az elavult formuláknak és következtetéseknek újakkal való felcserélése nélkül nem fejlődhet, nem haladhat«.

Tudományos életünk és kutatóintézeteink csak akkor haladhatnak és fejlődhetnek helyes irányban, ha az általuk kidolgozott új eredményeket és munkamódszereket minél szélesebb körű bírálatnak vetik alá, hogy ezáltal megismerjék mindazokat a szempontokat, amelyek a laboratóriumban kidolgozott eljárások ipari megvalósításakor felmerülhetnek.

Ezek a helyes együttműködésből származó viták és építő kritikák a szocialista tudományos élet továbbfejlesztésének igen fontos rugói. Zsdanov elvtárs igen tömören mutatott rá erre akkor, mikor ezt mondotta: »Ahol nincsen bírálat és építő vita, ott kiapadnak a fejlődés forrásai, ott a tespedtség és a lanyhaság melegházi légköre terjeng . . .«

Hogy kutatóintézeteinkben a Zsdanov elvtárs említette tespedés ne következzék be, az élő iparral való kapcsolatot mind szorosabbá kell fűznünk.

Intézeteink egy része — köztük elsősorban az Alumínium Kutató Intézet — helyesen ismerte fel az iparral való szoros kapcsolat döntő fontosságát akkor, amikor új tematikai terveinek elkészítése előtt a különböző üzemekben helyszíni megbeszéléseket folytatott annak eldöntése érdekében, hogy melyek az illető üzemek hosszútávú üzemfejlesztési terveinek döntően fontos kérdései. Az ilyen ipari alapproblémák helyes megoldása csak megfelelő tudományos felkészültséggel valósítható meg.

Az üzemi megbeszéléseket minden esetben gondos előkészítés előzte meg. Ezekbe a tárgyalásokba az üzem vezetőségén kívül az üzemrészek élenjáró dolgozóit is bevontuk, és így a kérdések tárgyalásakor biztosítható volt, hogy a dolgozók szempontjai — akik a tudományosan megoldott problémákat megvalósítják — érvényre jussanak. A megbeszéléseket minden esetben részletes üzemlátogatás követte, amikor is a tárgyalásokon felvetett elméleti kérdések gyakorlati kivitelezésének a lehetősége kivizsgálásra került. Ilyként az intézetek küldöttei előtt egyrészt tiszta kép alakult ki arravonatkozólag, hogy melyek az egyes üzemek hosszútávú munkafejlesztésével kapcsolatos problémák, másrészt kimerítő tájékoztatást kaptak az üzem dolgozói az intézetek eddigi munkásságának eredményeiről és azokról a kérdésekről, amelyeket a Kutató Intézet már eddig is megoldott. Ezek a közös megbeszélések — az esetek legnagyobb százalékában — konkrét eredményekkel zárultak, mert a kutatóintézetek munkatársai az üzem dolgozóinak majdnem minden tárgyalás alkalmával olyan részletes ipari tanácsokat és útmutatásokat adhattak, amelyek az egyes fel-

vetett üzemi problémák megoldását, a selejt csökkentését, a termelt árú minőségének javítását stb. közvetlenül elősegítették. Példaként megemlítem, hogy sikerült ilyként az egyik fémmű huzalgyártásában mutatkozó selejtet gyakorlatilag megszűntetni. Egy másik esetben a helyes gyártási módszer ismertetésével a termelt árú minőségének lényeges javítását lehetett elérni.

Ezek a kezdeményezések első csirái a Hevesi kartárs előadásában kidomborítottaknak. A megbeszélések és a helyszíni gyárlátogatások ugyanis feltárták azokat a döntőfontosságú üzemi problémákat, amelyeknek megoldása az egész nemzetgazdasági terv végrehajtásához nélkülözhetetlenül szükségesek, és amelyeknek épp ezért a kutatóintézetek tematikai tervében súlypontot kell alkotniok. Ugyanakkor az üzemek konkrét eredmények alapján felfigyeltek a kutatóintézetek eredményeire és szaktudására, s ez lehetővé tette, hogy a jövőben a gyárak bizalommal forduljanak problémáikkal az intézetekhez. A kialakult kölcsönös bizalom révén intézetünket az utolsó félévben az ipar részéről 38 esetben keresték meg termelési nehézségek elhárítására vonatkozó kérelmekkel. A kutatóintézetektől kapott részletes útmutatás alapján sikerült a gyáraknak a nehézségeket kiküszöbölni és a fokozottabb termelést, a selejt csökkenését, illetve a minőség javítását elérni.

A kutatóintézetek és az ipar együttműködésének elmélete tudományosan is alátámasztja saját gyakorlati tapasztalataimat. Az iparban eltöltött 15 esztendő mai kutatóintézeti munkámban felbecsülhetetlen előnyt jelent. Ilyként — mint a kutatóintézet tagja — a felmerülő problémákat két oldalról: nemcsak tudományos részről, hanem az ipar konkrét igényei alapján is meg tudom ítélni. Kutató intézeti működésem során állandó törekvésem, hogy az ipar problémáit és a kutatóintézet munkásságát a legnagyobb mértékben koordinálni lehessen.

Hevesi kartársunk az élenjáró Szovjetunióban szerzett tapasztalatai alapján igen helyesen domborította ki a kutatóintézetek tematikájának kettős feladatát, amikor kifejtette, hogy intézeteink tömörítsék erőiket a tervgazdálkodás során felmerülő fontosabb ipari kérdések megoldására, biztosítsanak azonban maguknak elég szabad kapacitást, hogy a termelés dolgozóit tanáccsal irányítással, dokumentációval segítsék a helyijellegű nehézségeknek saját erejükből való leküzdésére.

A tudománynak és az iparnak ilyként megvalósított együttműködése ötéves tervünk sikeres megvalósításának egyik alappillére lesz. Ha a kutatóintézetek továbbfejlődésénél a figyelem ezekre a szempontokra összpontosul, akkor megvalósul Sztálin elvtárs szava: »Figyelmünket ne forgácsoljuk széjjel, hanem korlátozzuk azt a legközelebbi feladatokra!«.

HERCEG FERENC vállalatvezető, diósgyőri kohászati üzemek

Hevesi Gyula elvtárs előadását a legjobb időben tartotta. Minisztériumaink, vállalataink tervosztályai most dolgoznak az 1951. évi ipari terveken.

E tervek feladata annak biztosítása, hogy nemzetgazdaságunk szükségleteit minél nagyobb mértékben tervszerűen ki tudjuk elégíteni.

Szükségessé teszi ezt az egyre jobban kiéleződött nemzetközi helyzet, a békéért folytatott harc.

E feladatok végrehajtása azt a követelményt állítja a tudományos kutatómunka elé, hogy minden segítséget megadjon iparunknak, de különösen kohászatunknak, amely egész iparunk alapja. Helyesen jegyezte meg Hevesi elvtárs, hogy a kitűzött kutatások és feladatok végrehajtásában az a legfontosabb, hogy a tervben kitűzött határidőkre elkészüljünk velük, mert hiszen nemcsak az üzemekre, hanem a tudományos kutatóintézetek szakosztályaira is igen nagy feladatok hárulnak ötéves tervünk egészének megvalósításában.

1950. május 19-én a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok osztálya Hevesi Gyula titkár elvtárssal az élén, lent járt a diósgyőri Kohászati Üzemekben, hogy megtárgyalja dolgozóinkkal, technikusokkal, mérnökökkel, sztahanovistákkal az acélgyártás mennyiségi és minőségi fejlesztésének lehetőségeit.

Gillemot professzor ismertette az oxigénes acélgyártás kutatásainak elméleti és gyakorlati eredményeit. Ebben az időben még nem láttuk az oxigénes acélgyártás bevezetésének szükségességét olyan élesen, mint ahogy napjainkban, a tervek készítése idején látjuk. Ezért szükségszerűleg az 1951. évben za ország szükségletének megfelelően Diósgyőrött acélgyártásunkat jelentős mértékben növelni kell, ugyanakkor a takarékossági elvek megkövetelik, hogy ócskavas betétszázalékunkat csökkentsük. Folyékony vastermelésünk emelésének lehetősége csak 1952 végén valósul meg, ezért az elvont ócskavas betétszázalékot a Szovjetunióból kapott hideg nyersvasbetéttel kell pótolni, amelynek gyors beolvasztását a Kutató Intézet Kohászati Bizottságától kikísérletezett oxigénes befujtatással tudjuk elérni.

Tehát máris látjuk, hogy az a kísérlet, amelyet a tudomány és a gyakorlat Ózdon és Diósgyőrben elindított, igen nagy lépéssel viszi előre népgazdaságunk fejlődését.

Nem félünk a magasabb tervfeladatoktól, melyeket az ötéves terv második évének végrehajtása megkövetel, mert a hatalmas Szovjetunió tapasztalatainak átvétele és gazdasági segítsége nagyban megkönnyíti a feladatok végrehajtását.

Erre egy példát hozok fel: A múlt rendszerben a Martin-kemence építésére 28 nap kellett. A fölszabadulás után dolgozóink ezt az időt 14 napra csökkentették, most pedig a Szovjetunióból ittlévő Bugyilkin mérnök elvtárs útmutatása alapján, tervet dolgoztunk ki a kemencének négy és félnap alatt való megépítésére.

Nagy segítséget ad majd a Fehérvári-úton készülő Vas- és Alumíniumkutató Intézet, amely méreteiben és berendezéseiben hatalmas, korszerű, és a szóbanforgó feladatok elvégzésére teljesen alkalmas.

Tisztában vagyunk azzal, hogy a tudományos intézetek meg fogják adni

mindazt a segítséget, amely a megnövekedett feladatok elvégzéséhez szükséges.

A Magyar Kohászatnak még igen sok betegsége van, ami acélgyártásunk minőségi eredményeit hátráltatja.

Az egyik ilyen probléma: a generátorgáz hidrogéntelenítése; a másik nagy problémánk: gázunk kéntelenítése.

Mi, az üzemek vezetői, tudjuk, hogy a kutatóintézetek teljes apparátussal dolgoznak e kérdések megoldásán és kísérleteikben máris mutatkoznak eredmények.

Ahhoz, hogy acélgyártásunkat 33%-kal növeljük, meg kell lenniök az objektív lehetőségeknek. *Ez megvan.* Másodszor meg kell lenni az akaratnak — *ez is megvan* — és a tudásnak. Ha a tudás terén megkapjuk a kutatóintézetektől a szükséges támogatást, ha az elméletet helyesen kötjük össze a gyakorlattal, ha a tudományos intézeteknek állandó kapcsolatuk lesz a termelő üzemekkel, az ottan dolgozó sztahanovistákkal, és kölcsönösen kicserélik tapasztalataikat, akkor nagymértékben fogjuk előrevinni a termelés és a tudomány ügyét.

Hevesi elvtárs beszélt azokról a komplex-brigádokról, amelyek az üzemek dolgozóinak és a tudományos intézetek megbízottainak résztvételével jöttek létre, s amelyeknek az lett volna a kötelességük, hogy a konferenciák határozatainak végrehajtását ellenőrizzék, és a tudományos intézetekkel való kapcsolatokat megszilárdítsák, és rámutatott arra, hogy ez az ügy nehézkesen, akadozva megy, mégpedig igen sok esetben a vállalatvezetők meg nem értése következtében.

Ezen a téren nekünk, vállalatvezetőknek komoly változást kell létrehoznunk. Szorosabbá kell fűznünk kapcsolatainkat a tudományos intézetekkel, hogy megnövekedett feladatainkat minél jobban és minél eredményesebben tudjuk elvégezni.

Nagyjelentőségű e téren és azt hiszem, újabb lépéssel fogja előbbrevinni munkánkat az a tény, hogy az ünnepi hét keretében rendezett kohászati előadásokra meghívták gyárunk sztahanovistáit és mérnökeit, hogy meghallgassák azokat az előadássorozatokat, amelyek a hazai ércek feldolgozási lehetőségeit, a levegőbefujtatások kérdését, az acélgyártás fejlesztésének lehetőségeit, a hengerlés gyakorlati és elméleti problémáinak megoldását tárgyalják.

Meg vagyok győződve, hogy az előadássorozaton résztvevő munkásaink és mérnökeink — az itt hallott előadásokat a többi dolgozónak átadva — nagy mértékben fogják előbbrevinni a termelést. Ezek az előadások a mi tudományos kutatóintézeteinkben dolgozó tudósokat is figyelmeztetik majd arra, hogy sajátítsák el a szovjet tudományt, *amely a dialektikus materializmus világszemléletének gyakorlati megteremtője.*

Helyes volt Hevesi elvtársnak az a megállapítása, hogy az elmélet ugyanannyit ad a gyakorlatnak, mint amennyit nyer a gyakorlattól.

A sztahanov-mozgalom nagyszerű példái mutatják, hogy a tudományos

műveléttervezésen felépülő normákat, amelyeket a mi mérnökeink állapítanak meg, a mi sztahanovistáink nagy mértékben megdöntik olyan új gyártási technika alkalmazásával, amelyet a gyakorlati munkából merítenek.

De hogy ezeket minél szélesebb körben terjeszthessük, ahhoz elengedhetetlen, hogy a tudományos egyesületek vállalják a legközelebbi feladataik közt hatodik pontként szereplő azt a feladatot, melyet a műszaki osztály minden tagja magáévá tesz, nevezetesen, hogy évente legalább 1—2 népszerű tudományos brosúrát írjanak. Nagyban segíti majd ez a gyárak dolgozóit abban, hogy szakismereteiket bővítsék, tanfolyamokon és iskolákban a tudományt elsajátítsák.

Nekünk a Szovjetunió tapasztalatainak felhasználásával olyan technikát kell teremtenünk, mely a kapitalista viszonyok között elképzelhetetlen.

A szocialista gazdasági rendben a dolgozók tudják, minden nap tapasztalják, hogy a termelékenység emelése, a technika fejlődése, az életszínvonal emelését szolgálja.

Napról napra érezzük, hogy a tudomány és a technika fejlődésével munkánk egyre könnyebb lesz.

Mi, a gyárak dolgozói, várjuk a kutatóintézetektől azokat a folyóiratokat, azokat a tanácsokat, amelyek a termelés problémáit előbbre viszik, és én meg vagyok győződve arról, hogy ezt a segítséget a tudományos kutatóintézetektől meg is kapjuk, és hogy a tudomány lehetőséget nyújt a szocializmusnak országunkban való előbbreviteléhez. Lehetőséget ad arra, hogy úgy, mint a Szovjetunió, országunk is a legnagyobb jólétben élő országgá váljék.

KONCZ ISTVÁN gépészmérnök.

Egy igen sokszor elhangzott kifejezés tisztázásának kérdését szeretné felvetni. Ez a kifejezés: a kutatás befejezése. Igen gyakran halljuk és beszélünk arról, hogy egy kutatási témát befejeztünk. Megemlíti, hogy intézetében is igen könnyelműen használták ezt a kifejezést. Az Akadémia kezdeményezésének eredményeként jöttek rá, hogy a kutatási kísérlet akkor van befejezve, amikor az már átment az iparba. Amig a kutatási téma megoldásából népgazdaságunknak haszna nincs, addig nem lehet a téma megoldásáról beszélni. Erre egész röviden egy példát említ meg. A szikraforgácsolással kapcsolatos kísérleteket ezelőtt két esztendővel fejezték be és zárták le, de az iparban mégsem történt e téren semmi mindaddig, amig az Akadémia kezdeményezésére az eredmény üzemi hasznosítása meg nem indult. Megállapítható, hogy egy esztendő veszteséggel most már az egyes iparvállalatok pozitív eredményeket mutatnak ki, és így a kutatás ma már valóban lezártnak tekinthető.

FERJENCSIK SÁNDOR kohómérnök (Ózd).

Kifejti, hogy Hevesi Gyula előadásából mint gyakorlati kohómérnököt az elmélet és a gyakorlat kölcsönös kapcsolata ragadta

meg legjobban. Két példával kívánja megvilágítani az elméleti kutatómunka és az üzemi gyakorlat gyümölcsöző együttműködését. Az egyik esetben a kutató munka emberei közül indult a kezdeményezés az oxigénes és sűrített levegővel való frissítés meggyorsítására és ezzel az acéltermelés fokozására. Az Ózdi Acélmű e kezdeményezés következtében végezte el az oxigén befuvásának azokat a kísérleteit, amelyek a termelés komoly növekedését eredményezték.

A másik kezdeményezés a gyakorlatból jött, és az acéltermelésnek a betétemeléssel való fokozására vonatkozik. Az Ózdi Acélgyárban elhatározták, hogy a termelés növelése érdekében kísérletet tesznek az egyik kemence 50%-os betétemelésére. A kísérlet sikerrel végződött, komoly termelésnövekedést és jobb fajlagos energiafogyasztást eredményezett. Hogy ezt az eredményt elérhették, abban jelentős része volt a Kohászati Akadémia Bizottságának, amely a kísérletek megkezdésekor kiszállt az üzembe és biztató véleményével felbátorította a dolgozókat a kísérletek folytatására.

Az említett két példa bizonyítja a kutatómunka és a gyakorlati üzemi munka együttműködésének eredményességét. Ezen az úton haladva a jövőben fokozottabb mértékben kéri üzeme részére a kutatómunka segítségét, és egyben készségesen felajánlja gyakorlati tapasztalataikat, hogy az üzem sikeres munkával tudja befejezni az ötéves tervet a szocializmus építésének érdekében.

VÁRI LÁSZLÓ gépészmérnök

Ismertette a rádiócsövekben alkalmazott csillámlemezek sajtolására használt csillámkivágó szerszámok előállításával kapcsolatos nehézségeket.

A Tudományos Akadémiának 1950. májusában az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt-nél történt látogatása alkalmával felvetődött az a kérdés is, mikép volna lehetséges a csillámkivágó szerszámok furatmegmunkálásainál új eljárást alkalmazni.

Ekkor hangzott el az Akadémia részéről az a javaslat, hogy alkalmazzák itt is a szikraforgácsolással fúró eljárást, melynek Lazarenko és Vaszilijev szovjet tudósok voltak úttörő felfedezői.

Ehhez a Műegyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén kidolgozott eljárás továbbfejlesztése volt szükséges. Erre a célra a kutatóintézetek és az üzem munkatársaiból komplexbrigádot alakított. Ez a brigád a kérdést jelentősen előrevitte, és minden remény megvan arra, hogy üzemünk problémáját rövid időn belül sikeresen meg tudja oldani és ezzel is hozzájárulhat ötéves tervünk sikeres teljesítéséhez.

HORUSITZKY FERENC egyetemi rk. tanár

Hangoztatja, hogy nemcsak a gyakorlati emberek elméleti továbbképzésére van szükség, hanem arra is, hogy az elmélet emberei mind nagyobb gyakorlati tudásra tegyenek szert. Javasolja, hogy az ipar a tudomány

különböző szektoraiban elméleti kérdésekkel foglalkozók részére nyujtson lehetőséget bizonyos speciális technológiai ismeretek megszerzésére.

A kutatás szervezeti kérdéseivel kapcsolatban fontosnak tartja a Földtani Intézetben egy célkutató laboratórium létesítését, melynek feladata volna hazai nyersanyagaink mind belföldön, mind külföldön való legtökéletesebb felhasználásának és alkalmazásának kikísérletezése. Kívánatosnak tartja továbbá az egy tudományágon belüli és a különböző tudományágak tudósai közti tapasztalatcserék állandósítását és kibővítését.

SZILÁGYI JÓZSEF

Mint a Hofherr-traktorgyár műszaki értelmiségi dolgozója üdvözlöm a Hofherr-gyár dolgozói, sztahanovistái, újítói, élmunkásai és műszaki értelmisége nevében a felszabadulás után újjászervezett Magyar Tudományos Akadémiát 125 éves évfordulója alkalmából.

A felszabadító Szovjet Hadseregnek és pártunk, a Magyar Dolgozók Pártja kemény harcainak köszönhető, hogy a Magyar Tudományos Akadémia újjászülethetett, és megindult azon az úton, amelyre ötéves tervünkben a jelen és a jövő nagy feladatai kötelezik.

Hevesi elvtárs beszédében világosan rámutatott arra, hogy az újjászervezett Tudományos Akadémia új kutatóintézetek hálózatának létrehozásával a szocializmust szolgáló tudomány megteremtését tűzte ki céljául, olyan tudományét, amely a lenini-sztálini tanítást követve a dolgozó nép érdekeit szolgálja, és kész a népnek a tudomány összes vívmányait átadni, hogy azzal a szocializmus építését előmozdítsa és a dolgozó nép kultúráját magasabb színvonalra emelje.

Az újjászervezett Tudományos Akadémia kebelében megalakult műszaki osztály biztosítja a tudományos kutatás és a termelés kapcsolatait, közvetlenül felelős irányítója lett az országban folyó és megszervezendő műszaki tudományos kutatásoknak, amelyek eredménye gyakorlatilag üzemünkben, a Hofherr-traktorgyárban is megmutatkozik. A szovjet tudomány szervezésének nagyszerű példájára az újjászervezett Tudományos Akadémia műszaki osztályának tudósai, élükön Gillemot László profeszorral, Rázsó Imre professzorral és Hevesi Gyula akadémikus elvtárssal már többször látogatást tettek üzemünkben, hogy a termelésben felmerülő technikai problémák megoldását üzemünk fizikai és szellemi dolgozóival a helyszínen megbeszéljék és szaktanácsaikkal segítségünkre legyenek. Ennek eredményeképpen már több olyan műszaki problémát megoldottunk, amely traktorgyártásunk termelését mind minőségben, mind mennyiségben lényegesen előreviszi. Ilyen problémák voltak: a nagyszámú hengerfejrepedések hibaforrásának megállapítása, a nagyszámú szerszámtörések kiküszöbölése, az anódmechanikus köszörülés bevezetése üzemünkben, a Diesel-traktorainkhoz szükséges tökéletes légszűrőberendezés megszerkesztése, öntödénkben a szintétikus mintázóhomok bevezetése és még

számos műszaki probléma. Ezeknek a kérdéseknek a megoldásával traktorgyártáunkat minőségileg is, mennyiségileg is emelni tudjuk.

Mi, Hofherr-gyári dolgozók, reméljük és várjuk, hogy a jövőben a tudósok és az üzemekben dolgozó gyakorlati emberek közvetlen kapcsolatai még jobban kiépülnek és ez a szoros együttműködés meghozza a gyáriparunk és gépesített mezőgazdaságunk fokozottabb fejlesztésében felmerülő technikai nehézségek és műszaki problémák megoldását, mellyel termelésünket a szocializmus építése és a világbéke megvédése érdekében, a Szovjetunió példája nyomán fokoznunk kell.

BESZÁMOLÓ A FELSŐ GEODÉZIA TERÉN FOLYÓ VIZSGÁLATOKRÓL

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL R. TAG

egyetemi ny. r. tanár (Sopron Geodéziai és Bányaméréstani Tanszék)

Előadta az 1950. nov. 30-án tartott osztályülésen.

Előadásom kezdetén legyen szabad rámutatnunk arra, hogy a felsőgeodéziai problémákkal intézetünk már mintegy 20 év óta foglalkozik. Nem lehet feladatunk, hogy mindezekre itt kitérjünk, de meg kell említenünk azokat, amelyekhez jelenlegi vizsgálataink kapcsolódnak. Különösen időszerűvé teszi a felső geodéziai vizsgálatokat hazánkban az a körülmény, hogy új és korszerű felsőrendű hálózatok elkészítése vált szükségessé Magyarországon, s hogy az Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottsága javaslatunkra ezt az alkalmat használta föl, hogy nálunk is bevezesse méréseink alapjául a nemzetközi ellipszoidot, s vetületi rendszerül a nemzetközi Gauss-Krüger-féle koordinátarendszert.

A nemzetközi ellipszoid és a nemzetközi vetületi rendszer bevezetése azonban megoldandó feladatainkat csak részben könnyíti meg. A felső geodézia mind módszereiben, mind műszereiben az utóbbi két-három évtized alatt olyan gyökeres átalakuláson ment és megy még mindig keresztül, hogy problémái a róluk megjelent hatalmas tömegű könyvek és tanulmányok ellenére sem tekinthetők lezártaknak. Sőt a matematikai problémákat felvető geodézia mellé egyre jobban felfejlődik a mindinkább fizikai jellegű feladatokkal foglalkozó geodézia is, miáltal a geodézia és a geofizika régebbi válaszfalai elmosódottabbá válnak.

Itt kell megemlítenünk, hogy magának a geodézia szónak értelme is változáson ment keresztül az idők folyamán. Hosszú időn át a földméréstan összességét jelentette, amelyet így az alsó és felső geodéziára osztottak. Jelenleg világszerte az az irányzat, hogy a földméréstan a másképalsó geodéziának nevezett tudományt, illetve szakkört, míg a geodézia szó a régebben felső geodéziával jelölt tudománykört kezdi felölelni. Ilyen értelemben a felsőgeodézia kifejezés mellett a »felső« jelző hovatovább fölöslegessé válik.

*

Új országos felsőrendű háromszögelésünk korszerű alapvonalméréseket tesz szükségessé. Ennek általánosan elfogadott módja néhány évtized óta tudvalevőleg az invarból készült Jäderin-drótokkal való hosszmérés, amellyel az alapvonalat az idők folyamán mintegy 1/500 000-es pontosságtól kezdve egyre növekvő pontossággal napjainkban már 1/5 000 000-os, sőt még nagyobb pontossággal tudják megmérni, amint ezt a finnországi nummelai alapvonalnak 1946—1947-ben a fényinterferencia segítségével történt ellenőrző hosszmeg-

határozása is bebizonyította. [1; 66 és 84. old.]. Minthogy a Jäderin-drótokkal való alapvonalmérés az egyenlőrendű pontosság mellett lényegesen gyorsabb a különböző pillérépítéseket, különleges felszereléseket és csak ritkán előforduló igen kedvező légköri viszonyokat igénylő*) fényinterferencia útján történő méréseknél, a Jäderin-drótokkal való alapvonalmérést új felsőrendű háromszögelésünknél is alkalmazhatónak és alkalmazandónak tartjuk.

A Jäderin-drótokkal történő alapvonalmérések egyre fokozódó pontossága nem kis mértékben annak köszönhető, hogy korrekcióik mentül pontosabb meghatározására és tekintetbevételére törekedtek. Így a drót láncvonal-alakjából eredő fontos korrekciókat eleinte csak a parabolaközelítésből vezették le, mígnem az 1930-as években a szabatos láncvonal egyenletéből indultak ki, s egész sora támadt a különböző formájú, de lényegileg azonos korrekciós képleteknek ; ilyenek Harbert [2], Haerpfer [3], Ölander [4], Stewart [5] és Gigas [6] képletei. Ez utóbbi az invardrótokkal való alapvonalmérésről 1934-ben egy egész könyvet adott ki, s ebben a szóbanforgó korrekciók számítása s ennek táblázatai tekintélyes helyet foglalnak el.

Ugyancsak 1934-ben kezdtünk mi is Esztó Péter tanártársammal közösen a Jäderin-drótokkal való alapvonalmérés problémáival foglalkozni, s eddig megjelent hat közös tanulmányunkban [7, 8, 9, 10, 11, 12], (az eddig legutolsót ebben az évben tettük közzé) igyekeztünk a Jäderin-drótok korrekcióival kapcsolatban számos kérdést tisztázni, illetve saját, az addigiaknál ellentétes megállapításunkat igazolni. Vizsgálatainkból többek között kiderült, hogy az összes eddigi korrekciós képletek hibás alapokból, a drótok végpontjainak magassági különbségétől független állandó paraméretű láncvonalból idultak ki, holott minden magassági különbségnél egy más paraméterű láncvonal keletkezik, és hogy a drót végpontjai magassági különbségének növekedésével ez a paraméter csökken. A megfelelő matematikai összefüggés a két paraméter között a következő [9; 106. old.] :

$$H_h^2 = H_o^2\left(1 - \frac{h^2}{s^2} - \frac{h^3}{s^2 y_u} + \frac{h^2}{4 y_u^2} + \frac{s^2 h}{4 y_u^3} + \frac{h}{y_u} \cdots \cdot\right)$$

Ebben a kifejezésben H_o az egyenlő magas végpontoknál fellépő, H_h a h magassági különbségnél jelentkező paramétert, y_u az alsó pont ordinátáját és s a drót hosszát jelenti.

Kimutattuk továbbá, hogy kétfajta korrekciós képlet szükséges aszerint, hogy csak egy oldalon van feszítősúly és a másikon a drót meg van erősítve, vagy mindkét oldalon feszítősúlyt alkalmazunk. Bebizonyítottuk azt is, hogy változó magassági különbség mellett a drót végét a súllyal összekötő rész is eltéréseket okoz. Az itt említettek hatása nemcsak a behajlásban, hanem a drót megnyúlásában is mutatkozik.

*) A 864 m hosszú nummelai alapvonal hosszát csak egyetlenegy napon, szept. 27-én sikerült egész hosszában meghatározni.

Mindezek alapján felállítottuk korrekciós képleteinket mind az alsó végpontban alkalmazott feszítősúly, mind pedig a két végpontban alkalmazott feszítősúly esetére. Ezek az addigi képletektől három lényegesebb korrekciós taggal: a paraméterváltozás által a behajlásban, a paraméterváltozás által a megnyúlásban létrehozott változással, s az összekötő rész által a behajlásban és megnyúlásban okozott korrekcióval különböztek.

Már első idegennyelvű — sorrendben a második — vizsgálatunkat nemzetközi visszhang kísérte. Lindinger grazi műegyetemi magántanár 1937-ben a paraméterváltozásról szóló megállapításunkból kiindulva más jellegű levezetésével [13] igazolva látta a mi kétoldali súly esetére levezetett képletünket, de szerinte ez lenne érvényes általánosan az egyoldali feszítősúly esetére is. Egy további közelményünkben [9] kimutattuk, hogy Lindinger vizsgálata egy, általunk kétoldali feszítősúlyra felállított egyenletből indult ki, s így természetesen a mi kétoldali feszítősúly esetére megadott eredményünket kellett kapnia. Ha azonban a mi egyoldali feszítősúly esetére levezetett egyenletünkre alkalmazzuk Lindinger kétségtelenül szellemes módszerét, korrekciós képlet gyanánt is a mi egyoldali feszítősúlyra megadott kifejezésünket kapjuk. Ezzel a kérdés eredeti álláspontunknak megfelelően tisztázódott.

Korrekciós képleteink alkalmazását először a Magyar Háromszögelő Hivatal rendelte el 1938-ban [14; 41. old.]. Annál érdekesebb volt, hogy a Finn Geodéziai Intézet négy évvel később, 1942-ben még az állandó paraméterből kiinduló Ölander-féle képlettel végezte a korrekciószámításokat [15; 29. old.]. Ezzel a képlettel számították ki a nummelai nemzetközi jellegű összehasonlító alapvonal hosszát is [15; 78. old.], amelyhez mint hitelesítő alapvonalhoz számos észak-, kelet- és középeurópai állam alapvonala kapcsolódott. Ez némiképpen érthető is, hiszen a nemzetközi tudományos viszonylatban a geodézia terén igen előkelő helyet elfoglaló intézet nem szívesen hagyja el egy igen kiváló és érdemes tagjának eredeti módon levezetett képletét. Így saját képleteink helyességének tagadhatatlan elismerését jelenti, hogy a Finn Geodéziai Intézetnek röviddel ezelőtt, 1950 őszén megjelent legújabb kiadványa a nummelai nemzetközi összehasonlító alapvonal végleges hosszának a kiszámításával kapcsolatban már tekintetbe veszi vizsgálataink értelmében a paraméterváltozásnak a behajlásban és megnyúlásban jelentkező hatását, valamint a súlyösszekötő rész okozta deformáló hatást [1; 62. old.]

A Finn Geodéziai Intézet fent említett legújabb kiadványának gondos áttanulmányozása azonban azt mutatta, hogy az — igen értékes és nagyjelentőségű vizsgálatai mellett — a korrekciószámítás terén mégsem egészen szabatos, mert az ott kiindulásul felhasznált Ölander- és Gigas-féle képletek nem kapcsolhatók össze minden további nélkül a mi — általunk ott már tekintetbe vett — korrekcióinkkal. Minthogy a nummelai alapvonal a geodézia terén — mint láttuk — nemzetközi jelentőségű s hitelességű, kötelességemnek tartottam, hogy a fennálló félreértésekre a Finn Geodéziai Intézet figyelmét ez év szeptember

11-én kelt levelemben felhívjam. A Finn Geodéziai Intézet október 9-én kelt levelében észrevételeim helyességét tárgyilagosan és előzékenyen elismerte s rámutatott arra, hogy a nummelai alapvonal igen kis magassági különbségei mellett (a két bázisvégpont között mindössze 12,3 cm magassági különbség van) a hibás képlet alkalmazása a legutolsó kiadványukban véglegesnek mondott alapvonalhosszat csak a kikerekítésekben befolyásolja ; sokkal nagyobb azonban a hatása a finn elsőrendő háromszöghálózat tényleges alapvonalaiban ; ezért az elkövetett számítási hibát a finn elsőrendű hálózatok nagy kiegyenlítésénél valószínűleg tekintetbe veszik. Végül a levél — annak jeléül, hogy jószándékú figyelmeztetésem megértésre talált, — köszönetet mond, hogy a Finn Geodéziai Intézet figyelmét erre a fontos kérdésre ráirányítottam.

Az alapvonalmérés problémájának az előbbiekben vázolt időszerűsége felvetette a régóta vitatott kérdést, vajjon az egyoldali vagy kétoldali feszítősúly-e az ajánlatosabb. Régebbi vizsgálataink szerint az egyoldali feszítősúly mentes az invardrótok terelő korongjainak nem egyenlő surlódásából keletkező hibától, hátránya azonban, hogy a feszítősúlynak az egész mérés alatt célszerűen vagy mindig a mélyebb, vagy mindig a magasabb drótvégpontban kell lennie, ami a pontok egymáshoz viszonyított magassági helyzete szerint a drótok mérés alatti időnkinti megfordítását teszi szükségessé, s ez a mérés folyamatosságát zavarja. A kétoldali feszítősúlynál e hátrány elesik, ezzel szemben föllép a két csapsurlódás esetleges egyenetlenségéből származó hiba, ami mind a drót behajlása, mind megnyúlása tekintetében számottevő bizonytalanságot okoz. A finnek a két rendszer előnyét úgy igyekeznek összekapcsolni, hogy a kétoldali feszítősúly mellett mérés alatt az elülső drótvég leolvasója leolvasás előtt a drótot ujjával az indexcsaphoz fogja, s így e végét a drótnak rögzíttetnek tekintik. [15 ; 23. old.] Megítélésünk szerint azonban ezáltal az odatartás helyén egy járulékos surlódási erő léphet fel, ami viszont más hibát eredményezhet.

Saját legújabb elgondolásom szerint az egyoldali feszítősúly és a rögzített másik drótvég alkalmazásának az előnyét hátránya nélkül úgy biztosíthatjuk a legegyszerűbben, hogy az eddigi megszokástól eltérően az oda- és visszaméréseket nem tekintjük külön méréseknek, hanem csak az egy oda-visszamérés középértékét vesszük egy mérésnek. Az egyoldali feszítősúlynak állandóan a mélyebb, illetve magasabb végpontban való tartását ugyanis az egyoldali feszítősúly esetére érvényes korrekciós képlet teszi kívánatossá, amelyben a drótvégpontok magassági különbségének első hatványával növő tagok is vannak, s így a számításhoz a magassági különbségnek az előjele is fontos. Ennek állandóságát biztosítottuk az állandóan mélyebb, illetve magasabb feszítősúllyal. Ha azonban minden drótvégpontra egy oda- és egy visszamérést vonunk össze, s az oda- és visszamérésnél a feszítősúly pl. mindig a mérésnél hátsó, vagy mindig az elülső pontban van, úgy a két mérésnél minden drótszakaszra a magassági különbség mindig két ellentétes előjellel jelentkezik, s így a számtani középértékre gyakorolt hatása nulla : *A drótszakaszonkinti oda-visszamérés*

számtani középértéke egyoldali feszítősúly alkalmazása esetén mentes a magassági különbség első hatványát tartalmazó korrekciós tagoktól, s így ezek, valamint a magassági különbségek előjelének tekintetbe vétele fölösleges.

Egyoldali feszítősúly esetében az oda-visszamérés középértékére vonatkozó behajlási és megnyúlási korrekciós képlet a fentiek szerint lényegesen leegyszerűsödik, s a használatos 24 m-es drótokra (feszítősúly 10 kg, drótönsúly 17,4 g/m) a következő alakot veszi fel:

$$\Delta B = -\frac{10^6}{2B} h^2 + 3{\cdot}03h^2 - 9{\cdot}042h^4 - 218{\cdot}47\delta + 868{\cdot}06h^2\delta +$$

$$+ 1{\cdot}13h^4\delta - 9{\cdot}1\delta^2 - 36{\cdot}17h^2\delta^2$$

A fenti képlet ΔB-t mikronokban adja, ha a hosszakat (a δ skálahosszat is és magasságokat méterekben helyettesítjük be. Amint látjuk, a számításban a súlyösszekötő rész korrekciója sem szerepel. Az oda-visszamérés ezen javaslatunk szerint éppen úgy összetartozik, mint a szögmérésnél a két távcsőfekvés. Ha nem ezeket a középértékeket, hanem az oda- és visszaméréseket külön mérési eredményekként vesszük számításba, a középhibákra kapott értékek torzultak, mégpedig nagyobbak lesznek, mert az egyes értékek olyan szabályos hibarészeket is tartalmaznak, amelyek csak középértékeikben semmisülnek meg.

Javaslatomra az Országos Földméréstani Intézet tervbe vette, hogy jövő évi méréseinél e módszert használatba veszi. A magyar fölszerelésnél e célra csak egészen kis műszertechnikai átalakítások szükségesek.

*

A Jäderin-drótokkal történő alapvonalmérés pontosságát nagymértékben befolyásolja a szélhatások okozta szabályos jellegű hiba, amely mérési eredményeinket s így az alapvonal hosszát nagyobbítja. Számszerű megfogásukra, s tekintetbe vételükre az ugyancsak Esztó Péterrel együtt végzett vizsgálataink [11,12] előtt a legkomolyabb kísérletet Reicheneder tette [16], sajnos azonban levezetései több elvi hiba miatt nem bizonyultak megfelelőknek, amint erre az ezzel a kérdéssel foglalkozó első — a *Bulletin Géodésique* 1947. évi kötetében megjelent — tanulmányunkban [11] reámutattunk. Minthogy Reicheneder, ki a berlini Tudományos Akadémia Geodéziai Intézetének tudományos kutatója — vizsgálatainkkal szemben három év alatt ellenvéleményt nem tett, reávonatkozó észrevételeinket helytállóknak kell elfogadnunk.

Kiegészített közös vizsgálatunk magyar nyelven ez évben látott napvilágot [12], s megállapításainkból itt a következőket emeljük ki: Nyilvánvalóan kopár, homokos területek a felfelé irányuló légáramok miatt alapvonalak létesítésénél lehetőleg kerülendők; az alapvonal iránya essen lehetőleg össze az uralkodó széliránnyal. Minthogy a szél hatása a hossz harmadik hatványa szerint növekszik, a némely országban használt, 24 m-nél hosszabb

drótok — különösen a szélhatás szabályos jellegére való tekintettel — szeles vidékeken még akkor sem ajánlhatók, ha e hibák káros hatása a négyzetes arányban érvényesülő feszítősúlyok egyidejű növelésével részben kompenzálható is. Bizonyos kompenzálás érhető el a súlyok alakjának kellő megválasztásával is.

Vizsgálatainkban azt is kimutattuk, hogy abban az esetben, ha az elhanyagolás határértékét dróthosszanként 20 μ-nak vesszük fel, a drót irányára merőleges legkedvezőtlenebb szélirányt feltételezve 4 m/sec szélsebességig, 10 μ mellett pedig 3,5 m/sec szélsebességig mérhetünk. Minthogy az így keletkező szabályos jellegű hiba még mindig a hossz 1/1 200 000-ed, illetve 1/2 400 000-ed része, növekvő pontossági igényeink mellett a szél hatásának még továbbmenő kiküszöbölése kívánatos.

Legutóbbi vizsgálatainkban a szélhatás kiküszöbölésére egy általam már más esetben is eredménnyel alkalmazott újszerű elgondolást javasoltam. A szélmentes értékekhez viszonyítva az egyes dróthosszaknál mutatkozó $\Delta_1, \Delta_2, \ldots \Delta_n$ hosszeltérések a szélhatások függvényei, s így a szélhatások közvetítő egyenletei gyanánt foghatók fel, amelyekből a legkisebb négyzetek módszere szerint a szélhatás függvényének állandói meghatározhatók. *A függvény ismeretében mérési eredményeinket még a 4, illetve 3,5 m/sec alatti szélsebességeknél fellépő szabályos jellegű hatásoktól is mentesíthetjük.* Ezen megállapításunkból következik továbbá, hogy nagyobb szélsebességeknél is ajánlatos méréseket végezni, de nem azért, hogy közvetlen mérési eredmények gyanánt felhasználjuk őket, hanem azon célból, hogy a szélhatás függvényének meghatározására nagyobb szélsebességek melletti adataink is legyenek.

Elgondolásainknak megfelelően az Országos Földméréstani Intézet most folyó magyaróvári alapvonalméréseinél a szükséges adatok mérését megkezdte, s így reményünk van arra, hogy a közeljövőben eljárásunkat gyakorlatilag is kipróbálhatjuk.

Remélni szeretnők, hogy a Jäderin-drótokra vonatkozó vizsgálatainkkal az elérhető pontosság fokozásához mi is hozzájárultunk.

*

A felsőrendű háromszögelések másik igen fontos problémája a felsőrendű háromszögelések kiegyenlítése.

A legelső kérdés, amely itt felmerül az, mennyiben torzítja el kiegyenlítési eredményeinket a szabályos jellegű szöghibák jelenléte, mert hiszen a legkisebb négyzetek módszerének alkalmazása tudvalevőleg véletlen jellegű hibákat feltételez. Az e téren néhány évvel ezelőtt végzett vizsgálataim azt mutatták [17], hogy szabályos, illetve állandó jellegű szöghibák jelenléte a hálózat szigorú kiegyenlítését nem akadályozza, s a szöghibák állandó részének leválasztása utáni kiegyenlítés ugyanazt a végeredményt adja, mint a szabályos rész leválasztása nélkül végzett kiegyenlítés. Az e téren szükséges kiterjedt számításokat

ifj. Esztó Zoltán tanítványom nagy lelkiismeretességgel és odaadással végezte. Ha egészen könnyen érthető példáját akarjuk adni az előbbiekben vázolt jelenségnek, a legegyszerűbb esetre, egy háromszögre kell gondolnunk. A háromszög szögzárlati hibáját tudvalevőleg a legkisebb négyzetek módszere szerint úgy tüntetjük el, hogy — egyenlő pontos méréseket feltételezve — a három szögre egyenlően felosztjuk. De ha a mérési hibák nem véletlen, hanem mind a három szöget egyforma mértékben deformáló szabályos jellegűek, a szögzárlati hiba elosztása helyesen ugyancsak a három szögre való egyenlő felosztás útján történik. Az eredmény tehát mindkét föltételezés esetében ugyanaz.

A második itt felvetődő kérdés, hogyan történjék a felsőrendű hálózatok kiegyenlítése. Nyilvánvalóan a legkisebb négyzetek módszere szerint. A nagy probléma itt nem is ebben, hanem az egyre növekvő számú, többszáz ismeretlent tartalmazó egyenletrendszerek megfelelő megoldásának a megtalálásában rejlik. A felső geodézia újabb irányzatában ugyanis már nemcsak arra törekszik, hogy egyes országok elsőrendű hálózatát egyenlítse ki, hanem az egyes országok hálózatának hézagmentes csatlakozása, a Föld alakjának szabatosabb megismerése, s a saját mérések megbízhatósági fokának megállapítása céljából több ország, sőt egész kontinensrészek hálózatának együttes kiegyenlítését veszi tervbe. Így készültek, illetve készülnek pl. az ú. n. középeurópai háromszöghálózat és a balti hálózat kiegyenlítései. Ha tekintetbe vesszük továbbá, hogy a csillagászatilag meghatározott azimutoknak, földrajzi szélességeknek és hosszúságkülönbségeknek a kiegyenlítésbe való bevitele az alapul választott ellipszoid és a geoid közti összhang biztosítása céljából egyre nagyobb méreteket ölt, és hogy hovatovább a háromszögoldalak elektromágneses hullámokkal való közvetlen megmérésével is számolnunk kell, a matematikai feladat már ezres nagyságrendű normálegyenletrendszerek megoldását teszi szükségessé. Erre pedig a klasszikus Gauss-féle eliminációs eljárás, a gyakorlatilag alig elvégezhető számítási munkáról nem is beszélve, márcsak azért sem alkalmas, mert a rengeteg számítási munkánál az utolsó számjegy kikerekítési pontatlansága miatt a számítási élesség fokozatosan romlik, úgyhogy e pontatlanság a számított javításokat felül is múlja. Így vált a felsőrendű háromszöghálózatok kiegyenlítése a felső geodézia legaktuálisabb és legégetőbb problémájává. Ezt az e tárgykörből legújabban megjelent legkülönbözőbb, nagyértékű tanulmányok sorozata is bizonyítja.

Nem lehet itt célunk, hogy mindezeket akárcsak főbb vonásaikban is ismertessem, mert ehhez egymagában több előadás kellene. De azt mégis meg kell említenem, hogy e tanulmányok egy része a szigorú kiegyenlítés számítási *módszerének* lehető leegyszerűsítésére törekszik, míg a másik része olyan észszerű *közelítő* megoldást keres, amelyik a szigorú kiegyenlítéssel elérhető pontosság számottevő veszélyeztetése nélkül a számítás lényeges egyszerűsítésével jár.

A szigorú kiegyenlítés módszerének technikai leegyszerűsítésére Helmert már 1880-ban eljárást dolgozott ki [18]; ezt 1947-ben Levallois még tovább

egyszerűsítette [19]. Ide tartoznak egyébként Boltz kifejlesztő és helyettesítő eljárásai [20, 21], Gruber számítási sémája [22], a Cholesky—Rubin-módszer [23], a krakoviánokkal való számítás [24], Friedrich eljárása [25], Asplund módszere [26], Eggert metódusa [27] stb.

Átmenetet jelentenek a szigorú és közelítő kiegyenlítés között a fokozatosan közelítő eljárások, amilyen a már 1890-ből való Nagel-féle [28], melyet újabban Bodewig is ajánl [29], továbbá Pinkwart [30] és Křovák [31] módszere, legújabban pedig a rendkívül termékeny és kiváló Wolf eljárása. [32, 33, 34, 35]. Mindezeknek nagy előnyük, hogy a fokozatosan közelítő kiegyenlítést a kívánt pontosság elérésénél abba lehet hagyni.

Bármilyen nagy leegyszerűsítést jelentenek is ezek az eredeti Gauss-féle megoldáshoz képest, a szükséges számítási munkák még mindig olyan nagyok, hogy nagykiterjedésű hálózatok kiegyenlítésére a szigorú kiegyenlítés pontosságát elérni szándékozó közelítő módszerek még mindig, vagy talán helyesebben, egyre nagyobb figyelmet érdemelnek. A helyzet ugyanis az, hogy a Gauss-féle számítási módszer leegyszerűsítését jelentő előbb említett eljárásokat felhasználhatjuk — és valójában erre is használjuk — a közelítő módszerek csökkentett, de a nagy kiterjedés következtében még így is igen nagyszámú normálegyenleteinek gyorsabb megoldására.

A közelítő megoldások igen régi módja tudvalevőleg a háromszögláncolatok szerinti kiegyenlítés, amelynél a felsőrendű hálózat háromszögeiből a főkiegyenlítéshez egy, összefüggő láncolatokból álló rácsozatot, vázat kiemelünk, ezt kiegyenlítjük, s a kiegyenlítés után az egymással össze nem függő, megmaradt hálózati részeket, az ú. n. kitöltő hálózatot a rácsozat hézagaiba beleegyenlítjük. A hézagok háromszögeinek a főkiegyenlítésből való kihagyása a föltételi egyenletek számát, s így a számítási munkát nyilvánvalóan igen nagy mértékben csökkenti, ezzel szemben azonban a hézagok háromszögeinek későbbi kiegyenlítésénél a főkiegyenlítés eredményei, mint már változatlan (de mégse hibamentes) értékek a hézagok kiegyenlítési értékeit torzítják. E torzító hatás lehető csökkentését célozza Wolfnak az a javaslata [32], hogy a láncolatok kiegyenlítése és csomópontjainak megállapítása után ne a láncolatokat, hanem a teljes hálózatrészeket számítsuk a csomópontok között.

Ha most a láncolatok kiegyenlítésére szolgáló egyenletrendszerek megoldására is közelítő módszereket alkalmazunk, eljárásunk kétszeresen közelítő jellegű lesz. Célszerűségi okból mégis még mindig — helyesebben, a nagy hálózatok miatt újból — ezek vannak előtérben és az eddigi legnagyobb eredményeket is ezekkel érték el. Jellemző valamennyire, hogy az egyes láncolatrészeket szigorúan egyenlítik ki, s a közelítés abból áll, hogy az ebből nyert számítási eredmények úgy szerepelnek az összefogó kiegyenlítésben, mintha mérési eredmények lennének, holott ezek egymástól már nem független értékek.

Időrendben első helyen említjük itt Helmertnek 1886-ból való módszerét [36], melyet a nemrégiben meghalt szovjetorosz Kraszovszkij akadémikus

korszerűen átalakítva, leegyszerűsítve és kiegészítve a modern orosz hálózat kiegyenlítésére alkalmazott [37, 38, 39, 40]. Lényegileg ezt használta Ölander is a balti láncolat kiegyenlítésére [41]. Ezek már javított formáját jelentik a Bowie által 1927-ben az Északamerikai Egyesült Államok láncolatának kiegyenlítésére felhasznált módszernek [42]. Itt említjük meg, hogy Eggert idézett szigorú eljárása [27] szintén csak a láncolatok szigorú kiegyenlítését célozza, éppenúgy, mint Wolf ezt továbbfejlesztő módszere [32].

Meg kell itt említenünk még Urmajev szellemes módszerét [43, 44]; ő a láncolatokból számított geodéziai vonalak hosszával és azimutjával a pontbekapcsolás és ívmetszés egyesített feladata szerint egyenlíti ki az egymástól függetlennek tekintett értékeket. Ezt a módszert nemrégiben némi módosítással Marussi is felhasználta [45].

Ez a rövid áttekintés arról győz meg bennünket, hogy eddig legjobb tudomásunk szerint a láncolatok bevezetésén kívül más módszert a hatalmas számú normálegyenlet közvetlen csökkentésére nem javasoltak, mert a láncolatok csökkentett egyenleteinek további megoldása közelítő vagy szigorú módszerekkel már az előbbiekben letárgyalt más kérdés. Így fokozott figyelmet érdemelt munkatársamnak s intézetem magántanárának, dr. Hazay Istvánnak, az OFI főmérnökének az a gondolata: nem lehetne-e a háromszögek tömegét azzal csökkenteni, hogy bizonyos számú, pl. 15—20 háromszöget egy-egy számított háromszöggé összefoglalunk, s így sokkal kevesebb számított magasabbrendű háromszöget kapunk. Ez esetben az egész hálózat — s nemcsak a láncolatokból álló rácsozat — viszonylag könnyen kiegyenlíthető. Az elgondolás mint közelítő módszer csakugyan figyelmet érdemel. De csak mint közelítő módszer, mert az egy-egy számított háromszög szögei és oldalai ugyanazokból a mérésekből levezetett s így egymástól nem független értékek. Ugyanez áll a szomszédos számított háromszögek szögeire és oldalaira is, ha ugyanannak a mért háromszögnek adatai több számított háromszögben szerepelnek.

Az a kérdés mostan, miképpen lehetne a számított értékek függetlenségét biztosítani, s így az eddigi közelítő módszereket szabatosabbá tenni?

A Helmert szerinti parciálisan aequivalens fiktív mérések bevezetése [46; 293. old.] itt túl komplikált egyenletekhez vezetne, s így gyakorlatilag nem jelentene egyszerűsítést. Ha azonban az egyes számított háromszögek szögeinek mindegyikét külön-külön, tehát egymástól független mérésekből számítjuk ki, a kívánt függetlenséget már el is értük. Hogyan oldható meg ez gyakorlatilag? Ha minden háromszög szögét hatszor mérjük, akkor két-két mérés összevonásával az egy számított háromszögre eső összes mért háromszöget valamennyi odalfeltételi egyenletével egymástól függetlenül háromszor egyenlítjük ki, még pedig úgy, hogy mérési eredmény gyanánt mindig két más szög középértéke szerepeljen. Minthogy a három kiegyenlítés csak a tiszta tagokban tér el egymástól, ez gyakorlatilag többletmunkát az egy kiegyenlítéssel szemben alig jelent. Minden kiegyenlítésből a számított háromszögnek

csak egy szögértékét vesszük át, így a számított háromszög szögei egymástól függetlenek maradnak.

A következő probléma most már, hogyan válasszuk a két-két mérési értéket, s a kiegyenlített nagy háromszög minden szögére eső három független érték közül melyiket tartsuk meg a számított háromszögek hálózatának a kiegyenlítéséhez. Az első kérdés eldöntésénél a következő elgondolásból indulhatunk ki. A szögeket célszerűen továbbra is a Schreiber-féle szögmérés szerint mérjük, ez azonban azt jelenti, hogy P akkor 24 helyett 36-nak volna választandó. Az állomáskiegyenlítésből megkapjuk a mért szögek legvalószínűbb értékeit. A hat mérést most már minden szögnél úgy csoportosíthatjuk, hogy a két-két mérés középértéke lehetőség szerint a számított legvalószínűbb értéket legjobban megközelítse. Így a kevesebb mérésnek a kiegyenlítésbe való bevitele folytán előálló pontosságcsökkenést az értékek egymástól való függetlenségének fenntartása mellett jelentékenyen ellensúlyozzuk. A kiválasztás okozta kényszer pedig nem több, mint az, amely egy mérési sorozat kiütő értékeinek elhagyásakor keletkezik. Sőt, mivel így fokozatosan biztosabb, hogy nagyobb pozitív mérési hiba nagyobb negatívval, és kisebb pozitív hiba kisebb negatívval kerül össze, a hibák szorzatos tagjai már két mérésnél is megsemmisítetteknek tekinthetők, s így a hibahalmozódás megnyugtatóan a középhibák ismert négyzetes összetevődésében vehető fel. A kiszámított háromszög egyes szögeire kapott három érték közül — minden kiegyenlítésből egy másik szögét — úgy választjuk ki, hogy ez a megfelelő három értékből számított középértékhez legközelebb essen. Ez. további út a kevesebb mérés pontosságcsökkentésének kompenzálására. Minthogy ugyanazon kiegyenlítés három számított szöge mellett háromszögzárlati hiba nincsen, ugyanez érvényes a három kiegyenlítés megfelelő szögeinek középértékére is, s így a szögek fenti kiválasztása egyszersmind a számított szögek függetlensége mellett a legkisebb háromszögzárlati hibát is jelenti. A három érték közötti eltérésekből egyébként szögenként külön és összesítve pontossági mérésszámot is vezethetünk le, amelyet a főhálózat kiegyenlítésénél hasznosíthatunk.

Mi történjék végül a két számított háromszög határán fekvő mért háromszögekkel? Ha mindkét számított háromszögben szerepelnek, akkor ezek számított szögei nem lesznek függetlenek egymástól. Ha élesen elhatároljuk a mért háromszögeket, s minden mért háromszög csak egy számított háromszögben fordul elő, akkor az elválasztó vonalon fekvő pontokra mint centrumokra vonatkozó oldalfeltételi egyenletek esnek el. Mi ez utóbbit véljük célszerűbbnek, mert ennél kisebb számítási munka mellett a főhálózat szögeinek teljes függetlensége biztosítva van, s az így elhanyagolt odalfeltételi egyenletek száma (a háromszögfeltételiek mind szerepelnek) összehasonlíthatatlanul kisebb, mint a sokaktól szigorú kiegyenlítésnek tekintett láncolatok esetében, amelyeknél még igen tekintélyes számú szögfeltételi egyenlet is elmarad. Könnyű belátni egyébként, hogy az elhanyagolt oldalfeltételi egyenletek száma a számításba

bevitt oldalfeltételi egyenletekhez viszonyítva annál kisebb, mentül több háromszöget vonunk össze egy számított háromszögbe, mert az első a számított háromszög kerületével, ez utóbbi azonban a területével arányos. E szempontnak kontinensrészek hálózatának kiegyenlítésénél lehet jelentősége.

A számított háromszögekből keletkező hálózatot természetesen valamennyi oldalfeltételi egyenletével együtt tovább egyenlítjük ki, ami a pontosság fokozása révén a mérések számának a kezdetnél végrehajtott csökkentését egy harmadik úton is ellensúlyozza. A háromszögek alakjának kellő megválasztása mellett szögeinek súlyát legtöbbször egyenlőnek vehetjük, de annak nincsen akadálya, hogy az előbbiek értelmében súlyait meghatározva a kiegyenlítésbe bevigyük. Mintegy 150—200 km-es oldalakat föltételezve, minden háromszögelési pont egyszersmind Laplace-pont is lehet. A keletkező feltételi egyenletek száma még így is igen mérsékelt, úgyhogy a függővonal-elhajlások minimumának biztosítása céljából nincs különösebb akadálya annak, hogy a főhálózat kiegyenlítését jobb simulás elérése céljából akármegismételjük.

A főhálózatnak az előbbiekben vázolt módon való kiegyenlítése után, ennek pontjai segítségével a mért háromszögek pontjait természetesen valamennyi feltétel figyelembe vételével egyenlítjük ki, amint ezt a *láncolatok* kiegyenlítése után Wolf is javasolja.

A felsőrendű hálózatok kiegyenlítéséről itt kifejtett elgondolásaink csak előzetes közlésnek tekintendők, s azt a folyamatba vett vizsgálatok még jelentősen módosíthatják. Jelen állapotban való közlését az magyarázza, hogy Akadémiánk Műszaki Osztályának felkeresésére a folyamatban levő felsőgeodéziai vizsgálatokról már most kell beszámolót tartanom. Úgy véljük azonban, hogy a felvetett gondolatok a velük való kísérletezést megérdemlik, mert nem egy, az eddigi módszerektől jelentékenyen eltérő nézetet és szempontot tartalmaznak.

*

Felsőrendű háromszögelésünk korszerű végrehajtása az előbbiek szerint földrajzi helyzetmeghatározásokat is követel. A földrajzi szélességnek, illetve sarkmagasságnak a megmérése az Országos Földméréstani Intézet, illetve elődje, az addig használt Sterneck-féle módszer mellé a Horrebow—Talcott-módszert is bevezette, amelynél tudvalevőleg pontos magassági körre nincs szükségünk, mert az északi és déli csillag zenittávolságainak különbségét okulármikrométerrel mérjük. A pontosság további fokozására a mérés elég nagyszámú (30—50) csillagpárral történik, s ez kiegyenlítési problémát vet fel, amelynek szabatos megoldása ugyancsak hozzájárul a pontosságnak a századszögmásodperc nagyságrendig való biztosításához.

A számítás kiinduló képlete tudvalevőleg: ha δ_D és Z_D a déli csillag deklinációját és zenittávolságát, míg δ_E és Z_E az északiét jelenti:

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\delta_D + \delta_{E'}\right) + \frac{1}{2}\left(Z_D - Z_{E'}\right) \tag{1}$$

Ha a mikrométer megfelelően korrigált leolvasásait m_D és $m_{E'}$-vel, egy csavarkörülfordulásnak szögértékét R-rel s a refrakciós javítást a két zenittávolság között Δr-rel jelöljük, a következő kifejezést kapjuk:

$$\varphi = \frac{1}{2}\left(\delta_D + \delta_{E'}\right) + \frac{1}{2}R\left(m_D - m_{E'}\right) + \Delta r \tag{2}$$

Ha most R-t külön meghatározzuk, s a fenti képlet számításánál ismertnek feltételezzük, akkor csak egy ismeretlenünk, φ van, de a különböző mérésekből 2. szerint számított egyes értékek nem egyforma súlyúak. Az egyes csillagoknak a csillagkatalógusból kivett valószínű hibáiból tudvalevőleg 1,4826-tal való szorzás útján középhibáikat kiszámíthatjuk, míg az egyes csillagpárok mikrométer-leolvasási félkülönbségének μ_M középhibái ugyanazon csillagpár kölönböző napokon történt mérésének a megfelelő középértékhez viszonyított eltéréseiből számíthatók. Ezen számítás alapján μ_M-t már szögértékben kapjuk. Ezek szerint az i-dik csillagpáré lesz:

$$\mu_{M,i} = \pm\sqrt{\frac{[vv]_i}{n-1}} \tag{3}$$

Ez utóbbiban azonban nemcsak a beállítási és leolvasási hibák, hanem a refrakció ingadozása és a deklinációk számításba nem vett, a holdnutáció okozta bizonytalansága is bentfoglaltaknak. Ha tehát $\mu_{D,i}$ és $\mu_{E,i}$ az i-dik csillagpár csillagai deklinációjának középhibája, $\mu_{M,i}$ az i-dik csillagpárra az előbbiek szerint számított középhiba, úgy az i-dik csillagpárra vonatkozó valamennyi mérésnél ez egyenlő nagynak vehető, s így az ezen csillagpárra vonatkozó valamennyi 2. szerinti egyenlet egyszerű középértékéből kapjuk az *illető csillagpárból* számított φ legvalószínűbb értékét φ_i-t, amelyet azonban főképpen még az illető csillagpár deklinációinak hibája terhel.

Mennyi lesz most ezen csillagpárra a vonatkozó középérték középhibája?

Ha föltételezzük, hogy a két csillag deklinációinak hibája valamennyi mérésnél azonos, s csak a mikrométer-leolvasást terhelő hibák váltakoznak az egyes méréseknél, úgy az i-dik csillagpár n méréséből számított φ_i középérték $\mu^2_{\varphi,i}$ középhibanégyzete, és ebből $p_{\varphi,i}$ súlya:

$$\mu^2_{\varphi,i} = \frac{\mu^2_{D,i} + \mu^2_{E,i}}{4} + \frac{\mu^2_{M,i}}{n} \quad \text{illetve:} \quad p_{\varphi,i} = \frac{1}{\frac{\mu^2_{D,i} + \mu^2_{E,i}}{4} + \frac{\mu^2_{M,i}}{n}} \tag{4}$$

Lényegileg így adta meg a súlyt már Herr és Tinter [47;444.old.] is. Valamennyi csillagpárra külön-külön kiszámítjuk a 2. szerinti φ-értékek egyszerű közép-

értékét és ebből kapjuk ugyancsak Herr és Tinter szerint a végleges súlyos középértéket valamennyi csillagpárból :

$$\varphi = \frac{[p\varphi]}{[p]} \tag{5}$$

Itt most két kérdés vetődik fel. Az első, hogy mi lenne a képlet, ha ugyanazon csillagpár deklinációinak hibája is változna a mérés alatt. Akkor nyilvánvalóan ugyanazon csillagpár mérési számának négyzetgyökével ennek középhibája is csökkene, s a 4. szerinti $p\varphi_i$-ben n a számlálóba kerülne. Azonban erről nem lehet szó, mivel a deklináció ingadozásai a középértéktől való v eltérésekben is mutatkoznak, s így 3. szerint $\mu_{M,i}$-t terhelik. Herr és Tinter is a deklinációk hibáiról mint ugyanazon csillagpár valamennyi mérését terhelő konstans hibáról beszél [47 ; 444. old.]

A második kérdés $\mu_{M,i}$ pontosabb meghatározására vonatkozik. Herr és Tinter nem elégszenek meg ugyanis az egy csillagpárra vonatkozó $\mu_{M,i}$ kiszámításával, hanem valamennyi N csillagpár kiszámított középhibájából a mérések n számának megfelelő n-1, illetve n súllyal**) a

$$\mu_M^2 = \frac{[n\mu_{M,i}]_1^N}{[n]} = \frac{[vv]_I + [vv]_{II} + \cdots + [vv]_N}{(n_I + n_{II} + \cdots + n_N) - N} \tag{6}$$

kifejezés útján megbízhatóbb értéket vélnek számítani. Ebben $[vv]_I \ldots [vv]_N$ az első, ... N-dik csillagpár középértékére vonatkoztatott javítások négyzetösszege, $n_I, \ldots n_N$ az első, ... N-dik csillagpárra vonatkozó mérések, s N a mérésnél felhasznált csillagpárok száma. Minthogy azonban kisszámú mérésnél azok középértéke is megbízhatatlan, s lényegesen eltérhet a valódi értéktől, az ilyen középértékekre vonatkoztatott $[vv]$ sem lesz sokkal megbízhatóbb s így az utóbbiakból (6) szerint számított μ^2_M sem lényegesen pontosabb. Sőt meg is állapíthatjuk, hogy valamennyi $[vv]$ kisebb a kelleténél, még pedig annál kisebb, mentül nagyobb az eltérés a számított φ_i és végtelen sok mérés mellett fellépő értéke között, azaz általában mentül kevesebb mérést végeztünk ugyanarra a csillagpárra. Ezt ugyan a nevezőnek n helyetti (n—1) értéke részben kompenzálja, azonban egész kis számú mérésnél a középhibák csökkenési és terjedési törvényeinek feltételei hiányzanak. Ha tehát még legújabban is a svájciak igen sok csillagpárra, de páronként csak két mérést végeztek [48 ; 102—103. old.], az így (6) első képlete szerint számított középhiba eltorzulásával kell számolni, s ezen az sem változtat, hogy ezt igen nagy számú csillagpárból számították ki. Éppen ezért nem meggyőző Engi azon eredménye [47 ; 102. old.), amely szerint ugyanarra a csillagpárra a különböző napokon végzett

**) Ezt használja Engi [48 ; 102—103. old.] míg Herr és Tinter az (n — 1) súlyt alkalmazza. Ez utóbbi Bessel vizsgálatai szerint a szabatosabb, s így fenti (6) egyenletünkben a obboldal második kifejezése a megbízhatóbb. [49 ; 116. old.] Mentől nagyobb N viszonyítva $[n]$-hez, azaz mentől nagyobb számú csillagot mérünk egyenkint kevésszer, annál torzítottabban kisebb értéket ad az első képlet.

mérésekből kisebb középhibát kapott, mint ugyanazon nap különböző, de rendszerint nagyobb számú csillagpárjaiból. Az előbbiek alapján a két középhiba között jelentős különbség alig lehet, s ennek okát abban látjuk, hogy a refrakció ingadozása a számított értéktől ugyanarra a csillagpárra a különböző napokban egyenlő nagyságrendű a különböző csillagpárok deklináció-hibáival.

A fentiek értelmében μ_M megbízhatóságát úgy fokozhatjuk a legcélszerűbben, ha az egyes csillagpárokra eső méréseknek a számát *is* növeljük. Ekkor azonban már az egyes csillagpárokra vonatkozó (3) szerinti kifejezés is elég megbízható értéket ad, s nincs szükség a pontosságot alig fokozó (6) szerinti középérték-képzésre. Ez utóbbi még egy másik okból sem igen ajánlatos. A refrakció értéke s ennek ingadozása függ a zenittávolság nagyságától, a megirányzási hiba értéke a csillag láthatóságától is. Így a (3) szerinti középhiba e finomságokat minden csillagpárnál külön tekintetbe veheti. Ezért egy csillagpár legalább négyszeres mérését kívánatosnak tartjuk. Mint tudjuk, ugyanazon csillagpár állandó jellegű deklináció-hibája hatását φ-re több csillagpár felhasználásával véletlen jellegűvé változtatjuk: hiba azonban a csillagpárok számának csak a négyzetgyökével csökken, s így 30-on felül alig mondhatógazdaságosnak. Sokkal hatásosabb kis középhibájú csillagpárok kikeresése és mérése.

A tapasztalat azt mutatta, hogy sok esetben célszerű magát a csavarkörülfordulásnak R értékét is a kiegyenlítésbe ismeretlen gyanánt belevonni, s magából a kiegyenlítésből meghatározni. Ha (2) képletünkbe a keresett ismeretlenek célszerűbb kiszámítására a φ_0 és R_0 közelítő értékeket vezetjük be, s az i-dik csillagpár deklinációi félösszegének — a következőkben csak egy-egy mérésre vonatkozó — javítását $v_{\delta,i}$-vel, a mikrométer-leolvasás különbségét $v'_{M,i}$-vel jelöljük, a következő kifejezést nyerjük:

$$\varphi_0 + \Delta\varphi = \frac{\delta_{D,i} + \delta_{E',i}}{2} + v_{\delta,i} + (R_0 + \Delta R)\left(\frac{m_{D,i} - m_{E',i}}{2} + v'_{M,i}\right) + \Delta r_i \quad (7)$$

Megfelelő rendezés után s tekintetbe véve, hogy

$$\frac{1}{2}(\delta_{D,i} + \delta_{E',i}) + \frac{1}{2} R_0 (m_{D,i} - m_{E',i}) + \Delta r_i = \varphi_i \quad (8)$$

az i-dik csillagpárból számított földrajzi szélességet jelenti, továbbá, hogy $v'_{M,i}$ helyett célszerű ennek a szögértékét, $R\,v'_{M,i} = v_{M,i}$-t bevezetni, a következő kifejezést kapjuk:

$$v_{\delta,i} + v_{M,i} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D,i} - m_{E',i})}{2} \Delta R + (\varphi_i - \varphi_0) = 0 \quad (9)$$

Minthogy azonban ugyanarra a csillagpárra is több mérésünk van, helyesebb lesz a következőkben a csillagpárok számozását római szám mal s ezenbelül az egyes méréseket arabs-számmal megkülönböztetni. Így a következő egyenleteket nyerjük:

$$
\begin{aligned}
&v_{\delta,I} + v_{M.I.1} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D.I.1} - m_{E'.I.1})}{2}\Delta R + (\varphi_{I.1} - \varphi_0) = 0\\
&v_{\delta,I} + v_{M.I.2} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D.I.2} - m_{E'.I.2})}{2}\Delta R + (\varphi_{I.2} - \varphi_0) = 0\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&v_{\delta,I} + v_{M.I.n} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D.I.n} - m_{E'.I.n})}{2}\Delta R + (\varphi_{I.n} - \varphi_0) = 0\\
&v_{\delta,II} + v_{M.II.1} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D.II.1} - m_{E'.II.1})}{2}\Delta R + (\varphi_{II.1} - \varphi_0) = 0\\
&v_{\delta,II} - v_{M.II.2} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D.II.2} - m_{E'.II.2})}{2}\Delta R + (\varphi_{II.2} - \varphi_0) = 0\\
&\cdot\\
&\cdot\\
&\cdot
\end{aligned}
\tag{10}
$$

Amint látjuk, a különböző súlyú feltételes mérések meg nem mért ismeretlenek esetével állunk szemben, amelynek a további megoldása ismert. A javítások súlyai a középhibák négyzetével fordítva arányosak, tehát:

$$
p_{\delta,I} = \frac{1}{\frac{\mu_{D.I}^2 + \mu_{E'.I}^2}{4}} \qquad p_{M.I.1} = \frac{1}{\mu_{M.I.1}^2} \tag{11}
$$

Lényegileg ezt vezette le már volt munkatársunk is, dr. Milasovszky Béla, jelenleg a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen a geodézia tanára, megjelenés előtt álló tanulmányában [50]. Ugyanő szabatos logikával kimutatta azt is, hogy a Svájci Geodéziai Bizottságtól kiadott, Bern és Gurten földrajzi szélességére vonatkozó kiegyenlítés [48; 104. old.] súlyainak meghatározása hibás, mivel, ha $v_{\delta,I} + v_{M.I.1}$-et egy fiktív $\lambda_{I.1}$ javítássá vonjuk össze, mint a svájciak tették, úgy ennek súlya (11)-ből:

$$
p_{\lambda,I.1} = \frac{1}{\frac{\mu_{D.I}^2 + \mu_{E'.I}^2}{4} + \mu_{M.I.1}^2} \tag{12}
$$

és nem a Herr—Tinter által megadott (4) szerinti kifejezés, amely csak az egyes csillagpárokra kapott középértékekre vonatkozhatik. Mi ennél még egy lépéssel tovább megyünk, s azt állítjuk, hogy nemcsak a súly megállapítása téves, hanem a javításoknak fiktív javítássá való összevonása is, mivel egy-egy csillagpár javítása több fiktív javításban is szerepel, s így nem függetlenek egymástól. A szigorú kiegyenlítésnél tehát ezek a javítások össze nem vonhatók.

Itteni (10) szerinti egyenleteink száma annyi, ahány mérést végeztünk, s minthogy még két meg nem mért ismeretlenünk, $\Delta\varphi$ és ΔR is van, a megoldandó egyenletek száma a (10) szerintieknél még kettővel több. A hatalmas számítási munka leegyszerűsítésére több módunk lehet.

Egy közelítő eljárás keletkezik akkor, ha az egy-egy csillagpárra vonatkozó javítási egyenleteket egy-egy javítási egyenletbe vonjuk össze, minthogy ΔR koefficiensei és a tiszta tagok csak kis értékekkel különböznek egymástól. Tehát :

$$v_{\delta,I} + \frac{v_{M,I,1} + v_{M,I,2} + \cdots}{n_I} - \Delta\varphi + \frac{(m_{D,I,1} - m_{E',I,1}) + (m_{D,I,2} - m_{E',I,2}) \cdots}{2n_I} +$$

$$+ \left(\frac{\varphi_{I,1} + \varphi_{I,2} + \cdots\cdots}{n_I} - \varphi_0 \right) = 0 \qquad (10a)$$

Ha most a $v_{\delta,I} + \frac{v_{M,I,1} + v_{M,I,2} + \cdots}{n_I} = -\lambda_I$ fiktív javítást bevezetjük, —

minthogy egy-egy csillagpár javítása csak egy-egy egyenletben szerepel — ennek súlya éppen a svájciaktól használt súlynak felel meg. Ugyanakkor a normálegyenletek száma is kettőre csökken. *A svájci módszer ezek szerint használható közelítő módszer, ha nem a csillagpárok minden egyes mérésére, hanem az egyes csillagpárok méréseinek középértékére alkalmazzuk.* A svájci. súly ilyen alkalmazására Milasovszky is céloz, mi itt csak jó közelítő jellegét szeretnők kiemelni.

A másik, Milasovszky alkalmazta módszer az egyes mérések javításait vonja össze egy-egy fiktív javítássá, tehát :

$$v_{\delta,I} + v_{M,I,1} = -\lambda_{I,1} \qquad (13)$$

Ennek súlyát azonban Milasovszky előbbi (10a) egyenletünk értékében — ellentétben Engivel — szabatosan vezette le. Ez a megoldás is két normálegyenlethez vezet, de feltételezi, hogy az egyes λ-k egymástól teljesen függetlenek, azaz ugyanazon csillagpár v_δ javításai az egyes egyenletekben egészen különböző, sőt ellentétes előjelű értéket is kaphatnak. Ennek feltétele, hogy ugyanazon csillagpár deklinációinak hibái a különböző méréseknél a Gauss-féle haranggörbét kövessék. Hogy ez szigorúan megengedett-e, vita tárgya lehet. Ha azonban ugyanazon csillagpár deklináció-összegét minden mérésnél más hibával terheltnek tételezzük fel (mert csak ekkor kaphatnak független javításokat), akkor helytelen Herr és Tinter itten (4) alatt közölt középhibája, mert ebben az esetben az n mérés középértékében a deklináció középhibájának is csökkenni kell.

Egyszerűsítést a kiegyenlítés *szigorú* voltának megtartása mellett véleményünk szerint legegyszerűbben úgy érünk el, hogy az egyes csillagpárok $v_{\delta,I}, v_{\delta,II} \cdots$ javításait is mint ismeretleneket visszük be a kiegyenlítésbe. Ezáltal $N + 2$ ismeretlenünk lesz :

$$
\begin{aligned}
v_{M,I,1} &= -v_{\delta,I} + \Delta\varphi - \frac{(m_{D,I,1} - m_{E',I,1})}{2}\Delta R - (\varphi_{I,1} - \varphi_0) \\
v_{M,I,2} &= -v_{\delta,I} + \Delta\varphi - \frac{(m_{D,I,2} - m_{E',I,2})}{2}\Delta R - (\varphi_{I,2} - \varphi_0) \\
&\cdot \\
&\cdot \\
v_{M,II,1} &= -v_{\delta,II} + \Delta\varphi - \frac{(m_{D,II,1} - m_{E',II,1})}{2}\Delta R - (\varphi_{II,1} - \varphi_0) \\
v_{M,II,2} &= -v_{\delta,II} + \Delta\varphi - \frac{(m_{D,II,2} - m_{E',II,2})}{2}\Delta R - (\varphi_{II,2} - \varphi_0) \qquad (14) \\
&\cdot \\
&\cdot \\
v_{M,N,1} &= -v_{\delta,N} + \Delta\varphi - \frac{(m_{D,N,1} - m_{E',N,1})}{2}\Delta R - (\varphi_{N,1} - \varphi_0) \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot
\end{aligned}
$$

A megoldás még ennél az egyszerűsítésnél is (v. ö. [52; 249. old.]) kétségtelenül sokkal hosszabb a két ismeretlen kiszámításánál. *A sarkmagasság meghatározása azonban a felső geodézia alapvető mérései közé tartozik, s a többhetes mérési munka mellett a néhány napos szigorú kiegyenlítés nem aránytalan művelet.* Ez is legfeljebb arra int, hogy a különböző csillagpárok számával ne menjünk túl messze, s a pontosságot inkább megbízhatóbb deklinációjú csillagok kiválasztásával fokozzuk.

Érdekes, hogy Niethammer [51; 74. old.] R-nek az együttes kiegyenlítés útján való meghatározását pontatlanabbnak tartja ΔR és R külön és független meghatározásánál, mivel az előbbinél a zenittávolságok különbségét a libellák hibái is terhelik, míg az utóbbinál a libellák csak a műszer állótengelye esetleges változásának ellenőrzésére szolgálnak. Niethammernek elvileg igaza van, csak nem veszi tekintetbe azt a hatalmas fölös számú mérést, amelyből $\Delta\varphi$-t és $\triangle R$-t számítjuk, s amelyeknél a libellák hibájának hatása is ismert módon a mérések számának négyzetgyökével csökken. Ennél sokkal kevesebb számú méréssel szokták R-t közvetlenül meghatározni. De eltekintve ettől, maga Niethammer állapítja meg, hogy a szállítások és hőmérsékleti viszonyok miatt R nem tekinthető változatlannak. A minden álláspontón R meghatározására szükséges nagyszámú különmérés helyett célszerűbbnek látszik tehát R értékét állomásonként magukból a sarkmagasságmérésekből kiszámítani. Sőt a hőmérsékleti hatások lehető kiküszöbölésére azon is gondolkodni lehetne, nem kellene-e esténkint más és más $\triangle R$-t mint ismeretlent kiegyenlítésünkbe bevinni. Elég nagyszámú naponkénti csillagpárnál ezt kikísérletezendőnek tartanók, de ebben az esetben a (10a) szerinti jó közelítő módszer nem használható.

A fenti (14) szerinti kiegyenlítési mód eredményeképpen az egyes csillagpárok deklinációira meghatározott javításokat kapunk. *Szerény véleményünk szerint érdemes lenne a különböző kiegyenlítésekből nyert eme javításokat pl. a*

Nemzetközi Geodéziai Asszociáció útján központosan nyilvántartani, mert ugyanarra a csillagpárra a különböző helyek kiegyenlítéseiből nyert javítások közötti összhang deklinációik értékének megjavításához vezethet. A párként használható csillagkombinációk száma amúgy sem nagy. Itt említjük meg, hogy egyre jobban terjed az az irányzat, amely a már kiegyenlített értékeknek, pl. fejlesztett alapvonalaknak a további kiegyenlítésénél középhibájuknak megfelelő javítást ad, azaz nem tekinti őket változatlan értékeknek. Ez az elv jutna kifejezésre a mérésekből számított deklinációk további megjavításában is.

Nem lenne egyébként akadálya annak sem, hogy a deklinációknak a holdnutáció okozta ingadozásait is tekintetbe vegyük, ha ez a mikrométer leolvasásokban nem szerepelne. Ebben az esetben ugyanazon csillagpár deklinációinak változó javításait két javításból kellene összetenni:

$$v_{\delta, I, 1} = v_{\delta, I} + \mathfrak{V}\delta_{I, 1} \tag{15}$$

Ezek közül $v_{\delta, I}$ ugyanannál a csillagpárnál állandó, s a deklinációk eredeti kiszámításának bizonytalanságát veszi tekintetbe, míg $\mathfrak{V}_{\delta, I, 1}$ az ingadozásnak megfelelő javítás. Súlyaikat a két rész ismert vagy becsült középhibáiból számíthatjuk. Ezzel elkerülhetjük, hogy ugyanazon csillagpár javításai az ingadozások indokolta nagyobb mértékkel térjenek el egymástól. A javítások ilyen széjjelbontásának elvi jelentősége lehet, s más problémáknál esetleg nagyobb szerephez juthat.

*

Kiegyenlített eredményeinket tudvalevőleg valamilyen koordinátarendszerben ki kell fejeznünk, s valamilyen vetületben a síkban ábrázolni kell tudnunk. A szomszédos államokkal való összhang céljából erre átmenő nemzetközi rendszereket ajánlatos választani, amire mai tudásunk szerint a Gauss—Krüger rendszer a legmegfelelőbb, helyesebben az egyedüli megfelelő rendszer. Minthogy Magyarország most áll az előtt a feladat előtt, hogy a régi mérésektől függetlenül, korszerű felsőrendű hálózatát megteremtse, most a legalkalmasabb az idő a régi sztereografikus és az 1908-ban nem egészen szerencsésen bevezetett ferdetengelyű hengervetület elhagyására, és az új felsőrendű hálózat részére, s az ahhoz kapcsolódó minden további méréshez a Gauss—Krüger koordinátarendszer bevezetésére, amelyet a Szovjetunió az elsők között már 1930-ban használatba vett. Ugyanez a legjobb alkalom arra is, hogy a régi Bessel-féle ellipszoid helyett a viszonyainknak sokkal jobban megfelelő nemzetközi ellipszoidra térjünk át. Mint már előadásom elején jeleztem, javaslatunkra az Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottsága ez évben új hálózatunk részére a nemzetközi ellipszoidot és a Gauss—Krüger koordinátarendszert fogadta el. Ennek alapján haladéktalanul megindultak a szükséges előmunkálatok, amelyeket dr. Hazay István egyetemi magántanár, OFI főmérnökkel együtt végeztünk. Bár a Gauss—Krüger koordinátarendszernek igen tekintélyes nemzetközi

irodalma van, sikerült e téren, különösen az egyik koordinátarendszerből a másikba való átszámításnál, számottevően új eredményeket elérni. Erről dr. Hazay István előadása számol be, s itt csupán azt említjük meg, hogy a számításokhoz szükséges módszert és táblázatokat szándékunkban van a jövő év folyamán nyomtatásban kiadni. Kérjük ehhez az Akadémia támogatását.

*

A felsőgeodézia és a geofizika határterületén mozognak tudvalevőleg a gravitációs mérések. A felső-geodézia nem nélkülözheti a Föld alakjának meghatározásánál, a legjobban simuló ellipszoid kiszámításánál, sőt sok más helyen, pl. a szintezések javításainak kiszámításánál sem. Az alkalmazott geofizika pedig a földalatti tömegegyenetlenségek kimutatása útján a hasznosítható ásványi anyagok felkutatásának egyik fontos módszerét látja benne. Egy egységes, országos gravitációs alapponthálózat tehát mindkét szempontból fontos lenne. Ehhez azonban elsősorban legalább egy, nemzetközi alappontokkal összekötött kiinduló főalappontra van szükségünk. Ezért Akadémiánk Geodéziai és Geofizikai Bizottsága ez év folyamán javaslatot tett az Akadémiának, találjon módot arra, hogy a következő évben nemzetközi együttműködéssel legalább egy magyar gravitációs főalappont a pulkovoi és a potsdami gravitációs alappontokkal összeméressék, hogy ezáltal ennek a kiinduló pontnak gravitációs értékét korszerű pontossággal levezethessük.

Korszerű graviméteknél a mérési pontosság tudvalevőleg már egy nagyságrenddel múlja felül a gravitációs értékekben a Nap és a Hold okozta változásokat. Gravitációs méréseknél ezért most már fontossá vált a mérés időpontjának a feljegyzése, s a gravitációs értékeknek változásuk tekintetbevételével egy egységes helyzetre való átszámítása. Geodéziai és Geofizikai Bizottságunk erre is javaslatot tett. Tartozunk ennek a megteremtésével a gravitáció világhírű magyar kutatója, Eötvös Lóránd emlékének is.

Hazánk gravitációs térképének elkészítésénél még számos más probléma is felmerül, amelyekre az idő rövidsége miatt kitérni már nincs módomban. Még csak egyre legyen szabad rámutatnom. Az Eötvös-inga mérésekből számított gravitációs különbségek és a graviméterekkel mért gravitációs különbségek sok helyen bizonyos eltéréseket mutatnak, s a két módszer szerint számított gravitációs rendellenességek izogammái eltérnek egymástól. Kísérletet tettünk arra, hogy a két módszer egyezését a közöttük fennálló feltételi egyenletek felállításával és szigorú kiegyenlítésével biztosítsuk. Erre vonatkozó vizsgálataink már nyomtatásban napvilágot láttak [53], s így itt nem ismertetem őket. Befejezésül csupán azt említem, hogy a végzett kísérletek szerint az Eötvös-ingával mért gradiensek szigorú kiegyenlítése a belőlük számított izogammákat — a graviméteres pontok között fennálló feltételeknek a kiegyenlítésénél való tekintetbevétele nélkül is — jóval közelebb hozta a graviméterek izogammáihoz, mint a szigorú kiegyenlítés előtt.

Nem lehet célja vázlatos előadásomnak, hogy az intézetünkben folyó minden felső-geodéziai kutatásról beszámoljon, ezért ezzel előadásomat befejezem. Szíves türelmüket így is erősen igénybevettem, amiért őszinte köszönetet mondok.

IRODALOM

1. *Tauno Honkasalo:* Measuring of the 864 m-long Nummela standard base with the Väisälä light interference comparator and some investigations into invar wires. Suomen Geodeettisen Laitoksen Julkaisuja. No. 37, 1950.

2. *E. Harbert:* Tafeln für die Horizontalreduktion bei Grundlinienmessung mit Invardrähten. Allg. Vermessungsnachr. 1927. év, 141—150. l.

3. *A. Haerpfer:* Der neue Basisapparat des Geodätischen Instituts der deutschen Technischen Hochschule in Prag. Hauptverband d. deutschen Ing. Mitteil. 1931. év, 21—22. füzet.

4. *V. R. Ölander:* Die Neigungskorrektion bei der Grundlinienmessung mit Jäderin-Drähten. Zeitschr. f. Vermessungswes., 1934. év, 110—114. l.

5. *L. B. Stewart:* A method of base line measurement. University of Toronto. Faculty of applied science and engineering school. Bulletin No. 7, 1927, 293—311. l.

6. *E. Gigas:* Handbuch für die Verwendung von Invardrähten bei Grundlinienmessungen. Berlin, 1934.

7. A behajlás és a megnyúlás okozta hosszváltozás bázismérésre szolgáló drótoknál és szalagoknál. Geodéziai Közl. 1934. év, 57—73. l.

8. Über die Neigungskorrektion der Jäderin-Drähte. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1935. év, 705—718. l.

9. Über die Parameterveränderung bei den Jäderin-Drähten. Zeitschr. f. Vermessungswes., 1939. év, 106—113. l.

10. Über die Dehnungskorrektion der Jäderin-Drähte. Zeitschr. f. Vermessungswes., 1939. év, 178—184. l.

11. On the influence of wind in connection with Jäderin wires. Bulletin géodésique, Nouv. série No. 3. (1947.) 23—48. l.

12. A szélnyomás hatása a Jäderin-drótokra. Földméréstani Közl. 1950. év, 2—14. l.

13. *E. Lindinger:* Über die Neigungskorrektion bei der Grundlinienmessung mit Jäderin-Drähten. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1937. év, 135—146. l.

14. *Regőczi Emil:* A gödöllői országos összehasonlító alapvonal. Az Állami Földmérés Közleményei, 4. sz., 1942.

15. *Pentti Kalaja:* Die Grundlinienmessungen des Geodätischen Institutes in den Jahren 1933—1939 nebst Untersuchungen über die Verwendungen der Invardrähte. Suomen Geodeettisen Laitoksen Julkaisuja No. 31. 1942.

16. *K. Reicheneder:* Der Windeinfluss bei Basismessungen mit Invardrähten. Mitteil. d. Reichsamts f. Landesaufnahme, 1937. év, 62—76. l.

17. Über den Einfluss der systematischen Winkelfehler auf die Ausgleichung der Dreiecksnetze. Soproni Közlemények, 1940. év, 24—37. l.

18. *F. R. Helmert:* Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie I. Teil, 1880. 560—562. l.

19. *J. Levallois:* Compensation des réseux géodésique par la méthode des gisements. Bulletin géodésique, Nouv. série No. 3. (1949.) 49—82.

20. *H. Boltz:* Entwicklungsverfahren zum Ausgleichen geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate. Berlin, 1923.

21. *H. Boltz:* Substitutions- Verfahren zum Ausgleichen grosser Dreiecksnetze in einem Guss nach der Methode der kleinsten Quadrate. Potsdam, 1938.

22. *O. v. Gruber:* Ein vereinfachtes Rechenschema zur Auflösung der Normalgleichungen für Rechenmaschine. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1925. év, 133—140. l.

23. *B. Hallert:* Über einige Verfahren zur Lösung von Normalgleichungen. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1943. év, 238—244. l.

24. *T. Banachiewitz:* Ein Beispiel der Krakovianantechnik in der Methode der kleinsten Quadrate. Acta Astronomica, Sér. c. Vol. 3. Cracovie, 1936. 146. és köv. l. Egy legújabb módosítása Berandinotól származik: Formule ricorrenti per la risoluzione graduale dei sistemi di equazione algebriche lineari. Rivista del Catasto stb., 1950. év 122—125. l.

25. *K. Friedrich:* Über das Boltz'sche Substitutionsverfahren. Zeitschr. für Vermessungswes. 1940. év. 6—23. és 49—64. l.

26. *L. Asplund:* Über einige Methoden für die Ausgleichung grosser Dreiecksnetze, Stockholm, 1945.

27. *O. Eggert:* Über die Ausgleichung grosser Dreiecksnetze. Verhandl. der 9. Tagung d. Baltisch. Geodät. Kommission. Helsinki, 1937. 114—119. l.

28. *A. Nagel:* Astronomisch-geodätische Arbeiten für die Europäische Gradmessung im Königreich Sachsen II. Abt. Berlin, 1890. 628. és köv. l.

29. *E. Bodewig:* Bericht über die verschiedenen Methoden zur Lösung eines Systems linearer Gleichungen mit reellen Koeffizienten. Konikl. Nederlandsche Akademie van Wetenschappen. Amsterdam, 1947.

30. *E. Pinkwart:* Auflösung der Normalgelichungen von Dreiecksnetzen durch schrittweise Annäherung. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1927. év, 257—270. l.

31. *J. Křovák:* Das Čechoslovakische Grundnetz der trigonometrischen Punkte, seine Grundlagen und seine Abbildung. Praha, 1928.

32. Das Zentraleuropäische Netz. *H. Wolf:* Über die Ausgleichung von Dreiecksnetzen. Allgemeine Grundlagen und ein Neuvorschlag. Veröffentl. d. Instituts f. Erdmessung. Bd. 1. Bamberg, 1949.

33. *H. Wolf:* Betrachtungen zur astronomisch-geodätischen Netzausgleichungen unter besonderer Berücksichtigung der Laplaceschen Gleichung Astr. Nachr. Bd. 276., 209. s köv. l.

34. *H. Wolf:* Beiträge zur Ausgleichung astronomisch-geodätischer Netze unter besonderen Berücksichtigung des Zentraleuropäischen Netzes. Veröffentl. d. Instituts f. Erdmessung. Bd. 4. 1949.

35. *H. Wolf:* Triangulation adjustment. General discussion und new procedure Bulletin Géodésique, Nouv. sér. 16 (1950) 87—104. l.

36. *F. R. Helmert:* Die Europäische Längengradmessung in 52° Breite. Heft I—II. Berlin, 1893—1896.

37. *F. N. Kraszovszkij:* Metodi uravnivanija goszudarsztvennoj pervoklasznoj trianguliacii. Travaux de l'Institut d'Etat de Géodésie et Cartographie, Leningrad, sér. 2. (1932.) 1—83. l.

38. *F. N. Kraszovszkij:* Über die Methode zur Berechnung der Triangulation erster Ordnung in der USSR. Verhandl. d. 5. Tagung d. Baltisch. Geodät. Kommission. Helsinki, 1931. 266—275. l.

39. *F N Kraszovszkij:* Ausgleichung der Triangulation I. Ordnung in SSSR. bis 1930. Verhandl. d. 6. Tagung d. Baltisch. Geodät. Kommission. Helsinki, 1933. 109—118. l.

40. *F. N. Kraszovszkij:* Rukovodsztvo po visej geodezii. II. rész. Moszkva, 1942. 473—548. l.

41. *V. R. Ölander:* Adjustement of the Baltic ring. Baltic Geodetic Commission Spec. publ. No. 10, Helsinki, 1949.

42. *O. S. Adams:* The Bowie Method of Triangulation Adjustement as applied to the first order net in the Western Part of the United States. Contr. Geod. Surv. Publ. No. 159. Washington, 1930.

43. *N. A. Urmajev:* O posledovatelnom uravnivanii trigometricseszkih setej CNIIGAIK, Vipuszk 3. Moszkva (1931.) 1—72. old.

44. *N. A. Urmajev:* Methodi uravnivanija trianguliacii I. klassza. Trudi CNIIGAIK, Vipuszk 19. Moszkva, 1937.

45. *A. Marussi:* Un nouvo metodo per la compensazione astronomico-geodetica delle grandi triangolazioni. Atti della Mostra Nazionale e Congrevo di Cartografia di Attica, Firenze, 1947. év, 155. köv. l.

46. *F. R. Helmert:* Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. II. kiad. 1907.

47. *J. Herr—W. Tinter:* Lehrbuch der spärischen Astronomie. Wien, 1887.

48. Astronomisch — geodätische Arbeiten in der Schweiz. 23. Band, 1945.

49. *S. Wellisch:* Theorie und Praxis der Ausgleichsrechnung. I. kötet, 1909.

50. *Milasovszky Béla:* 1949. évi sarkmagasságméréseink kiértékelése. Földméréstani Közlemények. 1950. év.

51. *Th. Niethammer:* Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung. Basel, 1947.

52. A kiegyenlítő számítás. II. kiadás. Műszaki Egyetem Földmérő-mérnöki Kar, Sopron, 1950.

53. A gradiensek kiegyenlítése. Bányászati és Kohászati Lapok, 1949. év, 41—46. l.

Az előadáshoz hozzászóltak: *Renner János, Regőczi Emil* és *Rédey István.*

VIZSGÁLATOK A GAUSS—KRÜGER ÁBRÁZOLÁSI MÓD MAGYARORSZÁGI ALKALMAZÁSÁVAL KAPCSOLATBAN

HAZAY ISTVÁN

egyetemi tanár (Földméréstani Intézet)

Előadta az 1950. nov. 30-án tartott osztálygyűlésen

Magyarország új elsőrendű háromszögelési hálózata kiegyenlítésének időszerű feladatával kapcsolatban természetszerűleg felmerült az alapul veendő ellipszoid és az alkalmazandó vetület, jobban mondva a mérési eredményeknek a síkon való ábrázolási módja is.

Régi felsőrendű háromszögelési hálózatunk és az annak keretében végzett geodéziai műveleteink a Bessel-féle ellipszoid alapul vételével számíttattak. A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió azonban időközben a Hayford-féle ellipszoidot ajánlotta nemzetközi ellipszoidnak és ezt veszik alapul most már a legtöbb országban, ahol modern geodéziai hálózatot fejlesztenek ki. Az erre vonatkozó magyar vizsgálatok is azt mutatták, hogy az ismeretes ellipszoidok közül a Hayford-félének a méretei felelnek meg legjobban földrajzi helyzetünknek. Eldöntött kérdésnek tekinthető, hogy *új háromszögelési hálózatunkat a nemzetközi ellipszoidon fogjuk számítani.*

Az a körülmény, hogy új elsőrendű hálózatunkat más ellipszoidra kívánjuk vonatkoztatni, mint amelyre a régi vonatkozott, az eltérő függővonal elhajlási rendszer és ennek következtében a hálózatnak az ellipszoidon való más elhelyezése miatt, továbbá a régi mérési pontossághoz képest az új hálózat mérési pontosságának fokozottsága azt hozza magával, hogy az új elsőrendű háromszögelési hálózat és az annak alapján végzendő további geodéziai műveletek nem lesznek matematikai összefüggésben a régi hálózattal és az annak alapján végzett geodéziai mérésekkel. Ez a megállapítás teszi indokolttá, sőt kötelességünkké, hogy az új felsőrendű háromszögelési hálózat kifejlesztésével, az új ellipszoid bevezetésével egyidőben rendezzük vetületi kérdésünket is.

Mint ismeretes, Magyarországon jelenleg a sztereografikus és a ferdetengelyű hengervetület van alkalmazásban, sőt az ország egyes részein az általános szóhasználat szerint vetület nélkülinek nevezett ábrázolási mód is előfordul. Ezek a vetületi rendszerek világviszonylatban csupán helyi jellegűeknek minősülhetnek és egyáltalában nem alkalmasak a nemzetközi csatlakozások megfelelő megoldására.

Az ismert vetületi rendszerek közül az egyetlen nemzetközi jellegű a *Gauss—Krüger*-féle. Ha ezt a vetületi rendszert mindenütt ugyanahhoz az ellipszoidhoz alkalmaznák és a vetületi sávok beosztását az egész Földre megállapítanák, az egész Földre egységes ábrázolási mód adódnék. A vetítési törvények, sorok, táblázatok valamennyi sávra egyformán érvényesek. Az

országok legnagyobb része az egységes ábrázolásra való törekvés útján van: mindig több és több ország tér rá a Hayford-ellipszoidra és a Gauss—Krüger-féle ábrázolásra. Természetes, hogy Magyarországnak is szakítania kell helyi jellegű vetítési rendszereivel és szintén a nemzetközi kapcsolatok útjára kell lépnie geodéziai eredményeinek ábrázolási módjával is.

Amikor 1908-ban a sztereografikus vetület alkalmazása mellett, annak fokozatos kiszorítása célzatával bevezették Magyarországon a ferde tengelyű hengervetületet, az ábrázolási módok összekuszáltságának vetették meg az alapját. A vetületi átszámítások tömegmunkája terheli azóta geodétáinkat és földmérési térképeink egységessége szenvedett kárt. Vajjon nem jelent-e hasonló bonyodalmat most egy újabb vetületi rendszer, a Gauss—Krüger-féle ábrázolási mód bevezetése? Határozott *nem*-mel kell felelnünk. Az az előbbi megállapításunk, hogy az új háromszögelési hálózat nem lesz matematikai összefüggésben a régivel, indokolja feleletünket. Az új hálózatnak és a belőle adódó további geodéziai eredményeknek Gauss—Krüger-féle ábrázolási módja élesen el fogja különíteni az új eredményeket a régi geodéziai adatoktól, amelyek a sztereografikus vetületen vagy a ferde tengelyű hengervetületen, esetleg a vetület nélküli rendszerben jelentkeznek. Ezeket a régi geodéziai adatokat ugyanis nem kívánjuk földmérési célból a Gauss—Krüger rendszerre átszámítani, a Gauss—Krüger rendszert csupán az új hálózat és az annak alapján végzendő újabb geodéziai műveletek számára kívánjuk bevezetni. Más kérdés az, hogy esetleg egyes, nem földmérési célokra a régi hálózat adatait azonos pontok alapján az új hálózat pontjai közé megközelítő módon, korlátolt pontossággal be fogják iktatni a Gauss—Krüger-féle rendszerbe is. Ez a valószínű körülmény azonban nem érinti az Országos Földméréstani Intézetnek azt a tervét, hogy a régi adatok maradjanak a régi vetületen, az új adatok pedig az új rendszerben ábrázoltassanak.

Az Országos Földméréstani Intézet, karöltve a Műszaki Egyetem soproni felsőgeodéziai és bányaméréstani tanszékével, felvette tehát tudományos tervébe a Gauss—Krüger-féle vetület alkalmazásának előkészítő munkálatait, mégpedig olyképpen, hogy a vetület alapfelülete ne a nálunk eddig használatos Bessel-féle, hanem a nemzetközi ellipszoid legyen.

A vonatkozó vizsgálatokat és számításokat dr. *Tárczy-Hornoch Antal* egyetemi rendes tanárral *munkaközösségben* végeztem.

Az előkészítő munkálatoknak két főirányuk van. Az első a számításra legalkalmasabb, leggyorsabb és legáttekinthetőbb módok megállapítása, részben a vonatkozó irodalom tanulmányozásával, részben pedig esetleg új formák kialakításával. A második a megfelelő táblázatok szerkesztése.

A vetületi számítások hat főcsoportra oszthatók:

1. földrajzi koordinátákból síkkoordináták számítása;

2. földrajzi koordinátákból meridiánkonvergencia és hossztorzulás számítása;

3. síkkoordinátákból földrajzi koordináták számítása;
4. síkkoordinátákból meridiánkonvergencia és hossztorzulás számítása;
5. irány- és hosszredukciók számítása és
6. átszámítás az egyik vetületi sávból a szomszédos vetületi sávba.

Az 1—5. pontban felsorolt eljárások igen ügyesen, áttekinthetően vannak már feldolgozva, olyan sorok formájában, melyekkel a vetületi számítások aránylag gyorsan végezhetők. Megemlítjük itt *Hristov* bolgár professzor munkásságát.[1]) Hristov a sorokat és táblázatait vegyes eljárásra állította össze; a számításokhoz számológépre és hétjegyű logaritmuskönyvre van szükség. *Boltz* professzor a sorokat és táblázatait csupán számológép használatára állította elő.[2]) Mindkét eljárással milliméter-éles síkkoordinátákat kaphatunk. Ügyes eljárást dolgozott ki *Litschauer* is[3]). Eljárásában a kettősgépek alkalmas kihasználását célozta, de csupán centiméter-élességre törekedett.

Mivel akár Hristov, akár Boltz sorainak egyszerűsítése az elérhető pontosság rovására történnék (lásd Litschauer eljárását), az 1—5. pontban felsorolt vetületi számításokhoz ezt a két eljárást vehetjük alapul. Mind a számológép és a logaritmuskönyv vegyes alkalmazásának, mind pedig a csupán számológép használatának meg vannak a maga előnyei (a magasabb hatványú értékek logaritmusának képzése például egyszerűbb, mint a valódi értékek számítása), érdemes tehát a táblázatokat mind a két eljáráshoz elkészíteni. Sajnos, Hristov és Boltz táblázatai a Bessel-féle ellipszoidhoz számíttattak. A jó táblázatok szerkesztési munkája a vetületi tömegszámításoknál bőségesen megtérül. Magyarország földrajzi szélességsávjára a nemzetközi ellipszoidra vonatkozóan a Gauss—Krüger-féle vetület számítási táblázatai nem állanak rendelkezésünkre, ezért a táblázatok szerkesztését megkezdtük. Azok nemsokára sajtó alá rendezhetők lesznek. Amennyiben a későbbiekben más államokban készült, a mi földrajzi szélességsávunknak megfelelő hasonló táblázatokhoz is hozzájutnánk, a függetlenül készült táblázatok összehasonlítása mind azoknak, mind a mi táblázatainknak előnyére szolgál az esetleg előfordult hibák megállapíthatása és kiküszöbölése révén.

A vetületi számítások 6. főcsoportjára, *az egyik vetületi sávból a szomszédos sávba való átszámításra* az irodalomban nem találtunk olyan megoldást, amely céljainknak, vagyis a tömegszámításnál elérendő gyorsaság és az átszámításoknál elérendő pontosság tekintetében felállított követelményünknek megfelelne.

Mi itt tulajdonképpen a feladat? Felmért területeink azon a vetületi sávon ábrázoltatnak, amely sáv földrajzi hosszúságuknak megfelel. Általában 3° vagy 2° széles sávokat szokás alkalmazni. Magyarországon a Tudományos Akadémia geodéziai és geofizikai bizottsága a sávszélességet 2°-ban állapította meg és így az ország területére 4 sáv esik. A sávok szélein fekvő területek között összefüggést kell létesíteni. Ezt úgy érhetjük el, hogy a sávok szélén lévő alappontok egyik sávon számított koordinátáit átszámítjuk a szomszédos sávra. Ilyen átszámítás az említett célból legfeljebb 0,5°-nyi sávszalagon lehet szüksé-

ges, a távolságot a két sáv közös szegélymeridiánjától számítva. (A csatlakozó sáv szélessége tehát kétszer 0,5°, vagyis 1°). 0,5 földrajzi hosszúságnak Magyarországon nem egész 40 000 méter felel meg.

Elegendő tehát követelménynek felállítani: *keresendő egy aránylag gyors, áttekinthető átszámítási eljárás, amely a szegélymeridiántól maximálisan 40 000 m távolságra lévő pont koordinátáit a többi vetületi számításoknak megfelelő élességgel adja a szomszédos sávon.*

Itt is Hristov munkáját kívánjuk elsősorban megemlíteni, az ebben közölt eljárást találtuk ugyanis az eddig legalkalmasabb eljárásnak. A levezetett forma, kiindulván a szögtartóság alapegyenletéből, igen hosszadalmas levezetés után, gépszámításra, a következőképpen fest:

$$y_2 = y_{02} + k_{12}\Delta x + k_{11}\Delta y + k_{22}\Delta x^2 + 2k_{21}\Delta x\Delta y - k_{22}\Delta y^2 + \\ + k_{32}\Delta x^3 + 3k_{31}\Delta x^2\Delta y - 3k_{32}\Delta x\Delta y^2 - k_{31}\Delta y^3$$

$$x_2 = x_{02} + k_{11}\Delta x - k_{12}\Delta y + k_{21}\Delta x^2 - 2k_{22}\Delta x\Delta y - k_{21}\Delta y^2 + \\ + k_{31}\Delta x^3 - 3k_{32}\Delta x^2\Delta y - 3k_{31}\Delta x\Delta y^2 + k_{32}\Delta y^3$$

ahol y_1 és x_1 az átszámítandó P pontnak koordinátái az első sávon, y_2 és x_2 ugyanannak koordinátái a szomszédos (második) sávon, y_{02} és x_{02} egy, a P pont földrajzi szélességéhez minél közelebb, a közös szegélymeridiánon fekvő csatlakozó pont koordinátái a második sávon, y_{01} és x_{01} ugyanannak a csatlakozó pontnak koordinátái az első sávon (megjegyzendő, hogy $y_{02} = -y_{01}$ és $x_{02} = x_{01}$)

$$\Delta y = y_1 - y_{01} \qquad \Delta x = x_1 - x_{01}$$

Ha csatlakozó pontokat veszünk fel a szegélymeridiánon bizonyos $\Delta\varphi$ távolságokban — például 5 vagy 10 percenként — a k értékek minden ilyen csatlakozó pontra előre kiszámíthatók és táblázatba foglalhatók. A k értékek igen komplikált ellipszoidikus kifejezések.

Ha rátekintünk az y_2 és x_2 sorára, először azt kell megállapítanunk, hogy — noha a k értékek komplikált kifejezésével nem is kell törődnünk, mert azokat táblázatból vesszük ki — a számszerű feloldáskor még tömeges munkánál is mindig figyelmesen, lépésről-lépésre kell nézni a képletet, mert a sort kívülről megtanulni és a lépések egymásutánját fejben tartani igen nehéz feladat. Ez a különleges figyelem szerfelett lassítja a munkát. Nagy előrelépést jelent Hristov megoldásának az a változata, amelynél a k értékeket nem percre kerek földrajzi szélességhelyekre, hanem kerek hosszegységekre, például kilométerenként foglalja táblázatba és a táblázat értékeit, valamint az y_0 értéket az átszámításnál $x_0 = x_1$ helyre interpolálja. Ebben az esetben ugyanis $\Delta x = o$ és a sorok nagy mértékben egyszerűsödnek.

Hátránya az eljárásnak még mindig, hogy 7 értéket kell interpolálni

és Δy-nak második és harmadik hatványát is ki kell számítani, a táblázat pedig nagyon terjedelmes lesz ; Magyarország részére mintegy 350 helyre kellene a táblázati értékeket kiszámítani. A táblázati helyek csökkentése az interpolálásokat tenné egyrészt nehezebbé, másrészt pontatlanabbá.

Hristov logaritmikus és vegyes eljárásra is adott sorokat. Ezek azonban még sokkal bonyolultabbak, mint a gépszámításra valók.

A problémát már sokan igyekeztek egyszerűsíteni. Így különösen meg kell említeni *Schroeder*, *Hirvonen*, valamint *Eggert* eljárását. *Az egyszerűsítés azonban vagy pontosságcsökkenéssel járt, vagy pedig a használhatóság körzete kisebbedett.* Eggert egyszerűsített eljárása csupán 6 km távolságra alkalmas, nagyobb távolságokra az elhanyagolás már centiméter értékű is lehet. Mint érdekességet említjük meg, hogy Eggert professzor több ízben is foglalkozott a kérdéssel, tovább-tovább egyszerűsítve az eljárást.

Az átszámító eljárások a szögtartó vetületek *alapösszefüggéséből* indultak ki, ezért vagy túl bonyolult matematikai kifejezések alakultak ki, vagy ha ezek egyes tagjainak elhanyagolásával egyszerűbb matematikai képletek jöttek létre, akkor viszont egyúttal pontosságcsökkenés vagy a távolság szempontjából korlátozottság is állt elő.

Ha a két szomszédos sáv összefüggésének vizsgálatánál nem megyünk vissza az alapegyenletekig, hanem közelebb keresünk kapcsolatot, megtalálhatjuk azt a közös szegélymeridián bármelyik pontjánál. Az átszámítandó P pontot ugyanis a szegélymeridiánon felvett P_o ponttal az ellipszoidon egy *geodéziai vonal* köti össze. Ennek a geodéziai vonalnak az azimutját és hosszát kaphatjuk meg mindkét szomszédos vetületi sávról a következő összefüggések alapján :

$$\begin{aligned} \alpha &= \delta_1 + \mu_{01} + \Delta_1 \\ \alpha &= \delta_2 + \mu_{02} + \Delta_2 \end{aligned} \qquad \delta_2 = \delta_1 + (\mu_{01} - \mu_{02}) + (\Delta_1 - \Delta_2)$$

ahol δ a P_oP irány tájékozott irányszöge, Δ az irányredukciója, μ_o pedig a P_o ponton a vetületi meridiánkonvergencia az indexeknek megfelelő vetületi sávon. Tekintettel arra, hogy a P_o pont helyzete a két sáv kezdő meridiánjához szimmetrikus, $\mu_{01} = -\mu_{02}$ (a továbbiakban hasonlóan $x_{01} = x_{02}$ és $y_{01} = -y_{02}$) és így

$$\delta_2 = \delta_1 + 2\,\mu_o + (\Delta_1 - \Delta_2)$$

A távolságokra vonatkozóan :

$$\begin{aligned} s &= \frac{s_1}{m_1} \\ s &= \frac{s_2}{m_2} \end{aligned} \qquad s_2 = \frac{m_2}{m_1} s_1 = m s_1$$

ahol s a geodéziai vonal hossza, s_1 és s_2 a hossz a síkon, m_1 és m_2 a hossztorzulás az indexeknek megfelelő sávon, m pedig a hossztorzulások viszonya. A közölt összefüggések máris megadják az *átszámítás alapgondolatát.* Elvében ez nem új, mert hiszen hasonló eljárás például a magyarországi stereografikus és hengervetületeknél is ismeretes, többek között azonban azzal a lényeges eltéréssel, hogy ott nem a csatlakozópont szimmetrikus helyzete, hanem a stereografikus kezdőpont különleges helyzete adta a megoldás kulcsát és nem kapcsolódott be a meridiánkonvergencia. Az *alapgondolat* tehát — és ez egyúttal logaritmikus megoldásra máris alkalmas — *az egyik sávon számított távolságból és irányszögből áttérni az ellipszoid geodéziai vonalára, majd arról a másik sávra vonatkozó távolságra és irányszögre,* a két sávnak megfelelő irány- és hosszredukciók, valamint a P_0 csatlakozópont meridiánkonvergenciái alapján.

Feladatunk most már az, *hogy az alapgondolatot számológép alkalmazására egyszerű formában fejlesszük ki* a gyakorlati tömegszámítás céljaira.

Az alapgondolaton végigkísért mozzanatokat három lépésbe foglalhatjuk:

1. A második vetületi sávon a P_0P irány elfordul $2\mu_0$ szöggel az első sávon elfoglalt helyzetéhez képest;

2. a második vetületi sávon P_0P távolság megváltozik az első sávnak megfelelő távolsággal szemben;

3. a második vetületi sávon a P_0P irány még tovább fordul az irányredukciók különbségének megfelelő szöggel.

Vizsgáljuk most már ezeket a változásokat külön-külön.

1. Az irányszögnek $2\mu_0$-val való elfordulása elképzelhető relatíve úgy is, hogy a P_0 pontban elképzelt derékszögű koordinátarendszer, melynek X tengelye párhuzamos az első sáv X tengelyével, — $2\mu_0$ szöggel elfordul. A vizsgált elfordulás kifejezhető tehát egyszerű síkbeli transzformációval. Ha

$$y_1, -y_0 = \Delta y_1 \quad \text{és} \quad x_1 - x_0 = \Delta x_1$$

és bevezetjük a

$$p = \cos 2\mu_0 \qquad q = \sin 2\mu_0$$

jelöléseket, akkor

$$(\Delta y_2) = \mathbf{p}\,\Delta y_1 + \mathbf{q}\,\Delta x_1 \quad (\Delta x_2) = -\mathbf{q}\,\Delta y_1 + \mathbf{p}\,\Delta x_1$$

A zárjeleket azért alkalmaztuk, mert az ezekbe zárt értékeket tekintjük a Δy_2 és Δx_2 előzetes értékeinek. A felírt művelet géppel egyszerűen végezhető. (A vastagabb betűvel jelölt értékek táblázatból vehetők.)

2. A hosszredukció képlete (Hristov munkájából)

$$m = 1 + \frac{1}{2R_k^2} y_k^2 + \frac{1}{24R_k^2} \Delta y^2 - \frac{1}{12R_k^4} y_k^3$$

A képletben m a hosszredukció, y_k a vonaldarab középpontjának ordinátája és Δy a vonaldarab y-irányú vetülete, R_k pedig a vonaldarab középpontjában a középgörbületi sugár.

Miként az előbbiekben láttuk, az m_2/m_1 értékre van szükségünk. Mivel az m fentebb közölt kifejezése szerint

$$m = 1 + \varepsilon, \text{ ahol } \varepsilon \text{ igen kis érték,}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 1 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)$$

Ennek megfelelően vizsgálnunk kell az

$$\frac{1}{2R_k^2}(y_{k2}^2 - y_{k1}^2) + \frac{1}{24R_k^2}(\Delta y_2^2 - \Delta y_1^2) - \frac{1}{12R_k^4}(y_{k2}^4 - y_{k1}^4)$$

értéket. Összeadásról lévén szó, a tagokat külön-külön nézhetjük és alakíthatjuk át céljainknak alkalmas formára.

a) $$\text{I.} = \frac{1}{2R_k^2}(y_{k2}^2 - y_{k1}^2) = \frac{1}{2R_k^2}(y_{k2} + y_{k1})(y_{k2} - y_{k1}) =$$

$$= \frac{1}{2R_k^2}\left(y_{02} + \frac{\Delta y_2}{2} + y_{01} + \frac{\Delta y_1}{2}\right)\left(y_{02} + \frac{\Delta y_2}{2} - y_{01} - \frac{\Delta y_1}{2}\right)$$

minthogy $y_{02} = -y_{01}$

$$\text{I.} = \left[-\frac{1}{2R_k^2}y_{01} + \frac{1}{8R_k^2}(\Delta y_2 - \Delta y_1)\right](\Delta y_1 + \Delta y_2)$$

b) $$\text{II.} = \frac{1}{24R_k^2}(\Delta y_2^2 - \Delta y_1^2) = \frac{1}{24R_k^2}(\Delta y_2 - \Delta y_1)(\Delta y_1 + \Delta y_2)$$

c) $$\text{III.} = \frac{1}{12R_k^4}(y_{k2}^4 - y_{k1}^4)$$

Ha vizsgáljuk ezt a kifejezést, azt látjuk, hogy olyan függvényt ad, amely megközelítően egyenessel helyettesíthető és

$$\frac{1}{12R_k^4}\,\frac{y_{k2}^4 - y_{k1}^4}{\Delta y_1 + \Delta y_2} \sim \text{konstans}$$

Figyelembe véve R_k magyarországi értékeit, 2°-os sávbeosztásnál írhatjuk, hogy

$$\text{III.} = 500 \cdot 10^{-16}(\Delta y_1 + \Delta y_2)$$

Az elhanyagolás olyan kis méretű, hogy maximális értéke századmilliméter alatt marad.

Összevonva az I, II, III. résztagokat, végeredményben

$$m = 1 + \left[V + 41 \cdot 10^{-16}(\Delta y_2 - \Delta y_1)\right](\Delta y_1 + \Delta y_2)$$

ahol $$V = -\left(\frac{1}{2R_k^2}y_0 - 500 \cdot 10^{-16}\right)$$

táblázatba foglalható érték.

A képlet, melyben Δy_2 értéknek az 1. pontban meghatározott (Δy_2) előzetes értéke vehető számításba, gépszámításra nagyon egyszerű. Megszorozva (Δy_2) és (Δx_2) értékeket m értékkel, $\Delta y'$ és $\Delta x'$ részértékeket kapjuk, amelyekben a hossztorzulás már bennfoglaltatik.

3. Az irányredukció képlete (Hristov munkájából)

$$\Delta = \frac{\varrho''}{2R_k^2} y_k \Delta x - \frac{\varrho''}{12R_k^2} \Delta x \, \Delta y - \frac{\varrho''}{6R_k^4} y_k^3 \Delta x + \frac{\varrho''}{R_k^3} tg\, \varphi_k \left(\frac{a^2 - b^2}{b^2} cos^2 \varphi_k \right) y_k^2 \Delta y$$

ahol φ_k a vonaldarab közepére vonatkozó földrajzi szélesség, a és b pedig az ellipszoid féltengelyei.

Ennek megfelelően vizsgálnunk kell a

$$d\delta = \Delta_1 - \Delta_2 = \frac{\varrho''}{2R_k^2} (y_{k1} \Delta x_1 - y_{k2} \Delta x_2) - \frac{\varrho''}{12R_k^2} (\Delta y_1 \Delta x_1 - \Delta y_2 \Delta x_2) -$$

$$- \frac{\varrho''}{6R_k^4} \left(y_{k1}^3 \Delta x_1 - y_{k2}^3 \Delta x_2 \right) + \frac{\varrho''}{R_k^3} tg\, \varphi_k \left(\frac{a^2 - b^2}{b^2} cos^2 \varphi_k \right) \left(y_{k1}^2 \Delta y_1 - y_{k2}^2 \Delta y_2 \right)$$

értéket.

A tagokat itt is külön-külön, illetve csoportokban vizsgálhatjuk.

a) $$I = \frac{\varrho''}{2R_k^2} (y_{k1} \Delta x_1 - y_{k2} \Delta x_2) - \frac{\varrho''}{12R_k^2} (\Delta y_1 \Delta x_1 - \Delta y_2 \Delta x_2) =$$

$$= \frac{\varrho''}{2R_k^2} (\Delta x_1 + \Delta x_2) + \frac{\varrho''}{6R_k^2} (\Delta y_1 \Delta x_1 - \Delta y_2 \Delta x_2)$$

Ha bevezetjük a következő jelöléseket:

$$E = \frac{y_0}{2R_k^2} \qquad F = \frac{1}{6R_k^2}$$

akkor analitikus szögegységben

$$I = F (\Delta y_1 \Delta x_1 - \Delta y_2 \Delta x_2) + E (\Delta x_1 + \Delta x_2)$$

Az F érték Magyarország területén $41 \cdot 10^{-16}$

b) $$II = \frac{\varrho''}{6R_k^4} (y_{k1}^3 \Delta x_1 - y_{k2}^3 \Delta x_2)$$

A II. tag vizsgálata azt mutatta, ha a P_0 pontokat a szegélymeridiánon a földrajzi szélesség minden 5'-ére vesszük fel, akkor $\Delta x_{max} = 5000$ m. A II. tag értéke alkalmazási tartományunkban akkor lesz maximális, ha $\Delta y = 40\,000$ m és $\Delta x = 5\,000$ m.

Ebben a szélső helyzetben a II. tag értékének kicsinységére tekintettel $\Delta y_1 = \Delta y_2$ és $\Delta x_1 = \Delta x_2$ helyettesítéssel, 2°-os sávbeosztásnál

$$y_{k1} = 56\,000 \text{ m} \qquad y_{k2} = 96\,000 \text{ m} \qquad \Delta x_1 = \Delta x_2 = 5\,000 \text{ m}$$

és így

$$\left.\begin{aligned} \frac{\varrho''}{6R_k^4}\, y_{k1}^3 \Delta x_1 &= \overset{+}{(-)}\, 0{,}000\,018'' \\ \frac{\varrho''}{6R_k^4}\, y_{k2}^3 \Delta x_2 &= \overset{-}{(+)}\, 0{,}000\,092'' \end{aligned}\right\} -$$

$$II_{max} = \overset{-}{(+)}\, 0{,}000\,110''$$

c)
$$III = \frac{\varrho''}{R_k^3} tg\,\varphi_k \left(\frac{a^2-b^2}{b^2} \cos^2 \varphi_k \right) \left(y_{k1}^2 \Delta y_1 - y_{k2}^2 \Delta y_2 \right)$$

A függvényérték maximuma vizsgálati tartományunkban ott van, ahol $\Delta y = 40\,000$ m. A III. értéknek kicsinységére tekintettel itt is élhetünk a $\Delta y_1 = \Delta y_2$ helyettesítéssel. A φ_k magyarországi változása vizsgálatunknál nem okoz érezhető befolyást.
2°-os sávbeosztással

$$\left.\begin{aligned} \frac{\varrho''}{R_k^3} tg\,\varphi_k \left(\frac{a^2-b^2}{b^2} cos^2 \varphi_k \right) y_{k1}^2 \Delta y_1 &= \overset{+}{(-)}\, 0{,}000\,336'' \\ \frac{\varrho''}{R_k^3} tg\,\varphi_k \left(\frac{a^2-b^2}{b^2} cos^2 \varphi_k \right) y_{k2}^2 \Delta y_2 &= \overset{+}{(-)}\, 0{,}000\,988'' \end{aligned}\right\} -$$

$$III._{max} = \mp\ 0{,}000\,652''$$

d) összevonván II_{max} és III_{max} értéket, 2°-os beosztásnál $II_{max} + III_{max} = 0{,}000\,762''$

40 000 méternél ez 0,000 15 m lineáris változást jelent, tehát minden további meggondolás nélkül elhanyagolható.

e) Végeredményben tehát analitikus szögegységben

$$d\delta = 41 \cdot 10^{-16} (\Delta y_1 \Delta x_1 - \Delta y_2 \Delta x_2) + \mathbf{E} (\Delta x_1 + \Delta x_2)$$

A $d\delta$ kifejezése is könnyen oldható fel számológéppel (a vastagabb betűvel jelölt érték táblázatba foglalható.)

$d\delta$ szög kis érték lévén, a transzformálási képlet egyszerűsíthető.

$$\Delta y = s \sin\delta \qquad \Delta x = s \cos\delta$$
$$d\,\Delta y = s \cos\delta\, d\delta = \Delta x\, d\delta = \Delta y''$$
$$d\,\Delta x = -s \sin\delta\, d\delta = -\Delta y\, d\delta = \Delta x''$$

A P pont koordinátáinak az egyik sávból a szomszédos sávba átszámításánál tehát a következő műveletek végzendők el (a vastagabb betűvel jelölt értékek a táblázat ugyanazon sorából kivehető értékek):

1. $\Delta y_1 = y_1 - \mathbf{y_0}$ $\quad \Delta x_1 = x_1 - \mathbf{x_0}$
2. $(\Delta y_2) = \mathbf{p}\,\Delta y_1 + \mathbf{q}\,\Delta x_1$ $\quad (\Delta x_2) = -\mathbf{q}\,\Delta y_1 + \mathbf{p}\,\Delta x_1$
3. $m = 1 + [\mathbf{V} + 41.10^{-16}\ ((\Delta y_2) - \Delta y_1)]\ (\Delta y_1 + (\Delta y_2))$
4. $\Delta y'_2 = m\,(\Delta y_2)$ $\quad \Delta x'_2 = m\,(\Delta x_2)$
5. $d\delta = 41.10^{-16}\ (\Delta y_1\,\Delta x_1 - \Delta y'_2\,\Delta x'_2) + \mathbf{E}\,(\Delta x_1 + \Delta x'_2)$
6. $\Delta y''_2 = (\Delta x')\,d\delta$ $\quad \Delta x''_2 = -(\Delta y')\,d\delta$
7. $y_2 = -y_0 + \Delta y'_2 + \Delta y''_2$ $\quad x_2 = x_0 + \Delta x'_2 + \Delta x''_2$

A 3. és 5. pontban leírt műveleteknél méterre kikerekített értékeket kell csak felhasználni és ugyanazoknál a műveleteknél az eredményt nem kell leírni, hanem a számológép beállító sorába hozva, a szorzást tovább lehet folytatni.

A táblázathoz x_0 az argumentum.

Az ismertetett eljáráshoz Magyarországra a táblázat mindössze 40 sorból áll, amelyeket interpolálás nélkül kell használni.

Az átszámítási mód elvileg változatlanul, kivitelében csekély átalakítással alkalmas lesz a 2°-os rendszerből a 6°-os rendszerre való áttérésre is. Természetesen a számítás itt nem lesz milliméterre éles, de feltétlenül eléri azt a pontosságot, amely 6°-os sávbeosztásnál az összes többi vetületi számításokra jellemző és amely a 6°-os rendszerben megkövetelhető.

Ha hajlandók vagyunk nagyobb terjedelmű táblázatot szerkeszteni, eljárásunk még tovább egyszerűsíthető a pontosság és a használhatósági kör rovása nélkül olyannyira, hogy a vetületi átszámítás munkája még legalább további 40%-kal csökken. A táblázat még így is kisebb lenne, mint Hristov egyszerűsített eljárásánál, mert az ott szükséges 8 táblázati oszlop helyett csupán 4 táblázati oszlop szükséges.

A további egyszerűsítés abban áll, hogy a szegélymeridiánon a csatlakozó pontot úgy vesszük fel, hogy az első sávon a P_0P_1 irány a vízszintes tengellyel

$$\mu_0 \text{ szöget zárjon be.}$$

Ebben az esetben a $2\,\mu_0$ szöggel való elfordulás után

$$(\Delta y_2) = \Delta y_1 \qquad \text{és} \qquad (\Delta x_2) = -\Delta x_1$$

a hossztorzulások viszonya pedig

$$m = 1 + 2\,V\,\Delta y_1 = 1 + U\,\Delta y_1$$

ahol U táblázatba foglalható érték.

Az irányredukciók különbségének hatása olyan kicsi, hogy

$$\Delta y''_2 = (\Delta x')\,d\delta = 0$$
$$\Delta x''_2 = -(\Delta y')\,d\delta_{max} = 10 \text{ mm},$$

amely maximális érték $\Delta y = 40\,000$ méternél adódik. 15 000 méterig $\Delta x''_2$ is zérus.

A $\Delta x''_2$ értékek Δy argumentum mellett vagy egy kisterjedelmű (két oszlopú és összesen 10 sorú) táblázatba foglalhatók, vagy még célszerűbben grafikonban ábrázolhatók.

Az egyszerűsített megoldás kulcsa a csatlakozó pont helyének megállapításában van.

Ha a táblázatot x_0 argumentum szerint kilométerenként szerkesztjük, az adatok között már lineárisan interpolálhatunk és a csatlakozó pont helye közeledés útján állapítható meg.

Összesen csak négy lineáris interpolálás szükséges:
a Δy-nál kettő, a $tg\ \mu$ értéknél és az U értéknél pedig egy-egy.

Reméljük, hogy vizsgálataink eredménye nem csak a vonatkozó, kiterjedt irodalmat fogja tovább bővíteni, hanem azoknak a gyakorlat is hasznát fogja venni.

1. *V. K. Hristov:* Die Gauss-Krügerschen Koordinaten auf dem Ellipsoid. Teubnre. Leipzig 1943.

2. *H. Boltz:* Formeln und Tafeln zur numerischen Berechnung Gauss-Krügerscher Koordinaten (Veröffentlichung des Geodätischen Institutes Potsdam. Neue Folge N. 111. Potsdam, 1943).

3. *J. Litschauer:* Koordinatenumformungen mit der Doppelrechenmaschine. (Österreichisches Ingenieur Archiv. Wien, II. 1948.)

Az előadáshoz hozzászóltak: *Tárczy-Hornoch Antal, Regőczi Emil* és *V. K. Hristov* bolgár professzor.

ELEKTROMOS GEOFIZIKAI KUTATÓMÓDSZEREK ELMÉLETI ALAPJAI ÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

KÁNTÁS KÁROLY
egyetemi tanár (Soproni Fizikai Tanszéke)

Előadta az 1950. nov. 30-án tartott osztályülésen

Az elektromos kutatásoknál arra vállalkozunk, hogy a Föld felszínén levő elektromos terek vizsgálatából megállapítjuk a földkéreg heterogenitásait, s ezekből rekonstruáljuk a felszínalatti rétegeket.

Az elektromos kutatómódszerek elméleti alapjait az elektrotechnika szolgáltatja. Felépítésükben azonban lényegesen eltérnek az elektrotechnikától. Míg pl. az elektrotechnika a stacionárius és kvázistacionárius áramok transzportját dróton vagy legalább is hosszú, jól definiált vezető közegben vizsgálja, melyben az áram útja előírt, addig az elektromos kutatómódszerek az áramok térbeli, háromdimenzióban való terjedésével foglalkoznak. Matematikailag ez azt jelenti, hogy lineáris áramkörben közönséges differenciálhányadosokkal fejezhetők ki a folyamatok, háromdimenzió esetén — térbeli áramlásoknál — pedig parciálisokkal.

Tárgyalásaink során a Maxwell-féle differenciálegyenletekből indulhatunk ki. Ezek szerint (folytonos kiterjedésű nyugvó testre)

$$\dot{\overline{D}} = \mathrm{c.\,rot}\,\overline{H} - 4\pi\overline{J}, \qquad \dot{\overline{B}} = -\,\mathrm{c.\,rot}\,\overline{E}.$$

ahol $\overline{E}$ az elektromos-, $\overline{H}$ a mágneses térerősség, c konstans (fénysebesség), $\overline{D}$ az elektromos-, $\overline{B}$ a mágneses indukció és $\overline{J}$ az elektromos áramsűrűség. Derékszögű koordinátarendszerben kifejezve a komponensek:

$$\dot{\overline{D}}_x = \mathrm{c}\left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}\right) - 4\pi\overline{J}_x\ , \qquad \dot{\overline{B}}_x = -\,\mathrm{c}\left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}\right)$$

$$\dot{\overline{D}}_y = \mathrm{c}\left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}\right) - 4\pi\overline{J}_y\ , \qquad \dot{\overline{B}}_y = -\,\mathrm{c}\left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}\right)$$

$$\dot{\overline{D}}_z = \mathrm{c}\left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y}\right) - 4\pi\overline{J}^z\ , \qquad \dot{\overline{B}}_z = -\,\mathrm{c}\left(\frac{\partial E_y}{\partial x^1} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right)$$

Ezeknek az általános egyenleteknek megfelelő specializálása a különböző fajta elektromágneses energiaátvitelnek megfelelően különböző tételekhez vezet. Így az egyenáramú módszerek, a váltóáramú módszerek, s a hullámmódszerek, ezeknek az egyenleteknek egy-egy speciális matematikai tárgyalása. A terek különböző természete ellenére az elektromos módszerek — néhány kivételtől eltekintve — sztatikus jellegűek.

E lehetséges módszerek közül tárgyalásainkhoz válasszuk ki az egyenáramú ellenállás módszert, mint legáttekinthetőbbet. Meg kell jegyeznünk hogy az eddigi tapasztalatok szerint kutatásoknál ez a módszer szolgáltatta a legmegbízhatóbb eredményeket, ennél lépett fel ugyanis a legkevesebb zavaró körülmény ; mélyhatása is ennek a legnagyobb (skin hatás nem lép fel).

A Maxwell-féle differenciálegyenletben ez esetben a rotáció eltűnik, tehát van potenciál. A potenciál létezésének szükséges és elegendő feltétele, hogy a Laplace-féle differenciálegyenlet teljesüljön, azaz

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0 \text{ legyen.}$$

Az egyenáramú módszereknél elektródákon áramot vezetünk a földbe, s vizsgáljuk az elektromos tér eloszlását. Ha az árambevezető elektródák elég távol vannak egymástól, akkor az egyes elektródák mint pontszerű források foghatók fel. Pontszerű forrás esetén a potenciál — homogén közeget feltételezve — csupán a forrásponttól való távolság függvénye, úgyhogy a Laplace-féle differenciálegyenlet ennek megfelelően a következőképpen írható :

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial r} = 0, \; r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Mivel a független változó csak r függvénye, a parciális differenciálhányados helyébe a totális differenciálhányados lép, tehát a formula a következő lesz :

$$\Delta U = \frac{d^2 U}{dr^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{dU}{dr} = 0$$

E másodrendű differenciálegyenlet megoldására végezzük el a következő helyettesítést :

$$\frac{dU}{dr} = x, \text{ ekkor } \frac{d^2 U}{dr^2} = \frac{dx}{dr},$$

s így a differenciálegyenlet új alakja :

$$\frac{dx}{dr} + \frac{2x}{r} = 0$$

Átrendezve, a változókat szétválasztva, integrálva, majd x-re megoldva :

$$\int \frac{dx}{x} = -2 \int \frac{dr}{r}$$

$$\log x = -2 \cdot \log r + \log A$$

$$x = -\frac{A}{r^2}$$

visszahelyettesítve $$x = \frac{dU}{dr} = -\frac{A}{r^2},$$

átcsoportosítva, a változókat szétválasztva, majd integrálva:

$$\int dU = -\int \frac{A}{r^2} \mathrm{dr}$$

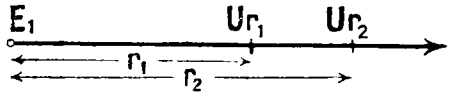
Differenciálegyenletünk általános megoldása tehát:

$$U = \frac{A}{r} + B \quad (A \text{ és } B \text{ integrálkonstansok.})$$

Ha $r = \infty$, akkor $U = B$. Tehát igen nagy r érték esetében B nullapontnak fogható fel, s az ilyen távoli pontra vonatkoztatott véges r értékre

$$U = \frac{A}{r}$$

Az integrálkonstansok meghatározása céljából vegyük a következő példát:



1. ábra.

Az E_1 elektródán áramot bocsátunk a homogén földkéregbe (1. ábra). Az E_1-től r_1 távolságra a potenciál Ur_1, r_1' távolságra pedig Ur'_1, így az előbbiek szerint

$$U_{r1} = \frac{A}{r_1} + B, \quad U_{r1}' = \frac{A}{r_1'} + B, \text{ ezekből}$$

$$U_r - U_{r1}' = A\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1'}\right) = A\frac{r_1' - r_1}{r_1 r_1'}, \text{ ahonnét}$$

$$A = \frac{r_1 r'_1}{r_1' - r_1}\left(U_{r1} - U_{r1}'\right)$$

és

$$U = \frac{r_1 r_1'}{r_1' - r_1}\left(U_{r1} - U_{r1}'\right) \cdot \frac{1}{r}$$

Pontszerű forrás nívófelületei olyan koncentrikus gömbök, melyeknek a forrás a középpontjuk. A forrásból mint középpontból kiinduló sugarak az áramvonalak, amelyek merőlegesen állanak a nívófelületre.

Egy áramvonal mentén a potenciál változását az elektromos térerősség fejezi ki. A térerősség

$$\overline{E} = -\operatorname{grad} U \cdot$$

A térerősség abszolút értéke

$$E = \frac{dU}{dr} = \frac{A}{r^2} \qquad \text{(volt/cm)}.$$

Nevezzük a felületegységre eső áramerősséget áramsűrűségnek, akkor az áramsűrűségre az Ohm-törvény alapján érvényes

$$\overline{J} = \frac{1}{\varrho}\overline{E},$$

ha ϱ a földréteg fajlagos ellenállása ohm/cm³-ben.

Az áramerősség abszolút értéke

$$J = \frac{1}{\varrho}\frac{A}{r^2} \qquad \text{(Amper/cm}^2\text{)}$$

Hogy az áramot megkapjuk ,képezzük az áramsűrűség felületi integrálját

$$G = \int \overline{J} \cdot dF$$

az r sugarú félgömb felületére ; a földréteg vezető képessége mellett ugyanis a levegő vezető képessége elhanyagolható, így a számításokat a féltérre végezhetjük.

$$G = \overline{J} \cdot 2\pi \cdot r^2, \quad \overline{J} \text{ értékét behelyettesítve}$$

$$G = \frac{1}{\varrho} \cdot \frac{A}{r^2} 2\pi r^2$$

Az A integrálkonstans tehát ezzel új értelmezést kap, azaz

$$A = \frac{G}{2\pi} \cdot \varrho$$

Összevetve a korábban kapott értékkel

$$A = \frac{G}{2\pi} \cdot \varrho = \frac{r_1 r_1'}{r_1' - r_2}\Big(Ur_1 - U_1', \text{ ahonnét}$$

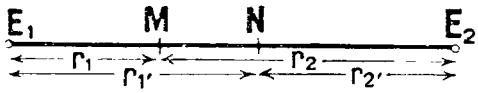
$$\varrho = 2\pi \frac{Ur_1 - Ur_1'}{G} \cdot \frac{r_1 r_1'}{r_1' - r_1}$$

Mivel ($Ur_1 - Ur'_1$) nem más, mint a két segédelektródán mért potenciálkülönbség ΔV, G pedig az E_1 elektródán átfolyó áramerősség i, tehát

$$\varrho = 2\pi \frac{\Delta V}{i} \cdot \frac{r_1 r_1'}{r_1' - r_1}$$

A valóságban pontszerű forrásról csak akkor beszélhetünk, ha az egyik elektróda a végtelenben van, véges távolság esetén a második árambevezető elektróda hatását is figyelembe kell vennünk (2. ábra).

Ebben az esetben az E_1 elektróda által létrehozott potenciálkülönbség az



2. ábra.

M N pontok között

$$\Delta V_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \varrho \cdot i \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1'} \right)$$

Az E_2 elektróda által ugyanezen pontokban létrehozott potenciálkülönbség pedig:

$$\Delta V_2 = -\frac{1}{2\pi} \cdot \varrho \cdot i \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_2'} \right)$$

Az eredő potenciálkülönbség e kettő összege, azaz

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

Ha azzal az egyszerűsítéssel élünk, hogy az elektródák egymástól egyenlő távolságra vannak, s az MN elektródák távolsága $1/3\ \overline{E_1 E_2}$, akkor $r_1 = 1/2$ $r'_1 = r'_2 = 1/2\ r_2 = a$, így

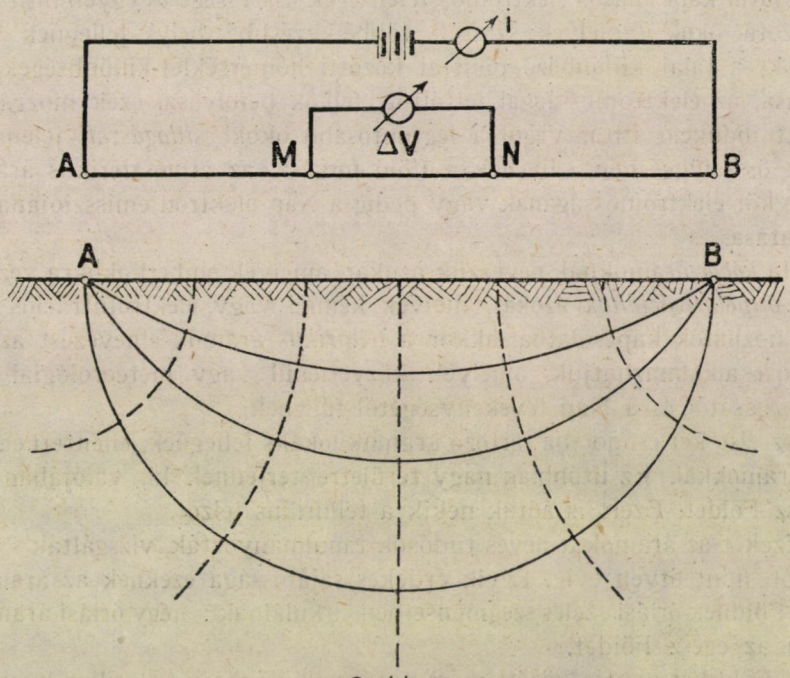
$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \varrho \cdot i \cdot \frac{1}{a}, \text{ ahonnét}$$

$$\varrho = 2\pi a \frac{\Delta V}{i}$$

Ez pedig nem más, mint a négy elektródás ellenállásmérés ismert formulája. Ha ΔV-t voltokban, i-t amperekben, az elektródarendszer méreteit pedig cm-ben mérjük, akkor ϱ-t, a rétegek fajlagos ellenállását ohm/cm³-ben kapjuk meg. A gyakorlatban az elektródatávolságokat méterekben szokás megadni, ekkor ϱ-t ohm/m³-ben kapjuk meg. (Szokásos még az ohm m²/m, vagy ohm-méter kifejezés is.) (3. ábra.)

E legegyszerűbb elrendezés mellett számtalan változata van az ellenállásmódszernek. Mindegyikkel a talaj látszólagos fajlagos ellenállását határozhatjuk meg az *MN* elektródák között. Homogén talaj ellenállása — változatlan kísérleti feltételek mellett — ugyanazon potenciálkülönbséget adja *M* és *N* között.

Az elektróda-elrendezés mélyhatása gyakorlatilag az E_1E_2 bázisvonal 1/4-e. Ezért mély struktúrák felkutatására hosszú vezetékek szükségesek, amelyek megnehezítik és megdrágítják a méréseket. Ezeket a problémákat



3. ábra

oldják meg az ú. n. *tellurikus* áramok, melyek a földben széles sávban minden időben folynak.

Régóta ismeretes, hogy a földkéregben áram folyik és mérésnél két pont között potenciálkülönbség lép fel. *Davy* hangoztatta először (1821-ben) a földi áramok létezésének lehetőségét ; a mágneses deklináció és intenzitás változásokat a földi áramok változásainak tulajdonította. Tulajdonképpen *Barlow* észlelte először e jelenséget 1847-ben a telegráfvonalak mentén végzett méréseinél. Barlow szerint ezek az áramok közel észak-déli irányúak. *Matteucci* vette észre, hogy ezek a földi áramok kapcsolatban vannak az északi fénnyel és a mágneses háborgásokkal. Hazai mérések is történtek ezen a téren 1882—83-ban Frőhlich Izidor vezetésével. Ezek az eredmények a Természettudományi Közlöny 15. kötetének 460. l. közöltettek.

E múltszázadbeli vizsgálatok azt állapították meg, hogy a talaj két távoli pontja között a potenciálkülönbség megközelítőleg a távolsággal arányosan nő. A mérési technika fejlődésével, a mérőkészülékek érzékenységének növekedésével azt is felismerték, hogy a talaj soha sincs elektromos egyensúlyi állapotban.

Az egyensúlyi állapot hiányának okai lehetnek *emberi* eredetűek (elektromos művek, villamosok, távvezetékek stb.) vagy a *természetben előforduló lokális áramok*, melyek vagy *kémiai* eredetűek (kéntartalmú fémes rétegek, grafitok polarizációja, fémes vezetők elektrolízise stb.), vagy a *vizek elektrofiltrációjával* kapcsolatos elektromos jelenségek összessége és egyéb *meteorológiai* természetű okok, amelyek szintén többé-kevésbbé helyi jellegűek (villámcsapások, a talaj különböző pontjai közötti hőmérséklet-különbségek, a szél súrlódása, az elektromossággal feltöltött felhők befolyása, ezek mozgása által létrejött indukció stb.). Végül a legfontosabb okok *csillagászati* jelenségekkel vannak összefüggésben. Ilyenek a Föld forgása, az atmoszférikus árapályok, felső légkör elektromosságának vagy pedig a Nap elektron emissziójának indukáló hatása.

Ha *kóbor* áramoknak nevezzük azokat, amelyek emberi okokra vezethetők vissza, *önpolarizációnak* azokat, melyek kémiai vagy elektrofiltrációs jelenségekkel hozhatók kapcsolatba, akkor a *tellurikus* áramok elnevezést azokra az áramokra alkalmazhatjuk, amelyek közvetlenül vagy meteorológiai úton a Föld forgásától és a Nap tevékenységétől függnek.

Az első két csoportba tartozó áramok lokális jellegűek, ellentétben a tellurikus áramokkal. Ez utóbbiak nagy területre terjednek ki, valójában befedik az egész Földet. Ezért is adtuk nekik a tellurikus jelzőt.

Ezeket az áramokat neves tudósok tanulmányozták, vizsgálták s tárgyalták több mint ötven évig. Egyik érdekes sajátossága ezeknek az áramoknak, hogy a Földnek óriási széles szegmenseiben cirkulálnak ; négy óriási áramfolyam fedi be az egész Földet.

A Föld két pontja között mért potenciálkülönbség tellurikus komponense egy adott irányban megközelítőleg arányos a két pont közötti távolsággal, s ez az, ami a tellurikus tér fogalmát igazolja. Pl. ha a két pont túl közel van egymáshoz, a tellurikus tér definiciója illuzórikus a helyi zavaró áramok miatt.

A tellurikus áramoknak, így a térnek is az iránya és nagysága valamely adott pontban időben változik. Napi átlaga megközelítőleg nulla. Rövidebb idő alatt — kb. egy óra hosszat — mérve, azt tapasztaljuk, hogy iránya közepes földrajzi szélességen többé-kevésbbé a mágneses meridiánba esik. Naponként két maximuma és két minimuma van. Alacsony szélességeken viszont az átlagos vektor majdnem merőleges a mágneses meridiánra, és csak egy maximuma és egy minimuma van naponként. E középérték körül a tellurikus áram vektora erős hullámzást mutat.

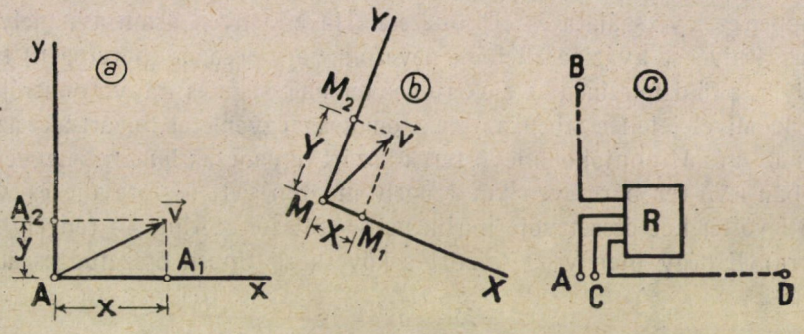
Szemügyre véve a tellurikus áramok útvonalát, a magyarázatok ma megegyeznek abban, hogy a felsőbb atmoszféra elektromos jelenségeivel hozhatók

kapcsolatba ; ez utóbbiak viszont a Nap elektron-emissziójával vannak közvetlen összefüggésben.

Bármi legyen is az előidéző ok, az eredmény az, hogy ezen áramok igen terjedelmes, szőnyegszerű sávokban keringnek, miközben a földfelület hatalmas részeit érintik. Másképpen megfogalmazva, ha a talaj teljesen homogén lenne, az áramvonalak a Föld méreteihez kicsiny, azonban emberi méretekben nagy területen, pl. egy 100 km oldalú négyzetnél megközelítőleg párhuzamosak volnának. Ilyen méretekben tehát a tellurikus áramok párhuzamos, szőnyegszerű sávokat alkotnának.

Ez a megállapítás tulajdonképpen alapja annak az elektromos kutatóeljárásnak, amelyről a következőkben kívánok szólni.

Mesterségesen előállított elektromos terekkel történő kutatásoknál, ha mély hatást akarunk elérni, vagyis azt akarjuk, hogy a földkéregbe bocsátott



4. ábra

áramok a mélyebb rétegeket is érintsék, nagy távolságra kell helyezni az árambevezető elektródákat s ez a hosszú, nehéz kábelek miatt, nagyon megnehezíti a méréseket. De nemcsak technikai nehézség merül itt fel, hanem értelmezési is. Mesterséges elektromos tereknél az elektródák geometriai elrendezéséből meg tudjuk adni, hogy milyen lenne a tér homogén talajban. Összehasonlítva ezt az elméletileg megállapított teret a ténylegesen mért térrel, az eltérések a felszín alatti rendellenességre, inhomogenitásra engednek következtetni. A feladat tehát ezeknek az eltéréseknek az értelmezése. Az eltéréseknek, rendellenességeknek az értelmezése a másik fő nehézség a mesterséges tereknél.

A nehézségek kisebbek, ha a tér egyszerű. A legegyszerűbb tér az egyenletes eloszlású homogén tér, csakhogy ilyent mesterségesen nem tudunk létrehozni, még megközelítőt is csak egészen kis területen, néhány négyzetkilométeren. Ilyen nagyságú homogén tér azonban gyakorlati célokra nem elegendő. Pl. a geofizikai kutatások legnagyobb területén, az olajkutatásnál, a felkutatandó szerkezetek néhány km hosszúak s általában 1 km-nél szélesebbek. Ilyen területek felkutatására szükséges mesterséges tereknél az elektródákat legalább

tízszer nagyobb távolságban kellene elhelyezni, hogy a szerkezeten megvalósítsuk a homogén teret, ill. a párhuzamos erővonalakat. Ezért napjainkig le kellett mondanunk az egyenletes eloszlású homogén térről, s meg kellett elégednünk a kétpólusú elektromos terekkel.

A második világháború előtt alig néhány évvel hívta fel a figyelmet Conrad és Marcel *Schlumberger* arra, hogy ha a tellurikus áramokra vonatkozó megfigyelések és elméletek megbízhatók, a természet maga szolgáltatja ezeket az egyenletes eloszlású homogén tereket, amelyeket mesterségesen képtelenek vagyunk előállítani. Igazolásra vár még, hogy a tellurikus áramok elektromos tere mily mértékben tekinthető egyenletes eloszlású, homogén térnek.

Egyenletes eloszlású téren — nyilván — olyan teret értünk, melynél homogén talajban az erővonalak, ill. az áramvonalak párhuzamosak. Mivel a talajok általában heterogének, ezek a heterogenitások maguk után vonják az áramvonalak alakjának és eloszlásának megzavarását. A kutató feladata tulajdonképpen ezek vizsgálata és értelmezése. Ha egy ilyen áramsáv, melyet egyszerűség kedvéért kváziparallelnek nevezünk, a valóságos (heterogén) talajban szétfolyik, a föld felszínén az elektromos tér nagysága és iránya pontról-pontra változik. Mivel jelen esetben az elektromosság egyenletei lineárisak, az összefüggés az A és M pontokban levő terek között ugyancsak lineáris. Legyen x és y az A-ban levő tér bármilyen két tengely mentén vett összetevője és X, Y az M-nél levő tér két összetevője másik két — tetszés szerinti — tengely mentén (4. ábra). E négy mennyiség között a következő típusú összefüggés áll fenn:

$$X = ax + by,$$

$$Y = cx + dy.$$

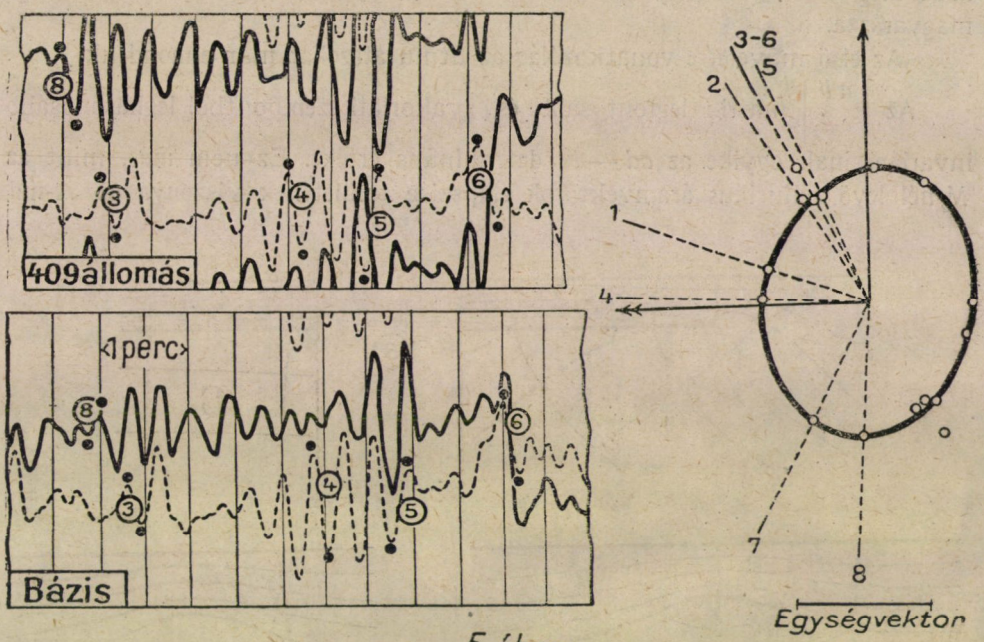
Azaz, minden M ponthoz tartozik egy — a négy együtthatóból álló — matrix, mely az A-nál levő teret transzformálja M-be. Ez a csoport vagy matrix, helyesebben a matrixhoz tartozó invariánsok együttvéve adják a felszín alatti szerkezet hatását az M pontnál levő térre. A kutatás tehát abból áll, hogy meghatározzuk nagy számban ezen M pontok invariánsait, s ezekből következtetünk a felszín alatti szerkezetre.

Az első nehézség, amelybe ütközünk, a tér pontos mérése. Olyan elektródákat könnyű készíteni, melyeknek a talajjal való érintkezési potenciáljuk az időben állandó (nem polározódó elektródák). Ezzel szemben nagyon nehéz meghatározni megfelelő pontossággal ezt az érintkezési potenciált. Azok a potenciálkülönbségek tehát, amelyeket mérünk, csak egy bizonyos nagyságrendig pontosak, s ezekről is csak azt állíthatjuk, hogy időben állandók.

A tellurikus potenciálkülönbségek szerencsére az időben nagyon változók. Ha X_0, Y_0, x_0, y_0, az értékei t_0 időpillanatban, X_1, Y_1, x_1 y_1 az értékei t_1 időpillanatban, az összefüggés $X_1 - X_0$, $Y_1 - Y_0$, $x_1 - x_0$, $y_1 - y_0$ között ugyancsak lineáris. Mivel ezek a különbségek egyszerűen mérhetők, ezek segít-

ségével az együtthatók meghatározhatók. Ebből következik, hogy nem szükséges magát a teret mérnünk, hanem a két meghatározott időpont közötti változásokkal is számolhatunk.

Céljainkra tehát elegendő, ha egyidejűleg regisztráljuk a tellurikus tér vetületeit A-ban és M-ben, pl. egymásra merőleges irányokban, azaz mérjük a potenciálkülönbségeket AA_1, AA_2, MM_1, MM_2 között és ezeken a diagrammokon kon megkeressük az $X_1 - X_0$, $Y_1 - Y_0$, $x_1 - x_0$, $y_1 - y_0$ változások matrixait,



5. ábra.

továbbá meggyőződünk arról, hogy ezek a matrixok jól megfelelnek-e egy lineáris transzformációnak.

Ha pl. az $x_1 - x_0$, $y_1 - y_0$ összetevők teljes változás-sorozatát vizsgáljuk meg, melyeknek végei az egység sugarú körön helyezkednek el, az $X_1 - X_0$, $Y_1 - Y_0$ összetevők megfelelő változásainak végpontjai egy ellipszisen kell hogy feküdjenek, amely ellipszis alakja és nagysága az $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ matrixtól függ.

Az 5. ábra ilyen regisztrálás eredményét mutatja. Amint látható, a térvektorok végei hozzávetőlegesen ellipszisen fekszenek. Néha kisebb eltérések mutatkoznak, amelyek többek között annak is tulajdoníthatók, hogy a bázis a mérőállomástól távol fekszik. Általában ez a távolság nem lehet nagyobb 20—25 km-nél. Ezek az eredmények tehát megerősítik az elmondottakat nevezetesen, hogy azok az áramok, melyek a tellurikus tér változásainak felelnek meg, kváziparallelek s szőnyegszerű sávban keringenek.

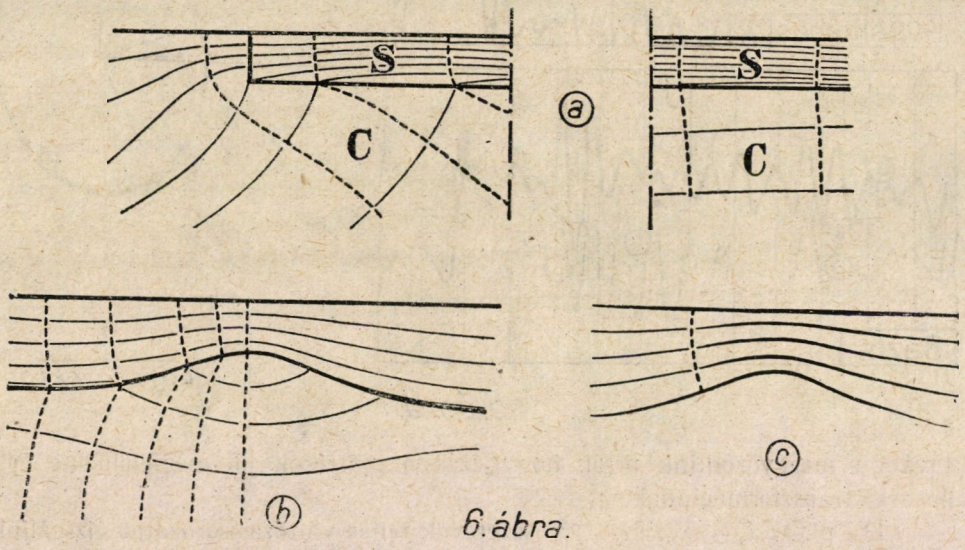
A tellurikus áramok geofizikai kutatások céljaira való felhasználásának problémája tehát a következőkből áll:

1. Az M pontban $a\ b\ c\ d$ minden eleme vagy legalább is az $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ matrix invariánsai, melyek az M pontban levő tellurikus térnek a bázisként felvett A térből való levezetését teszik lehetővé.

2. Értelmezendő ezen elemeknek vagy ezen invariánsoknak a térképe, azaz meghatározandó egy valószínű földalatti szerkezet, amely ezeket megmagyarázza.

Az első műveletre vonatkozólag az útmutatásokat már elmondtuk.

Az $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ matrix legfontosabb és gyakorlati szempontból leghasznosabb invariánsainak egyike az $ad - bc$ determináns értéke. Ez nem más, mint az M-nél levő tellurikus áramvektorok ellipszise területének viszonya az A-nál



6. ábra.

levő egységnyi sugarú kör területéhez. Ezt egyszerűen tellurikus *területnek* nevezzük. Meghatározása közvetlenül az ellipszis szerkesztésével történik. Természetesen egyéb geometriai vagy analitikai meghatározás is alkalmazható.

Hasonlóképpen minden egyes M pontnál meghatározható az A-ra vonatkoztatott tellurikus tér nagysága és iránya. Ezekből az adatokból megszerkeszthető az áramvonalak és az ekvipotenciális vonalak térképe, mely adott irányú tellurikus sávnak felel meg.

A gyakorlatban általában csak a tellurikus területek térképét szerkesztik meg, mivel ennek szerkesztése és értelmezése sokkal könnyebb és közvetlenebb, mint az ekvipotenciális vonalak térképéé.

A geofizikai kutatás eddig főként az olajkutatás segédeszköze volt. Az olajelőfordulás az üledékes medencékkel kapcsolatos. Az elmondott módszer épen e medencék felkutatására kiválóan alkalmas. Az üledékes rétegek általában jó elektromos vezetők. Azok a vastag márga-felhalmozódások, melyek az olajrétegek legtöbbjét fedik, néhány ohm-méter ellenállásúak. A mészkövek és homokok, melyek közbeékelődhetnek, néhány 100, kivételesen néhány 1000 ohm-métert érnek el. Ezekkel szemben a legtöbb helyen alapkőzetet képező kristályos kőzetek lényegesen nagyobb fajlagos ellenállással rendelkeznek. Ellenállásuk néhány 1000, sőt néhány 10 000 ohm-métert is elérhet.

Ha egy — sokkal hosszabb mint vastag — elektromos szempontból homogén üledékes medencét tételezünk fel, az áram a kristályos kőzetből a peremen lép át az üledékbe, úgy, ahogy a 6a. ábra mutatja. A peremtől bizonyos távolságra azonban az áramvonalak párhuzamosakká, ill. vízszintesekké válnak. A ϱ_0 ellenállású rétegben az áramsűrűség ϱ_1/ϱ_0-szor lesz nagyobb, mint a ϱ_1 ellenállású *fekü* rétegben. A ϱ_1/ϱ_0 viszony az elmondottak szerint 100 is lehet.

Ha a medence feneke nem vízszintes, hanem, mint a 6b. ábrán, relatív gyenge hullámosságot mutat, az áramnak háromdimenziójú heterogén környezetben való eloszlási törvényei azt mutatják, hogy az áram csaknem teljes egészében az üledékben marad, csupán egy elenyésző csekély része halad a kristályos alapkőzeten keresztül, természetesen kizárva a medence széleinek a szomszédságát. A fenék tehát mint végtelen ellenállás viselkedik.

Gyakorlati szempontból ennek igen fontos következménye van, éspedig az, hogy a tellurikus tér eloszlása üledékes medence felszínén csak magától az üledékes réteg szerkezetétől függ, természetesen a medence széleit kivéve.

Ez egyike azoknak a tulajdonságoknak, melyek megkülönböztetik a tellurikus teret más terektől, amilyen pl. a nehézségi erőtér vagy a mágneses erőtér. Ez utóbbiak főként magától a kristályos szerkezettől függnek. Az üledékes medencék tellurikus térképei tehát a mágneses és gravitációs térképekkel szemben azzal az előnnyel rendelkeznek interpretálás szempontjából, hogy egyedül az üledéktől függnek.

Vegyünk egy egyszerű példát! Tételezzünk fel egy homogén üledékes medencét, melynek az alján hengeres redő van. A 6c. ábra legyen ennek a redőnek az alkotóra merőleges metszete. Tegyük fel továbbá, hogy a medence fenekének görbületi sugara egyetlen pontban sem kicsi a medence vastagságához képest. Ez esetben az alkotókkal párhuzamos áramsávok egyenletesek lesznek. Nem így áll a helyzet az alkotókra merőleges áramsávokkal. Ha az alkotókkal párhuzamos és azokra merőleges áramösszetevőt vesszük figyelembe, a lineáris összefüggés a következőbe megy át:

$$X = ax\,, \quad Y = y.$$

Az $ad - bc$ terület itt egyenlő lesz a-val, vagyis a redőre merőleges áram relatív sűrűségével.

Ha a redőre (gyűrődésre) merőleges áramot vizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy mind a talajfelszínre, mind a fenékre merőleges ekvipotenciális felületek olyan hengeres felületek, melyek a síktól alig különböznek. Az egész ekvipotenciális felületen az áram sűrűsége, j első közelítésben állandónak vehető. Mivel az ekvipotenciális felületen áthaladó összáram J állandó megközelítőleg minden egyes pontra

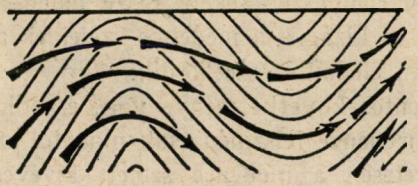
$$j \sim \frac{J}{h}$$

ahol h az üledékes réteg vastagsága.

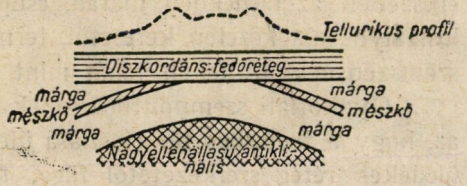
Tehát közvetlenül látjuk, hogy az áramsűrűség megközelítőleg fordítva arányos h-val, a réteg vastagságával.

A tellurikus területek térképe tehát közvetlenül az üledék fordított vastagságának a térképét, azaz alkalmas léptékben a fenék mélységének a térképét

ANIZOTRÓP ANTIKLINÁLIS ÉS SZINKLINÁLIS.



7. ábra.



8. ábra.

ábrázolja. Hasonlóan tárgyalható anizotróp antiklinális és szinklinális esete is. (7. ábra).

Az adott példa tisztán elméleti volt, mivel a valóságban nincs elektromos szempontból homogén medence, s még kevésbbé vannak hengeralakú redők. Ámde a valódi szerkezetek nagyon gyakran megközelítőleg hengeresnek vehetők, s így az eredmények megközelítőleg érvényesek. Ha a szerkezet nyúlt, tehát hossza jóval nagyobb a szélességénél, akkor elegendő a csapásirányra merőleges összetevő mérése.

Mivel az üledék elektromos szempontból nem homogén, hanem kisebb-nagyobb ellenállású szintek sorozata, a felvett egyszerű példa magyarázata nem alkalmazható általánosan. Ilyen esetekben az értelmezés bonyolultabb. Nem kívánok részletesen foglalkozni ezekkel, csupán arra szeretnék kiterjeszkedni, midőn a nagy ellenállású kristályos alapkőzet fölött van még egy nagy ellenállású vastag réteg, pl. mészkőréteg (8. ábra). Ebben az esetben ez a réteg részben vagy teljesen azt a szerepet játszhatja, mint a tárgyalt példában a fenék nagy ellenállású gyűrődése. Így ebben az esetben a tellurikus térképek főként

e réteg tetejének az alakját tükrözik. Az ábrán mészkőpadokat látunk közbeiktatva márga-sorozatba, amely szerkezet egy mély szerkezetet borít, s amelyet felül egy diszkordáns fedőréteg vág át. Ez a szerkezet olyan tellurikus profilt ad, melyen a mészkő kibúvásainak többé-kevésbbé éles kiemelkedések felelnek meg, s ezek az antiklinálisnak megfelelő nagy egyenletes anomália szárnyait egyenetlenné teszik. Ha meglehetősen sok profilt készítünk, akkor nemcsak magát a mély antiklinálist kapjuk meg, hanem a diszkordáns takaró alatti nagy ellenállással bíró kibúvásokat is.

A kutatás gyakorlati kivitele a következő:

Az alapállomáson és a felkutatandó terület megfelelő állomásain egyidejűleg folyamatosan regisztráljuk a tellurikus áramok két-két egymásra merőleges összetevőjét. A talajjal való érintkezésre nem polározódó elektródákat használunk. A regisztráló készülék leglényegesebb alkatrészei az igen érzékeny galvanométerek. E speciális tükrös galvanométerek maximális érzékenységnél millivoltonként 650 mm kitérést adnak cca 50 cm leolvasási távolságról, tehát mikrovoltok mérését teszik lehetővé.

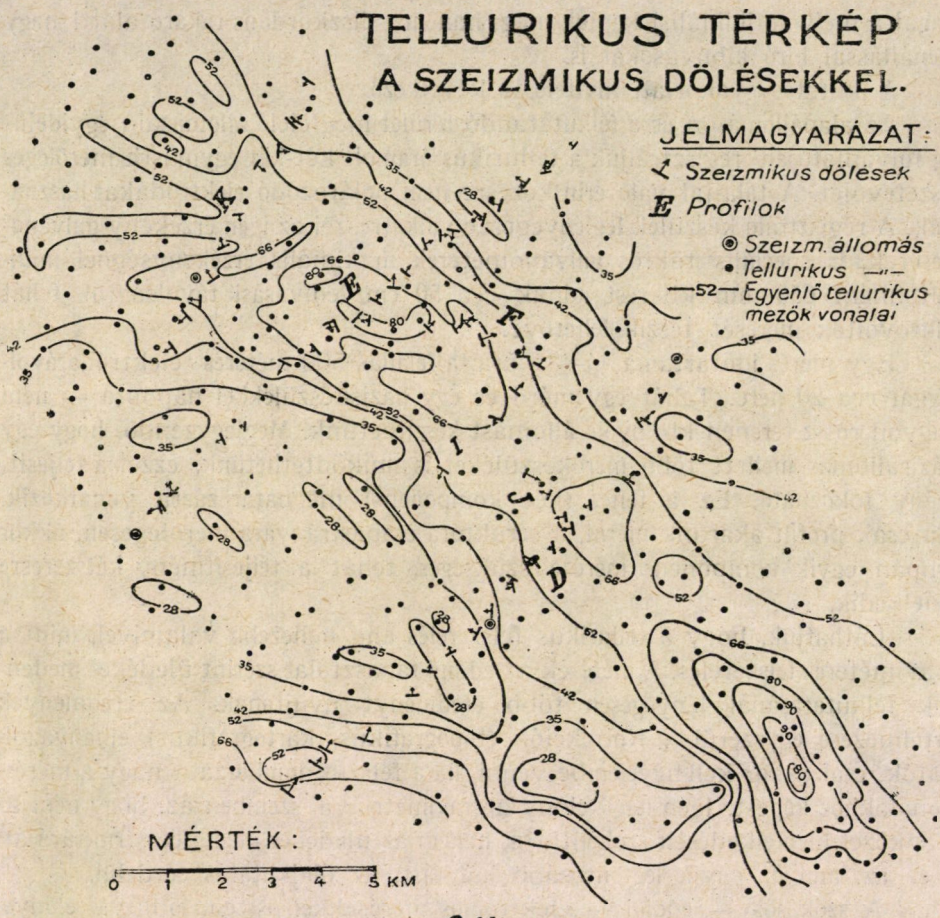
Egy mérés időtartama ¼—½ óra, a felállás 500 méteres elektródatávolsággal cca 20 perc. Tehát egy mérő és egy báziskészülékkel naponta — nem nagyon rossz terepen kb. nyolc állomást készíthetünk. Megjegyzendő, hogy egy bázisállomás mellett több mérőkészüléket is működtethetünk, ezzel a teljesítmény fokozható. Ez a teljes (két komponens) meghatározásra vonatkozik. Ha csak profilt akarunk mérni, a struktúra csapásirányára merőlegesen, akkor csupán egyik komponens mérése szükséges, tehát a teljesítmény kétszeresre emelkedik.

Láthatjuk, hogy a tellurikus felszerelés alig nehezebb valamivel, mint a gravimméteres felszerelés. A mérések az eddigi tapasztalat szerint üledékes medencék felkutatásánál lényegesen több eredményt nyujtanak. Az eredmények értelmezése egyszerűbb. Korrekciók (topografikus, kartografikus) elhanyagolhatók, csak akkor kell figyelembe venni, ha a felszín domborzata nagy a mérési vonalakhoz képest. Igen nagy előny a gravimetriával szemben az, hogy nem az alapkőzet kiemelkedéseit szolgáltatja, hanem az üledékes medence struktúráját, s ez az, ami az egyik legfontosabb kutatást, az olajkutatást érdekli.

A szokásos — eddigi — elektromos mérésekkel összehasonlítva, előnyei nyilvánvalóak. A tellurikus eljárás árambevezető elektródáit a végtelenbe helyezi, s ezzel megvalósítja a legnagyobb vizsgálati mélységet, teljesen feleslegessé téve az áramforrásokat és a hosszú kábeleket. E kutatás tehát sokkal egyszerűbb, értelmezése sokkal könnyebb, mint az eddig alkalmazott elektromos kutatómódszereké. Azokkal szemben csak egy hátránya van, nevezetesen, hogy a talajok vezetőképességének csak a relatív értékeit adja meg; ámde nem nehéz megállapítani elektromos szelvényezések révén az abszolut értékeket ott, ahol a tellurikus szelvények alapján kívánatos.

Végül összehasonlítva a reflexiós szeizmikus módszerrel, a tellurikus eljárás

nyilván kevésbbé pontos, azonban lényegesen egyszerűbb, könnyebb, olcsóbb kutatási módszer, s a teljesítménye lényegesen nagyobb. Az eddigi tapasztalatok azt mutatták, hogy eredményei a gravimetria és a szeizmika között foglalnak helyet. Önként kínálkozik tehát egyrészt, mint felderítő eljárás, mely meg-



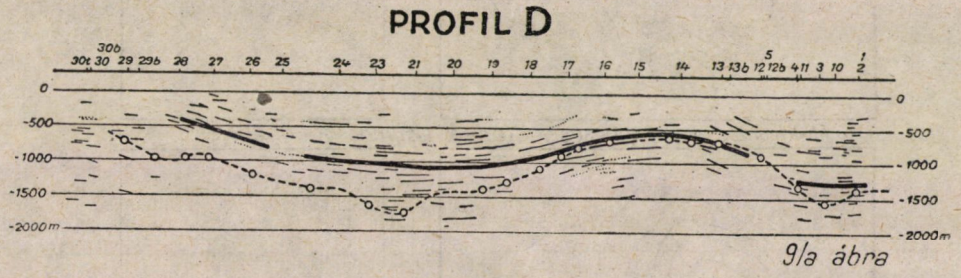
9.ábra.

kétszerezi, pótolja vagy pontosabbá teszi a gravimetriát, másrészt, mint félig részletes eljárás a szerkezetek pontos helyének, összefüggéseinek meghatározására, vagy mint részletes eljárás a szeizmikus mérések megkétszerezésére, vagy a szeizmikus mérések pótlására azokon a helyeken, ahol a reflexiók nem megfelelők.

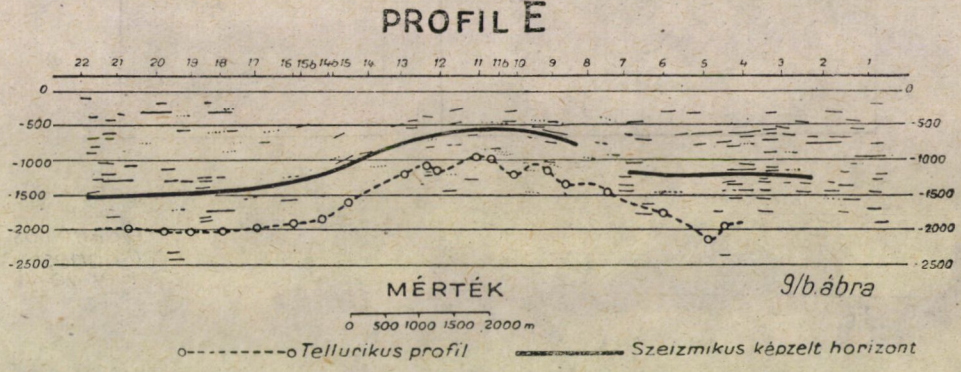
A 9. ábra egy ilyen felvételt mutat. Erről leolvasható a mérési pontok sűrűsége. Egyúttal összehasonlítást enged meg a szeizmikus mérésekkel, neve-

zetesen a dőlésekkel, s az ezekből szerkesztett képzelt szelvénnyel (9a, 9b). Úgy gondolom, hogy e valóságos felvételhez hozzáfűzni való nincs.

Tárgyalásaink során feltettük, hogy létezik tisztán tellurikus elektromos mező. Ez a valóságban csak bizonyos megszorításokkal érvényes. Bevezetőben



9/a ábra

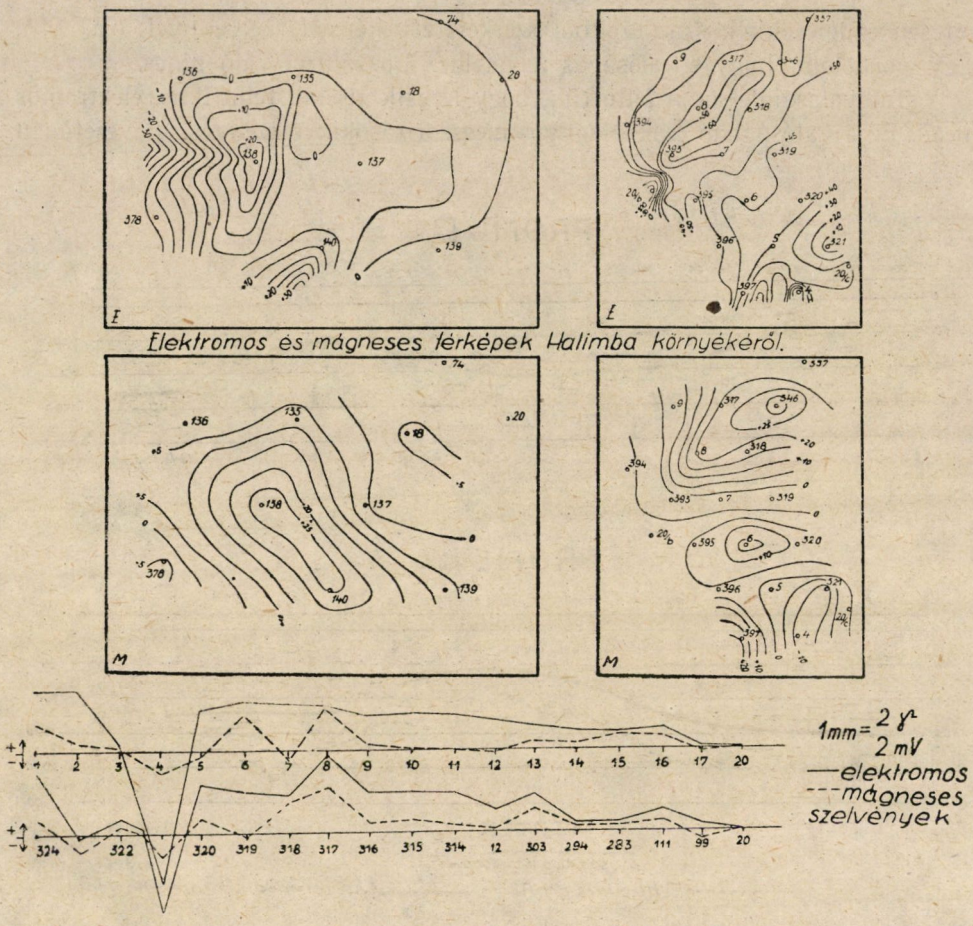


9/b ábra

említettük az egyéb földi áramokat, nevezetesen az emberi létesítmények okozta kóboráramokat és a kémiai folyamatok stb. folytán létrejövő polarizációs áramokat. Ezek közül az elsők hatása zavaróbb, a másiké inkább lokális jellegű. A kutatás további problémája még, hogy ezeknek az áramoknak zavaró hatását meghatározzuk és a korrigálási lehetőségeket megállapítsuk.

E zavaró hatások közül a kémiai folyamatok által létrehozott potenciálkülönbségek viszont a bányászati kutatás egyik fontos ágánál, az érckutatásnál játszanak jelentős szerepet. E módszert a Halimba-környéki bauxit kutatásoknál alkalmaztuk hazánkban először ilyen természetű kutatásokra. Az eredmények kiértékelésénél — a kevésszámú mérési pontból — még nem volt eldönthető, hogy mennyi az eredményekben a lokális és mennyi a tellurikus komponens.

Összefoglalva az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy a tellurikus áramoknak kutatási célra való felhasználásával az elektromos kutatómódszer új fázisba lépett. Az eddigi lokális kutatójellegét levetve, komoly struktúrális kutatómódszerré vált.



Elektromos és mágneses térképek Halimba környékéről.

10., ábra

IRODALOM

1. *E. Boissonnas* and *E. G. Leonardon:* Geophysical Exploration by Telluric Currents, with special Reference to a Survey of the Haineswille Salt Dome, Wood County, Texas. (Geophysics Vol. 13, No. 3, July, 1948.)

2. *R. S. Dahlberg, Jr.:* An Investigation of Natural Earth Currents. Geophysics, X. (October, 1945.)

3. *Leon Migaux:* Une methode nouvelle de géophysique appliquée: la prospection par courants telluriques. Annales de Geophysique, Vol. 2. (June, 1946.)

4. *Paul Rougerie:* Contribution à l'étude des courants telluriques. Annales de l'institut de Physique du Globe de Paris, Vol. 20. (1942.)

5. *W. J. Rooney:* Earth Currents. Physics of the Earth. Vol. 8. Terrestrial Magnetism and Electricity, (1939. Chap. 6.)

6. *M. Schlumberger:* The Application of Telluric Currents. (American Geophysical Union Transactions, 1939.)

7. *M. Sclumberger* and *G. Kunetz:* Variations rapides et simultanées du champ tellurique en France et à Madagascar. Extraits des Comptes-Rendus l'Academie des Sciences, 223. (October 7, 1946.)

HOZZÁSZÓLÁS A GEODÉZIAI ELŐADÁSOKHOZ

AZ EGYSÉGESÍTÉS KÉRDÉSÉRŐL A GEODÉZIÁBAN

HRISTOW WLADIMIR bolgár akadémikus

Vitathatatlan ténynek tekinthető, hogy igen jelentős hatásúnak mutatkozott a matematikában az azonos jelzéseknek vagy a csillagászatban és más tudományokban ugyanazon alapállandóknak a bevezetése. A geodéziában azonban a hasonló egységesítések terén még sok a kívánni való. E téren mi itt csupán két igen fontos kérdést szándékozunk röviden érinteni, éspedig: 1. a referencia-ellipszoid és 2. a geodéziai koordináták kérdését.

A referencia-ellipszoid

A multban használt Bessel-féle ellipszoid a nagy háromszögeléseknél a Föld valódi méreteitől való eltérése miatt már túlhaladott. Ezért 1924 október 7-én a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Únió Madridban a Szovjetunió távollétében a Hayford-féle ellipszoidot fogadta el, amelyet 1909-ben az addig ismert mérésekből vezettek le, amikor is a csillagászati méréseken az izosztatikus redukciót a kiegyenlítő felületnek 120,9 km mélyben való felvétele mellett végezték el.

A fenti levezetés után két nagy jelentőségű esemény következett be: a gravitációs méréseknek az egész Földre való kiterjesztése és a geodéziai méréseknek a Szovjetunió területén való elvégzése, amely a Föld szárazföldjének 1/6-át jelenti.

A fenti tényekre való tekintettel a Moszkvai Geodéziai, Légifotogrammetriai és Kartografiai Központi Tudományos Kutató Intézet feladatául tűzte ki, hogy egy olyan ellipszoidot vezessen be, amely a jelenlegi gyakorlati és tudományos követelményeknek megfelel. A megfelelő vizsgálatokat A. A. Isotow docens, a műszaki tudományok kandidátusa, F. N. Kraszovszkij profersszornak, a műszaki tudományok doktorának vezetése alatt végezte. A Szovjetunióban, az USA-ban és Nyugat-Európában végzett geodéziai, valamint az egész Földön végzett gravitációs mérések alapján először egy háromtengelyű földi ellipszoidot vezettek le, amelyet azonban az egyenlítő 1 : 30 000-es lapultsága miatt egy közepes forgásellipszoiddal helyettesítettek. Így 1940 elején a következő értékeket kapták:

$$a = 6\,378\,245 \; km$$

$$\alpha = 1 : 298{,}3$$

A fenti méretű ellipszoid, amelyet később Kraszovszkij-ellipszoidnak neveztek, napjainkban a legjobb ellipszoid és nagyobb az elméleti megalapozottsága, mint a Hayfordé. A Szovjetunió minisztertanácsának 1946 április 7-iki rendelete ezt az ellipszoidot a Szovjetunió területére referencia-ellipszoidnak elfogadta.

Mivel a Kraszovszkij-féle ellipszoid a Hayford-féle ellipszoidot felülmúlja, joggal állíthatjuk, hogy a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Únió 1924. évi madridi határozata revizióra szorul és hogy a Hayford-féle ellipszoidot Kraszovszkij-féle ellipszoiddal kellene helyettesíteni.

A Bolgár Tudományos Akadémia munkaközössége az előadónak a vezetése alatt a Kraszovszkij-féle ellipszoid alapvető geodéziai értékeit az egyenlítőtől a pólusig minden ívpercre kiszámította. Ezek a táblázatok a következő adatokat foglalják magukban: az $V = \sqrt{1+(e')^2\cos^2\varphi}$ alapfüggvény logaritmusát 12 tizedesre, a meridián-görbületi sugár M logaritmusát 10 tizedesre, a haránt görbületi sugár N logaritmusát 10 tizedesre, a közepes sugár $R = \sqrt{MN}$ logaritmusát 10 tizedesre, az ellipszoidikus fölösleg számításához szükséges $\frac{\varrho''}{2R^2}$ érték logaritmusát 6 tizedesre, az egy ívpercnek megfelelő parallelköz $r \cdot \text{arc } 1'$ hosszát 1 ívpercre 5 tizedes pontossággal, a B meridián-ívhosszat 3 tizedes pontossággal. Ezek a táblázatok nemrégiben jelentek meg nyomtatásban és úgy véljük, hogy jó szolgálatot tesz az ilyen irányú egységesítés ügyének.

A koordináták.

A legjobb geodéziai koordináták a Gauss-Krüger-félék. Fontosabb előnyeik a következők. Először: egy meridiánnak a pontjai — alapmeridiánnak választva — egymással mind egyenértékűek, egyik se válik ki a többi közül, úgy hogy mindegyik pontot egyforma joggal lehet számítási kezdőpontnak választani. Másodszor: az egész Földet egy lehető kicsi számú koordinátarendszerre lehet felosztani (3° szélesség mellett 120 6° szélesség mellett 60 sáv). Harmadszor: ezek a koordinátarendszerek egymás között teljesen kongruensek, úgy hogy az egyik koordinátarendszer táblázatait automatikusan valamennyi többinél használni lehet. Az egységesítésre való tekintettel javasoljuk, hogy mindenütt a Gauss-Krüger koordinátákat használjuk, mégpedig a szovjet példa alapján. Ez a számozásra vonatkozólag a következőket jelenti: 1. A φ földrajzi szélesség és az x abszcissza az egyenlítőtől északra pozitív. 2. A λ hosszúságkülönbség és az y koordináta a kiinduló meridiántól keletre pozitív, nyugatra negatív. 3. Az A azimutot, a T irányszöget északtól keleten, délen és nyugaton keresztül mérjük. Az A azimut és a T irányszög között az összefüggés az e meridiánkonvergencia útján $A - T = e$ összefüg-

géssel van meghatározva. Ez tehát a kiinduló meridiántól keletre pozitív, nyugatra negatív. Az alapmeridiánokat 3°-os sáv mellett $\lambda_0 = 3°, 6°, 9°, 12°$ stb.; 6°-os sáv mellett $\lambda_0 = 3°, 9°, 15°, 21°$ stb. Greenwichtől keletre. Ez utóbbi esetben az ordinátákhoz 500 000 méter hozzáadandó, hogy pozitívok legyenek, és hogy $n = 1/6\,(\lambda_0 + 3°)$ milliós számmal legyen írható.

A régi ellipszoidról és a régi koordinátákról az új ellipszoidra és az új koordinátákra való átmenetel gyakorlati keresztülvitele.

Az előadó egy nem túl nagy ország részére a következő módszert dolgozta ki. A régi koordináták részére a $\Delta x_{0,i} = x_i - x_0$, $\Delta y_{0,i} = y_i - y_0$ koordinátadifferenciákat és $\Delta T_{0,i} = (T_{i,0} \pm \pi) - T_{0,i}$ ordinátakonvergenciát $\Delta S_{0,i} \cos T_{0,i}$ és $\Delta S_{0,i} \sin T_{0,i}$ segítségével hatványsorokban fejezzük ki, ahol $\Delta S_{0,i}$ a geodéziai vonal hosszát jelenti. A koefficiensek az a, α ellipszoid parameternek, a talppont φ_{0f} földrajzi szélességének és az (x_0, y_0) kezdőpont y_0 ordinátájának a függvényei. Ennek $\varphi_{0f}, y_0, T_{0,i} S_{0,i} a, \alpha$ szerinti differenciálásából megkapjuk az (x_i, y_i) végpontnak dx, dy, dT változásait, amikor is (x_i, y_i) a háromszögelés bármely pontja lehet. Ha a továbbiakban $\Delta S_{0,i} \cos T_{0,i}$ és $\Delta S_{0,i} \sin T_{0,i}$-t $\Delta x_{0,i}$ és $\Delta y_{0,i}$ által helyettesítjük, akkor dx, dy, dT keresett változásokat a Δx és Δy koordinátakülönbségek hatványsorában kapjuk meg mégpedig konstans koefficiensekkel, amelyekben $d\varphi_{0f}, dy_0, dT_0$, $\frac{ds}{s}, \frac{da}{a}$ és $d\alpha$ fordulnak elő. Így tehát hatványsorokat kapunk a régi ellipszoid régi tájékozású régi koordinátái, valamint az új tájékozású ellipszoidon a régi módosított koordináták között, továbbá konstans koefficiensekkel hatványsorokat állítunk fel a módosított régi koordináták, valamint a Gauss-Krüger koordináták között. Végül ugyancsak konstans koefficiensekkel hatványsorokat állítunk fel a helyi és a végleges Gauss-Krüger koordináták között. Azáltal, hogy a módosított régi koordinátákat és helyi Gauss-koordinátákat egymás után kiküszöböljük, végül is konstans koefficiensű hatványsorokat kapunk a régi tájékozású régi ellipszoid régi koordinátái és az új tájékozású új ellipszoid végleges Gauss-Krüger koordinátái között. Az x, y és T ezen három hatványsorát táblázatok összeállítására használhatjuk fel, mégpedig csoportosításban úgy, hogy a régi koordinátákat interpolálás útján az új végleges Gauss-Krüger-koordinátákká alakítjuk át.

A fentihez hasonló feladatot azonban a φ, λ és A földrajzi koordináták részére az előadó már régebben megoldotta, és ezeket a gyakorlat már használja is.

A javasolt módszernek az a nagy előnye, hogy egy háromszögelés több ezer pontja átszámításának tömegmunkáját kisebb képzettségű személyzet is elvégezheti, hogy ha az ehhez szükséges számítási táblázatok elkészültek.

Azon óhajunknak adunk kifejezést, hogy ez az egységesítés mentül hamarabb megtörténjék és hogy a népi demokráciák a legjobb ellipszoidot és a legjobb koordinátákat vegyék használatba.

A MAGYAR ÁSVÁNYKINCSEK FÖLTÁRÁSA

VADÁSZ ELEMÉR r. tag

Eötvös Lóránd Tudományegyetem Földtani Intézetének igazgatója
előadta az 1950. nov. 28-án tartott osztályülésen

Országok, nemzetek, népek fejlődése és jóléte a termelési mód fejlettsége és társadalmi berendezésük szerint függ a természeti viszonyok megfelelő alakításától és a természetben föllelhető hasznosítható anyagok helyes felhasználásától. Az emberi szükségletek kielégítésére a társadalmi viszonyok mellett bizonyos hatással voltak az éghajlat, a talajminőség, a földrajzi viszonyok is. A kapitalizmus kezdete előtt az ásványi nyersanyagok másodrendű szerepet vittek. Az iparosodás lényegesen megváltoztatta ezt a helyzetet, és a fejlődést sokkal nagyobb mértékben kötötte az ásványi anyagok felhasználásához, mint az előző termelési rendszerek. A huszadik században sokkal több fémet állítottak elő, mint az emberi történelem megelőző időszakában együttvéve. A kapitalista társadalom kizsákmányoló rendszerében az ásványi nyersanyagok egyéni érdekeket szolgáló fölkutatásaa, földtant teljesen a tőkés egyéni céljainak szolgálatába állította. A földtani gyakorlat mesterségszerű üzemmé lett.

A szocialista társadalom forradalmi változást jelent ebben is. A természettől való függést a tudományos megismerések felhasználásával lazítja, s a természet mesterséges megváltoztatásával a vegetatív civilizációt a közösség érdekében fokozatosan növeli. Ezzel szerves összefüggésben, egyidejűleg az ipari kultúrát, amelynek előnyeit a kapitalista társadalomban csak kiváltságosak élvezik, az elnyomott tömegek közkincsévé teszi. Ennek szükségszerű velejárója az iparosodás nagyrafejlesztése, tervszerű újjáformálása, előfeltétele a hasznosítható nyersanyagok fokozott fölkutatása, termelése és fölhasználása.

A korszerű nehéziparnak és kapcsolt részeinek ásványi nyersanyagszükségletét sorrendi értékelésben a következő csoportosításban szemléltethetjük:

1. Energiaszolgáltató szilárd és folyékony anyagok: kőszén, olaj, földgáz.
2. Alap-fémek ércei:
   a) vasércek,
   b) réz-, alumínium-, ólom- és cink-ércek.
3. Adagolt öntvény-fémek ércei vagy nyersanyagai: mangán, króm, nikkel, wolfram, titán, vanadium, molibdén, ón, magnézium, antimon, higany.
4. Elengedhetetlen ipari szükséglet az erős savak — kénsav, sósav, salétromsav — nyersanyagai.
5. Szerves nyersanyagok és táplálékok termeléséhez szükséges műtrágya és ásványi sók: foszfátok, nitrátok, kálisók.
6. A nem-fémes kőzetek változatos sora, változatlan állapotban: építő-

kövek, útburkolati anyagok; feldolgozásban: cement, mészkő, agyag, földpát, trasz, sók, azbeszt, csillám, barit, grafit és egyéb ásványi nyersanyagok a vegyiipar céljaira.

Itt külön is ki kell emelnünk az első helyen említett, energiaszolgáltató kőszén, kőolaj és földgáz vegyiipari felhasználásának nagy jelentőségét.

Az imperialisztikus tőkés gazdálkodás az iparosodás fejlettebb kultúráját csak saját országában valósította meg, ott is elsősorban a kiváltságosak javára. A gyarmatokat, a lakosság és a természet teljes kizsákmányolásával, a vegetatív kultúra legalacsonyabb fokára szorították. A szocialista társadalom az iparosodás fokozásával a vegetatív kultúrát is összhangba hozza. Ennek biztosítéka, egyebek között, a tervgazdálkodás.

Az ásványi nyersanyagok megítélésének szempontja a vázolt ipari szükségletek céljára: *a hasznosíthatóság*. Valamely anyag hasznosíthatósága, azaz bizonyos célokra való felhasználhatósága, az iparosodás fejlődésével változik. A használhatóságnak egyetlen állandó kritériuma az, hogy az anyagokban valamilyen szükségelt alkatrész gazdaságos kitermelésre alkalmas mennyiségben legyen jelen. Szorosabban véve ez a főként ércekre vonatkozó meghatározás sem végleges érvényű, mert a kohászat fejlődése itt is változó fémtartalmat jelölhet meg. A nem-fémes nyersanyagok hasznosíthatóságát az anyagminőség (szilárdság, tartósság, időtállóság), vagy a gyártásra való fizikai-vegyi alkalmasság adja meg. Ennek mértéke szintén a gyártási technikához idomul.

A fokozódó nyersanyag-szükséglet a kutatásnak állandó serkentője.

Miben nyilvánul tehát ezeknek az ásványi nyersanyagoknak földtani felkutatása? Erre vonatkozólag tudnunk kell, hogy a földkéreg összetételében résztvevő anyagok, elemek vagy vegyületek, nagyon egyenlőtlen eloszlásban mutatkoznak. Ezzel az általános szabállyal szemben a hasznosítható anyagok *mennyiségi* vagy *minőségi* kivételek, amelyek földtanilag meghatározható helyeken és módon, megfelelő földtani körülmények között keletkeztek, anyagfeldúsulással, vagy különleges minőségi átalakulással. Ezeknek a különleges keletkezési viszonyoknak megállapítása a földtani kutatás feladata.

Ez a »kutatás« kettős tevékenységet jelent: elméleti vizsgálatot és annak gyakorlati kivitelezését, vagy másként: tudományos megállapítást és annak alkalmazását. Ez a kettősség elválaszthatatlan egység a földtanban, amelynek tudománytörténeti fejlődésében egyszer az egyik, másszor a másik irányzat volt túlsúlyban. Az ásványi anyagok vizsgálata és kutatása egymásba fonódó, egymásra utalt, folytonossági fokozatokban történik. Ezeknek megkülönböztetésére szükség van nem annyira az elhatárolás és a szétválasztás, mint inkább a műveletek folyamatossága érdekében. Az egyes műveletek ugyanis különböző, mindinkább specializálódó foglalkozási kört jelentenek.

A hasznosítható ásványkincsek feltárásáig vezető teendők, melyeket összesítve *kutatásnak* mondunk, a földtani megismerésen alapulnak. A földtani megismerés tudományos módszerekkel történő földtani *vizsgálat*, amely minden

megelőző adat minél tökéletesebb összegyűjtésével indul. A földtani vizsgálat eredménye jelöli meg a kutatás további szükségét. Ennek kivitele már műszaki feladat. Kedvező eredmény esetén következik a bányászati feltárás s annak nyomán a termelés. Lényegében tehát a hasznosítható ásványos anyagok feltárása nagyon sokféle vizsgálat és kutatás tökéletes együttműködését, tárgyi és személyi kollektivitást, munkaegyüttest, munkaegyeztetést jelent. A cél elérésének egyik feltétele ennek a munkaegyüttesnek hiánytalan megvalósítása, a munkában résztvevő szakembereknek egyéni céloktól és túlkapásoktól mentes közreműködése. Ezt a kollektív kutatást a Szovjetunió példázza, ahol a földtani kutatás a topográfiai térképezéstől, az ásványtani, kőzettani, geokémiai, geofizikai, őslénytani és geomorfológiai, részletes külszíni és belső laboratóriumi vizsgálatokig és a felhasználásra vonatkozó technológiai vizsgálatokig a legtökéletesebb szervezettséggel történnek. Természetesen nagy munkamegosztással. Az e téren elért hatalmas eredményekben a Szovjetunió végtelen lehetőségein kívül jelentős része van a kiváló szervezésnek, a közösség iránti tudatos szolgálatnak és a megértő kötelezettségnek.

Sajnos, mi még nagyon messze vagyunk ettől, bár a Szovjetunió példája megkönnyítené haladásunkat ezen az úton. Több ízben rámutattunk már, hogy szakembereinknek nagy része nem tud alkalmazkodni a közösséget szolgáló munkaegyütteshez, és még mindig a kapitalista járomban megszokott egyéni anarchizmusban és üzleties gondolatkörben él. Ezt mindenesetre nagyon sürgősen fel kell számolni. Kutatásainkat olyan tudatos cselekmények is hátráltatják, amelyek a legsúlyosabb fegyelmi elbírálást érdemlik. Szigorú intézkedésekkel kell leszoktatnunk népi demokráciánktól a multban soha nem tapasztalt mértékben becsült és anyagilag is eléggé javadalmazott tudományos szakembereinket arról, hogy tudományos anyagokat, közérdekű adatokat és hivatali tevékenységük folytán készült szakértői és tudományos megállapításokat magántulajdonként visszatartsanak. Meg kell velük értetnünk, hogy mindent haladéktalanul közzétenni, vagy minden fenntartás és jogosulatlan anyagi igény nélkül, a közösségi kutatás rendelkezésére bocsátani kötelesek. És mindezeken felül meg kell velük értetnünk, hogy a tervgazdálkodásban az idő elsőrendű tényező. Ötéves tervünk teljesítése a meghatározott terminuson múlik, annak betartása — a minőség hátránya nélkül — mindnyájunkra kötelező. A szerves egységbe kapcsolódó kutatási munkák kivitelében a határidő bármilyen okból való elmulasztása helyrehozhatatlan zavart okoz. Ezen nem segíthet az elkésve érkezett munka, legyen az még oly tökéletes, vagy akár örökértékű tudományos megállapítás is.

Az elmélet és a gyakorlat elválaszthatatlan egységének ilyen irányelvei szerint vizsgáljuk röviden a magyar ásványkincsek feltárásának általán s kereteit és lehetőségeit, a bevezetőben adott nagy csoportok szerint. Az elmult tőkés gazdasági rendben, a nyersanyagok kutatása is a mindenkori üzleti esélyek, kereslet és kínálat szerint alakult, tehát rendszertelen volt. A megindított

kutatások végrehajtásában a várható üzleti haszon volt irányadó, s a kutatás »meddő befektetésnek«, előre is leírásra szánt »fond perdu«-nek minősült. Ebben a kutatásban az igénybevett szakemberek csak »alkalmi munkások« lehettek, akik a viszonylag kevés munkaalkalomban egymással versengve, a munkabéreket alku tárgyává tették. Ezért, valamint a munka alkalmi volta miatt, megbízásuk tökéletes elvégzésére nem volt módjuk, további foglalkoztatásuk érdekében arra nem is törekedtek. Népi demokráciánk szocialista államépítésében most először nyílik mód arra, hogy a sokoldalú kutatás tervszerűségében, a különböző irányú szakemberek állandó, folyamatos munkaalkalmat kapjanak. Ehhez mielőbb hozzá kell idomulnunk a mondottak értelmében.

Országunk nyersanyagkutatásának általános kereteit tárgyilagosan felmérhetjük földtani viszonyaink ismeretében. Szovjet-méreteink nincsenek, nincsenek azonban olyan földtani fehér foltjaink sem, ahol nagy meglepetésekre számíthatunk. Ez azonban korántsem jelent lemondást, még kevésbbé kelt sötétenlátó érzést bennünk, mert tudjuk, hogy a multban hiányzott a tervszerű munka, az egységesen és folyamatosan végzett korszerű kutatás, mely minden vonalon új kilátásokat nyit számunkra is. Eddigi ismereteink szerint elkészítettük hasznosítható anyagaink készletösszesítését. Ez a kiindulási alap további tervszerű kutatásainkhoz. Sorra kell vennünk az itt reánkváró teendőinket.

Nyersanyagkutatásunk csak megfelelő földtani és a szükséghez képest ezzel együttjáró geofizikai előkészítéssel történhetik. Ez csak tiszta tudományos módszerekkel, tökéletes korszerű anyagfelhasználással és szakszerű kivitelezéssel végezhető. Ezt csakis az Állami Földtani Intézet és az Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet biztosíthatja, a jelenleginél jobb együttműködésben. Meg kell szűnniök tehát a különböző állami vállalatoknál és egyéb intézményeknél történő, bármilyen célú, különálló nyersanyagkutatásoknak, amelyeket ezek, legtöbbször szakértőnek minősített saját személyzetükkel végeztetnek, s amelyeknek adatai nekünk legtöbbször tudomásunkra sem jutnak. Minden ilyen irányú kutatás csak az Állami Földtani Intézet útján történhetik, az Akadémiai Földtani Bizottság tudtával, irányításával és felügyeleti ellenőrzésével. Ilyen központosító egyesítés nélkül továbbra és fönnáll a lehetősége a mindmáig előforduló ismétlődéseknek és hibásan vagy tökéletlenül végzett kutatásoknak.

Igen nagy hiánya minden eddigi földtani kutatásnak az anyagfeldolgozásnak csaknem teljes elmaradása. Nyersanyagkutatásaink eredménye nagyrészt a technológiai eljárások alkalmazásától függ. A földtani részletes anyagfeldolgozásban félévszázaddal elmaradtunk, mennyiségi és korszerű minőségi kivitelben is. A legelső szükségletül megjelölt földtani térképezés külső munkájával a belső anyagfeldolgozás sohasem tartott lépést. Ezenkívül hibáztatható szakembereink munkaterületének folytonos változtatása, újabb föladatokkal való megterhelésük, ami lehetetlenné teszi megkezdett munkájuk tökéletes elvégzését. Az Állami Földtani Intézetben szükség van a legrövidebb időn belül

7 Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei. VI. o.

egy külön anyagfeldolgozó osztály megszervezésére, amelynek jelentős létszámú szakemberei külső munkát nem végeznek, hanem belső anyagfeldolgozással foglalkoznak. Ettől a munkától földtani kutatásunk nagyon sok új meglátást és helyesebb irányítást várhat.

Nem kielégítő a mélyfúrások anyagának feldolgozása sem, amely még olajkutató fúrásainknál is nagyvonalú, s csak a legszükségesebb gyakorlati fogásra szorítkozik. Korszerű, részletekbe menő és minden rétegmintára kiterjedő üledékkőzettani és mikropaleontológiai anyagvizsgálattal medenceüledékeink rétegtani azonosítása s ezzel a szerkezetének gyakorlatilag nagyon fontos közelebbi megismerése volna elérhető.

A kőszénkutató mélyfúrások helyének kijelölése sokszor nélkülöz minden földtani megfontolást. A mintavétel s a fúrások ellenőrzése teljesen hiányzik, a hozzáértés hiánya a kivitelezésben a fúrások időelőtti beszüntetésében, vagy szükségtelen túlfúrásban jelentkezik. A fúrási anyag rendszeres feldolgozásához nélkülözhetetlen adatok, a fúrás helyének térképi rögzítése, bemérése, a fúrás kivitelének részletes közlése, a fúrás közben történő egyéb megfigyelések (víz, gáz, nyomás, hőmérséklet, rétegdűlés) sokszor hangoztatott, de még mindig beteljesületlen vágyálmok. Feltétlenül meg kell találnunk itt a munka termelékenységét kívánó teljesítményre törekvés, a vizsgálat céljára szükséges megfelelő mintavétel és adatszolgáltatás közötti szakadás közérdekű áthidalását.

Kőszénkutatásaink az említett alkalomszerű kivitelben, már az előző háború utáni időszakban előtérben voltak. Ezek nyomán — új területek megnyitásával — kőszénkincsünk felbecsülése ismételt újraértékelésben, fokozottabb mértékű növekedést mutat. Az átértékelésben jelentős eredménynek tekinthető a területek magánjogi széttagoltságának, a magánvállalatoknak felszámolása. Ezzel ugyanis mind a kutatások egységes kivitelében, mind az eddig különállóan, más-más magánérdekek szerint végzett értékelésben, megszűntek a tudományos vizsgálatok korlátozásai is. A bányaműveletek területi folytatásának további feltárásokat előkészítő fúrásai, újabb, a várható nagyobb mélység miatt eddig elhanyagolt területek mélyfúrásain kívül, a kőszénnel kapcsolatban rendszeresített anyagvizsgálat a már megindult kőszénkőzettani irányban, a meddő kőzetbetelepülésekhez való viszony és a kőszén pollenvizsgálata jelentik itt a jövő kilátásait és lehetőségeit. Idekapcsolódnak a technológiai vizsgálatok. Ezeket egy-egy különálló kérdés (kokszolhatóság, lepárlás) vizsgálatán felül, valamennyi kőszénfajtánkra vonatkozóan, mindenre kiterjedően, rendszeresen el kell végezni, hogy a fölhasználhatóság tekintetében is teljes képet kapjunk, s a kőszéntermelést azzal összhangba hozzuk. Az anyagvizsgálat a telepek kőszénföldtani viszonyainak teljes megismerésével s a fokozódó gépesítéshez szükséges adatokat adhat, a vágatok kihajtási módjára, a fejtési frontok kialakítására is.

Ilyen vizsgálatok a multban csak kivételesen, szórványosan folytak. Az eddig széttagoltan működött bányaterületek egységesítésével, a telepek

földtani azonosítására is szükség van. A kőszénkutatás egységes tervszerűségébe kapcsolódik bele a vízkutatás is, a bányászatot veszélyeztető karsztvízkutatáson túlmenően is.

A földi olaj és *a földi gáz* kutatása a multban egészen elkülönülten, az ország gazdasági érdekeinek figyelembevétele nélkül történt. A leleplezett szabotázs óta ez is teljesen megváltozott, s a munka új lendületet vett. A kutatások rendszeres folytatása, a termelő fúrásokkal szemben, műszaki és egyéb okokból egyelőre háttérbe szorult. Szükségesnek mutatkozik a geofizikai és földtani vizsgálatok eredményeinek összehangolt kiértékelése. Ez még nem történt meg kielégítő módon. Ennek további előfeltétele az eddigi produktív olajterületek ál alános földtani szerkezeti jellegének elfogadható magyarázata. Ez az elméleti vagy tudományos megállapítás az elfödött medence további fúrásainak biztosabb irányítására vezet. Az újraértékelésnek igen nagy akadálya egyelőre a földtani kutatási adatok teljes elzártsága. Lehetetlennek tartjuk, hogy teljesen elfödött medencéink mélyebb lszerkezetéről képet alkossunk a már több helyen megfúrt medencealjazat változatos anyagának is merete nélkül. Országunk túlnyomó részben medencealakulat lévén, ezek a legértékesebb adatok az ország tökéletes földtani megismerésére is. Ez további kutatásainknak alapja.

Érckutatásainkban újra megvizsgáltuk az ország korszerű földtani megismeréséből adódó lehetőségeket. Itt jobb összefogásra lesz szükség, főként a kivitelezés körül. Az érckutatás még a egnagyobb lehetőségeket mutató esetekben is rendíthetetlen hitet és optimizmust kíván. Ötletszerűen, félig kezdetleges módon végrehajtott kutatások sohasem vezetnek eredményre, sőt inkább hitelrontó elriasztásra. Az érckutatás tehát a régebbi, sokszor szakszerűtlen széttagoltságból a Földtani Kutatási Központ ellenőrző hatáskörébe egyesíendő. Az értcesedési nyomok keletkezésének az eddigiektől eltérően, nemcsak egy-egy pontra szorítkozó, hanem korszerű szintézissel és geokémiai módszerekkel való megkülönböztetése alapján a kutatások is helyesebb irányban folytathatók, s nagyobb kilátások ígérete nélkül, a tervszerű kutatás számára új lehetőségeket jelentenek. lyen áttekintő egységes megítélés keretébe foglalhatók, jobb eredményekkel, a Velencei-hegység eddigi széttagolt, különállóan haladt kutatásai.

A hasznosítható *egyéb nyersanyagok* kutatása, az anyagok sokfélesége miatt, az eddigi széttagoltság és egymást nem tekintő külön utak helyett jobb és nagyobb összefogást igényel. A különállóan végrehajtott vizsgálatok eredményei végleges nylvántartásba veendők, hogy kiküszöbölhessük az évről-évre visszatérő kívánalmak kielégítésére szolgáló kutatások szükségtelen újramegítélését. Itt különösen előtérbe kerül a technológiai igények ismerete, hogy a gyakorlati kivitel ezzel összeegyeztethető legyen. Viszont állandóan új technológiai megoldásokat kíván a feltárható nyersanyagoknak a megszokottól, vagy eddig előírttól való minőségi eltérése. Kőfejtők létesítésénél, nagytömegű

külszíni anyagtermelésnél, figyelembe kell vennünk a természetvédelmi szempontokat s a szocialista országépítés érdekeinek szolgálatára szervezett Országos Természetvédelmi Tanács határozatait. A természet megváltoztatását célzó törekvések jól összeegyeztethetők a természetvédelemmel, s a szükséges természeti anyagok tömegtermelése megvalósítható a természet oktalan pusztítása nélkül is.

Földtani kutatásainknak legnagyobb s legáltalánosabb érdekű része a *víz munkaterülete.* Ez a kérdés az osztálytársadalomban csak magánérdekeket szolgáló ipartelepek, vagy egyes ásvány- és gyógyvizek kérdéseinek megoldásában szerepelt. Az általános jólét alapkellékét tevő ivóvíz-ellátás a népegészségügy céljait tekintő, országos érdekeket kielégítő, egységes kutatási tervként sohasem szerepelhetett. Most a vízkutatás, ezt az álatlános, az ország és a nép érdekeit szolgáló irányt követi.

A víz a földkéreg mindenütt jelenlevő kincse, természeti kutatása mégsem a legkönnyebb földtani feladat. Mint valamennyi többi ásványkincsnél, itt is a földtani viszonyok megállapítása a kiindulási alap. A felhasználást ezenfelül a minőség és a mennyiség szabja meg. A víz jelenlétének vagy hiányának földtani megállapítása mindenképen nagy gyakorlati jelentőségű, s az eddigi megismerések és adatok összegyüjtését és nyilvántartását teszi elsőrendű szükségletté. Ezt követi a vizek mineműségének vizsgálata s azok igénybevételi kilátásai. A magyar medence vízkutatása sok, általános vízföldtani kérdés megoldását teszi szükségessé, amelyek között lesznek különlegesen magyar jellegűek is. A célszerű vízgazdálkodás érdekében vízkincsünk természeti helyzetének és jellegeinek megóvására is szükség van. Ez a kérdés gyógy- és ásványos vizekre vonatkozóan a természetvédelem körébe utalható. A vízkutatás tehát sokoldalú feladat. Kivitele és végrehajtása egységesen csak egy központban teljesíthető, megfelelő képzettségű szakemberek útján. Sajnos, mindeddig a vízkutatás kényes feladatát a legkülönbözőbb hivatali szervek és állami vállalatok végzik, gyakran mindenre vállalkozó közegek kuruzslásszerű, talán még varázsvesszős működése alapján is. A kötelező adatszolgáltatás itt is sok kívánnivalót hagy hátra.

Ásványi nyersanyagaink rendszeres földtani felkutatásában a mindenre kiterjedő vizsgálatok során szorosabb kapcsolatot kell létesítenünk a nagyobb mértékben alkalmazott *geofizikai vizsgálatokkal* is. Ezek eddig főként a nagy vastagságú üledék-összlettel fedett medencék szerkezeti alakulásában juthattak szóhoz, mint említettük, az olajkutatásban. A földtani vizsgálatokkal karöltve, fokozottabb módon alkalmaznunk kell a közvetlen anyagkutató módszereket is, amelyek közül a nálunk számításba vehető anyagok vizsgálatára legalkalmasabb geofizikai eljárásokat külön kell megállapítani. Különösen érdekelhetnek bennünket az ércek, a bauxit és a víz közvetlen megállapítására irányuló geofizikai vizsgálatok. A célkutatások elszigetelt geofizikai vizsgálati eredményeinek kellő kiértékelése az egész ország regionális, mágneses, graviméteres

és szeizmikus módszerekkel végrehajtott összefüggő térképezése nélkül, nem képzelhető. A rendszeres földtani térképezés mintájára külön geofizikai térképező osztályt is kell létesíteni.

A magyar ásványkincsek feltárására irányuló földtani kutatások itt vázolt általános kereteiből kitűnik, hogy kutatómunkánk jól szervezett munkaegyüttest igényel, valamennyi tudomány bevonásával és egybefogásával. Ez az egyesítés szervezetileg megvalósult a Földtani és Bányászati Kutatási Központ létesítésével, amelynek sürgősen fel kell számolnia a még szétszórtan történő, külön utakon járó, szakszerűtlen kutatásokat.

A kutatások egysége érdekében tisztázásra vár a Magyar Tudományos Akadémia szerepe és viszonya a kutatásokat végrehajtó Állami Földtani Intézethez. A tudomány és gyakorlat földtani vonalon szorosan egymásba fonódó jellege szerint feltétlenül kívánatos, hogy hasznosítható anyagaink felkutatása a tervgazdálkodás érdekében a Tudományos Akadémia illetékes bizottságainak elvi irányításával és ellenőrzésével történjék. Ügyelnünk kell arra, hogy a külső kutatásokkal a belső anyagfeldolgozás mindig együtthaladjon, mindenre kiterjedő s a legkorszerűbb szovjet-példák szerinti kivitelben. A multban elmulasztott adatgyüjtés és összesítés nyilvántartása a legrövidebb időn belül megtörténik. Ennek folyamatosságát állandó figyelő-ellenőrző szolgálattal kell biztosítani. A legrövidebb időn belül meg kell oldanunk a bányászati feltárások és termelő munkálatok során megsemmisülő adatok összegyüjtését és állandó helyszíni geológusi szolgálattal való folyamatos rögzítését. A földtani szolgálat szükségének indokolására megemlíthetem, hogy bányaüzemeink egyikében sem készült mindeddig a nagyszabású földalatti feltárásokról egyetlen bányaföldtani térkép sem. A kapitalista gazdálkodás alatt felbecsülhetetlen tudományos és gyakorlati jelentőségű anyag ment így veszendőbe, többé már nem pótolható tapasztalati tényekkel. Ezek hiányát most sokszor igen költséges és kockázatos kutatások újravégzésével kell pótolnunk.

A tárgyi kívánalmak és a személyi szolgáltatás általánosságban jelzett alapelvein kívül a kellően képzett szakemberek hiányának kérdését is szóvá kell tennünk. A multban teljesen hiányzott geológus-képzést a népi demokrácia életrehívta és azt teljes egészében az itt adott országépítő célok szolgálatába állítottuk. Addig is a tervszerű munka érdekében, kényszerűségből, jóformán válogatás nélkül munkába kellett állítanunk minden jelentkezőt, szakmai és felfogásbeli felülbírálás nélkül is. Ez természetesen egyelőre a szükséges színvonalat meg sem közelítő átmeneti intézkedés, amely éppen ezért fokozottabb ellenőrzést igényel és a felsorakozó új nemzedékkel fokozatosan felszámolandó lesz. Szükségesnek tartjuk az itt mutatkozó képzésbeli hiányok pótlására megfelelő gyakorlati tanfolyamok szervezését, ezenfelül a régebben működő s kapitalista tevékenységhez szokott szakembereink számára időszakonként egyetemi továbbképző tanfolyamok létesítését. Ennek megszervezése egyetemeink keretében az Állami Földtani Intézet feladata lehet. Az ilyen idő-

szakos továbbképző tanfolyamok példaadását is az élenjáró szovjet tudományok haladásában találjuk, ahol a Nagy Októberi Forradalom után rövidebb-hosszabb tanfolyamokat végzett szakmabelieket rendszeres továbbképzésre sorozatosan visszarendelik.

Országunk földtani nyersanyagkutatására vonatkozó tervszerű teendőink három pontban foglalhatók össze:

1. készletbecslés,

2. eddig ismert, már feltárt vagy feltáratlan anyagok kiterjedésének továbbnyomozása és felhasználhatóságának újravizsgálata,

3. új anyagok kutatása.

1. Készletbecslésünket az eddig rendelkezésre álló adatok és ismereteink szerint elvégeztük, s az Országos Tervhivataltól megjelölt időpontban rendelkezésre adtuk. További kutatásaink ezt az összeállítást hihetőleg erősen gazdagítani fogják. Egyik legfontosabb anyagunkra, a bauxitra vonatkozóan, teljesen szovjet mintára, újrendszerű, egységes kutatás indult, mely új területek kutatásán kívül a régiek újraértékelésével is példamutató. A földtani anyagvizsgálat még itt is sok kívánnivalót hagy.

2. A tervszerű kutatás a régebbi ötletszerű, széttagoltan, elszigetelten végzett, egy-egy helyre rögzített kutatásokkal szemben, most új, egységes, mindent egybefogó munkaközösségben történik. Ilyen egységbe foglaló földtani vizsgálatként említettük a Velencei-hegységet, ahol érc, barit, fluorit, kaolin és egyéb anyagkutatások eddig elkülönülten történtek. Ezek a kutatások a hegységnek ezévi mintaszerű vizsgálatával új kilátásokat kapnak, további anyagok lehetőségével. Hasonló módon folyik a Mecsekhegység gránitterületének egységes új földtani vizsgálata, az ottani érckutatás lehetőségeinek összefogásával.

Figyelmet érdemelnek a Bükkhegységben folyó, munkaközösségi vizsgálatok, amelyek ennek a hegységnek bonyolult földtani szerkezetét tisztázva, gyakorlatilag is új megfontolásokat hozhatnak. Végül, de nem utolsó sorban, meg kell említenünk az Alföldön folyó nagyszabású munkaszervezést, mely látszólag nem közvetlen nyersanyagkutatás, tudományos eredményei közvetve mégis nagy hatásúak lesznek a mezőgazdaságban, az erdősítésben és az alföldi vízgazdálkodásban is.

3. Az említettek szerint még sok hiányossággal és szervezetlenséggel küzdő földtani kutatásaink új anyagokat is feltártak. Ilyenek a barit, a talkum, a kaolin és a gipsz. Ezeknek bányászati feltárása vagy megkutatása folyamatban van.

Magyar ásványkincseink felkutatását és feltárását ilyen keretekben, lenini-sztálini útmutatás szerint vállaltuk és végezzük. A földtani kutatás sohasem eredménytelen, mert gyakran vezet a közvetlen keresett anyagon kívül vagy annak hiányában is más, nem várt értékesíthető anyagokra. Ezenfelül, minden, még a teljesen negatívnak bizonyult kutatás is új tapasztalattal

gazdagítja a hazai föld megismerésére irányuló törekvéseket, s minden megismerés további kutatásra serkent. Jól megszervezett munkával, ötéves tervünk sikeréért erre törekszünk mi is, s ebben az értelemben, földtani felismeréseinknek népi közösségünk szolgálatába állításával, mindenkor jó munkát végzünk.

HOZZÁSZÓLÁSOK VADÁSZ ELEMÉR ELŐADÁSÁHOZ

KŐSZÉN- ÉS TŐZEGKÉSZLETÜNKFELKUTATÁSA

VITÁLIS SÁNDOR EGY. MAGÁNTANÁR

Vadász professzor előadásában keserves visszapillantást vetett a mult kutatásaira. Én magam nagyon jól megértem ezt a keserű visszapillantást, mert vele együtt negyedszázadon át ú. n. társulati kutatógeológus voltam, aki saját bőrén érezte, hogy mit jelent a kapitalista kutatási rendszer. Kutatásaink rendszertelenek voltak. Erre talán csak egy-két példát említek. Megindult egy kutatófúrás az esztergomi barnakőszén-medencében és elérte a 300 m mélységet. Minthogy a tőkéseknek akkor ezen a mélységen alul a bányászat nem volt kifizetődő, bár közvetlen a kőszén fedőjében állt már a fúrás, le kellett állni. A legtöbb kutatófúrást nem mélyítették le az alaphegységig, a kőszén-képződmény fekvőjéig, sőt sok esetben magát a kőszén-képződményt, a kőszéntelepeket sem fúrták át. Számtalan ilyen és hasonló esetet hozhatnék fel. Természetes, hogy ilyen viszonyok mellett a fúrási anyagok érdemleges földtani feldolgozásáról szó sem lehetett.

A felszabadulás után ez az állapot a kőszénkutatás terén elég hamar megváltozott. A felszabadulás után a nagy kőszénszükséglet és a kőszénbányák államosítása lehetővé tette, hogy iparkodjunk ráállni a rendszeres, tudományos földtani és bányászati kutatásra. A felszabadulás után hároméves kutatási tervünket már úgy készítettük el, hogy földtani és bányászati kutatásainkat minden szempont figyelembevételével indíthassuk meg és vigyük keresztül. Elsősorban meg kellett szervezni az adatgyűjtést, hiszen ahány kőszénbányavállalat volt az országban, mind külön-külön őrizte kutatási, fúrási eredményeit. Ezeket kellett összegyűjteni, s ez meg is történt. Kőszén-földtani felvételeink csak alkalomszerűek voltak és csak egy-egy kisebb területre terjedtek ki. Példának egy térképvázlatot mutatok be a Dunántúli-középhegység alsó eocén barnakőszén előfordulásáról (1. ábra), ahol jól láthatjuk az egyes bányászatilag és fúrásokkal felkutatott barnaszén-medencéinket: a pilisi, az esztergomi, a tatabányai, az oroszlánypusztavámi, a kisgyóni, a dudari medencéket. Összefogó kőszénképződésről nem is hallottunk, amíg hároméves tervünkben elvégzett részletes földtani térképezéseink ki nem mutatták, hogy *az alsó eocén barnakőszén-képződményeink hatalmas területen ugyanegy időben keletkeztek. Kutatási szempontból ez lényeges megállapítás, mert az egyes önállónak látszó kőszénmedencék között a hatalmas fehér foltok mint új kutatási területek jelentkeznek népgazdaságunk számára.*

Hároméves kőszénkutatási tervünk kézzelfogható eredményei a következők: Kőszénterületeink kb. 80%-át rendszeresen, részletesen, földtanilag térképeztük. Elkészítettük az összes kőszénkutató fúrások kataszterét. Elkezdtük bányabeli részletes földtani felvételeinket. (Sajnos, ezen a téren álltunk és állunk még ma is a legrosszabbul, mert még kőszénbányáink közül is csak az ötéves terv végével fogunk az összes kőszénbányák bányabeli földtani felvételével végezni.) Fúrási anyagaink szakszerű és folyamatos feldolgozását nemcsak hogy elindítottuk, hanem meg is valósítottuk. Bevezettük a kerületi geológus-rendszert, ami eddig ismeretlen fogalom volt. A geológust odavittük a fúráshoz, hogy az anyagvizsgálat már ott, közvetlenül megkezdődjék. Megindítottuk kőszénkőzettani (Szádeczky) és kőszén-radiológiai vizsgálatainkat (Földvári és Szalai). Igen nagy súlyt vetettünk minden fúrásnál a hidrológiai vizsgálatokra és megfigyelésekre. Hároméves tervünk alatt eddig kellőleg nem értékelt több kőszénterületet tártunk fel fúrásokkal (sőt már azokon a bányászat is megindult), mint Tokod, Nagykovácsi, Balinka, Tardona, Hidas, Szentgál. Természetesen bányáink közelében is számos fúrással bővítettük azok meglévő kőszénkészletét. A hároméves terv folyamán közel *70.000 fm kőszénkutató fúrást mélyítettünk le.* A legértékesebb kutatási eredményt két számadat világítja meg: *összes kőszénkészletünket hároméves tervünk alatt 14%-kal, a bányászatilag és fúrásokkal feltárt kőszénkészletünket 37,5%-kal növeltük.* Az elért eredményt az egyesített kollektív munka tette lehetővé.

Ötéves tervünk folyamán ezt az egységes, rendszeres kutatást természetesen tovább kell fejlesztenünk. Ötéves tervünk alatt a következő munkát végezzük el: Összes kőszénterületünk külszíni részletes földtani felvételét elvégezzük. A kerületi geológusok mellé kiképezzük a megfelelő segédszemélyzetet; még jobban széttagoljuk a kerületeket és főleg jobban megszervezzük, a bányabeli földtani vizsgálatokat. Megszervezzük a fúrási anyagok nemcsak a helyszínen való előzetes feldolgozását, hanem azok további tudományos feldolgozását is a Földtani Intézetben. Azonkívül természetesen a kőszénnek további kőszénkőzettani, kémiai, radiológiai, technológiai vizsgálatát is minél tökéletesebben el akarjuk végezni és ki akarjuk terjeszteni. Fontos szempontunk lesz, hogy kőszén üledék-képződési viszonyainkra is megfelelő vizsgálatokat végezzünk. *Nagyon fontosnak és szükségesnek tartjuk a geofizikai kutatások mielőbbi bevezetését a kőszénkutatásba.* Ötéves tervünkben nagy vonalakban vázolva a következő kőszénterületeket kutatjuk fel: Elsősorban a Mecsek-hegység kőszéntelepeit kell a legrészletesebben felkutatnunk nehéziparunk rohamos fejlődése következtében. Ez a kutatás már meg is indult. Itt hatalmas reménybeli kőszénkincsünk van, amelynek előzetes felkutatására 50 db 800—1500 m mélységű kutatófúrást kell elmélyíteni. Tatabánya, Oroszlány, Kisgyón, Dudar stb. között az 1. ábrán jelzett üres foltokat fel kell kutatnunk és főleg geofizikai mérésekkel alátámasztott mélységi adatok alapján kutatófúrásokkal ki kell nyomoznunk, hogy ezeken a hatalmas kőszénterületeken meg van-e nyugat, északnyugat felé a kőszéntelepek

folytatása és meddig terjed az. Ugyanígy fel kell kutatnunk a pilisi medencét, majd Kósd vidékét. Itt kell megemlítenem az északnyugati Bakony felkutatását, mely még földtanilag nincs részletesen térképezve. Itt a kréta és eocén kőszén jelenlétére egyelőre csak következtetünk. Herend, Szentgál, Városlőd, Noszlop környékén a miocénkorú barnakőszén felkutatása is reményekre jogosít. Kisebb kutatásokat a salgótarjáni és a bükkalji kőszénterületeken is végezünk. Hátra van még a Zala és Somogy megyei földes és fás barnakőszénterület földtani felkutatása is. Az ötéves terv röviden vázolt kőszénkutatásait 1500 fúrás kb. 300.000 fm lemélyítésének segítségével kell elvégeznünk. (Megjegyzem, hogy az elmult 80 esztendőben kőszénkutatásra *7000 fúrást* 800.000 fm hosszban mélyítettünk.) Ha ötéves kőszénkutatási tervünket a vázolt egységes szakirányítás mellett fogjuk kollektív munkával elvégezni, jogos reményünk lehet arra, hogy ötéves tervünk végére *összes kőszénkészletünket 25%-kal fogjuk növelni.*

Szólnunk kell még a tőzegkészlet felkutatásáról is. Tőzegkészletünket 1913-ban becsülték fel utoljára. Azóta természetesen sok tőzegterületünket felszántották, mezőgazdasági művelés alá vették, úgyhogy szükséges volt azoknak újbóli felkutatása. 1948-ban kezdtük el a tőzegkutatást és ez év végével teljesen befejezzük. Több mint 25.000 fúrást mélyítettünk le összesen kb. 30.000 fm hosszúságban és így teljes mértékben ismerjük a rendelkezésünkre álló tőzegkészletünket.

Kutatásainkat, ötéves tervünket csakis akkor fejezhetjük be sikeresen, ha elsősorban biztosítjuk nemcsak a kőszén kutatásánál, hanem minden kutatásnak vonalán *az egységes szakirányítást,* másodszor biztosítjuk a szükséges szakembereket és azok kiképzését. Kiirtjuk a szakmai kontárkodást Kívánatos lenne, hogy a bányászat szükségletein kívül tudományos, tisztán *földtani kutatófúrásokat is* végezzünk és erre az Országos Tervhivatal megfelelő tervhitelt biztosítson részünkre. Végül kőszénkutatásaink szakszerű és helyes elvégzése céljából minél több alkalommal kell összejönnünk szovjet szakemberekkel, át kell venni az ő igen fejlett kutatómódszereiket. Hiszem és remélem, hogy ezen a téren a szovjet kartársaknál nagy segítségre fogunk találni és ez ötéves kőszénkutató tervünk sikeres befejezésének biztos záloga lesz.

ÉRCKINCSÜNK FELKUTATÁSA

PANTÓ GÁBOR geológus

A geológus gyakorlati kutatómunkájának talán a legbonyolultabb és legszétágazóbb része az érckutatás. Az érckutatás nehézsége elsősorban az ércelőfordulások rendkívül szeszélyes alakjából és elrendeződéséből, valamint — földtanilag nézve —, gyakran finom méreteiből, másodsorban az ércképződési folyamat és a térbeli elrendezőség okainak hiányos ismeretéből adódik. A kutatómunka általában először a *kutatás körének szűkítésére,* vagyis az elő-

fordulás lehetőségének elhatárolására irányul. A szűkített körön belül már az *előfordulás szabályszerűségei* — uralkodó irányok — szolgálnak vezérfonalként az egyes érctestek felkutatásánál.

A kutatás körének szűkítését természetesen megnehezíti az ércképződés feltételeinek és hatótényezőinek hiányos ismerete. A bauxit és a mangánércek kivételével a kutatás alatt álló, vagy kutatásra váró ércesedések mind magmaeredetűek, közelebbről hidrotermálisak. Az anyagokat szolgáltató magmákat közvetlen tapasztalatból nem ismerjük, így elterjedésükre és korukra is csak az ércesedés nyomaiból tudunk következtetni. *A hidrotermális ércképződés feltételeiről, az ércesedést okozó magmától a keletkezett érctestig vezető útról* (az ércanyagok kiválásának, feldúsulásának módjairól, a mellékkőzettel való kölcsönhatásáról) *kevés bizonyosat tudunk.* Innen ered, hogy legtöbb esetben az ércesedés eredetének és kialakulásának pontos ismerete nélkül az ércelőfordulás lehetséges elterjedését is csak *tágan tudjuk körülhatárolni*, vagyis a kutatás körét nem szűkíthetjük kellőképpen.

Az érckutatás az érctestek behatárolásánál sokkal nehezebb helyzetben van egyéb hasznosítható ásványi anyagok kutatásánál. A hasznosítható anyag feltételezett elterjedési területén belül tájékozódást legkönnyebben *fúrással* szerzünk. Ez célravezető abban az esetben, ha nagy *vízszintes vetületű* a keresett anyagfelhalmozódás, vagyis telepjellegű. Ércesedésnél gyakran nagyobb *függőleges vetületű* érctestekkel kell számolnunk, nem egyszer elenyésző vízszintes vetület mellett (telérek); ezeket függőleges fúrással eltalálni majdnem reménytelen. A kérdést ilyen esetben csak jóval költségesebb vágatkihajtással lehet tisztázni. Még úgynevezett telepszerű ércesedések esetében is megnehezíti a fúrással való feltárást, a fúrási adatok kiértékelését pedig szinte lehetetlenné teszi, hogy magmaeredetű ércesedéseink *szerkezetileg* éppen szélsőségesen igénybevett, *átmozgott, gyűrt és pikkelyezett* zónákhoz vannak kötve, ahol a közeleső fúrások azonos rétegtagjait sem lehet összefüggőnek feltételezni. Az ércelőfordulások zavart szerkezete okozza, hogy a kutatások körén belül az uralkodó irányok sem bizonyulnak minden esetben megbízható vezérfonalnak.

Ezzel magyarázható, miért jár az érckutatás különösen nagy kockázattal, miért olyan hosszadalmas, sok vizsgálatot és műszaki felkészültséget igénylő egy érckutatás szempontjából reményteljesnek ítélt terület feltárása, jobban mondva a várható ércmennyiség *végleges* megállapítása. Tervgazdálkodásunk szempontjából itt a hangsúly a *véglegesen* van. Olyan kutatásra váró ércelőfordulásunk, amellyel soha vagy akár az utolsó húsz éven belül ne *foglalkoztak* volna, nincs. Sajnos, olyan sincs, ahol ez a *foglalkozás* valamennyire is nyugvópontra juttatta volna a kérdést. A várt gyors sikerek elmaradása folytán a vállalkozás elakadt, jóval előbb, mintsem az előfordulás természetét vagy lehetséges kiterjedését, várható minőségi változásait meg lehetett volna ítélni. A feltárás adatai nem váltak közkinccsé, különösen a negatív eredmények maradtak teljesen titokban, hogy a későbbi vállalkozásokat el ne riasszák.

Tervgazdálkodásunkban az évtizedenként ismétlődő újranyitásokat és az ezzel járó céltalan befektetéseket el akarjuk kerülni a felszínre kerülő problémák egyszeri, gyökeres megoldásával.

Ma az Ércbányászati v. hatáskörében egyesített érckutatás (vas-, mangán- és tarkaércek vonalán) a Földtani és Bányászati Kutatási Központtal teljes együttműködésben, felfejlesztés alatt álló műszaki felszereléssel, az arra érdemes ércelőfordulások tervszerű megkutatásán, a várható mennyiség és minőség végleges megállapításán dolgozik.

A kutatásban résztvevő geológusok feladata, hogy a *kutatás adatait* bármikor, bármilyen célból történő felhasználásra alkalmas módon *rögzítsék*, az egész anyagot valamennyi tekintetbe jövő szempontból *feldolgozzák* és teljes tudományossággal *kiértékeljék*. Az ércelőfordulások rendkívül változatos és bonyolult felépítésében rejlik e feladat megoldásának nehéz volta. Az ország különböző területén levő, eltérő természetű ércelőfordulások kutatásánál a földtani tanácsadást az illető területet legbehatóbban ismerő és az ércföldtan gyakorlati kérdéseiben is jártas szakemberek végzik. Éppen az érckutatásnál jelentkezett *egy ércelőfordulás kérdésénél is több geológus* állandó *együttműködésének* szükségessége, mert a felmerülő rétegtani, szerkezeti, ásványtani és kőzettani kérdések tisztázására egyetlen szakember nem volt képes. Vasérckutatásunkban megvalósult és három év óta harmonikusan és eredményesen működő munkaegyüttesünk új kezdeményezés volt.

A kimerítő és átfogó kutatási programmokból természetesen nem következik az, hogy ha valahol egy érckutatás az előfordulás természetébe kellő betekintést engedett, és *kétséget kizáró módon meg lehetett állapítani*, hogy az minőségileg mélyen a *hasznosíthatóság határa alatt* van, alkatából ítélve pedig közvetlen feldúsulására számítani nem lehet, akkor ezt a kutatást saját tehetetlenségénél fogva, vagy bármilyen szociális, vagy politikai szempontból tovább folytassák. Az érckutatás éppen az a terület, ahol a kezdeti sikerek, az ércásványok feltűnő volta é csillogása gyakran még szakembert is tudományosan nem indokolható optimizmusba ragadnak. A kutatások közvetlen irányításában résztvevő geológusok, ismerve a kutatások rendkívül költséges és kockázatos voltát, valamint értékelve népi demokráciánk nagy erőfeszítéseit, amelyekkel kellőképpen megokolt kutatás számára szinte korlátlan fedezetet biztosít, fokozott felelősségérzettel ügyelünk arra, hogy a kutatásokra fordított összeg, a feltárások legszakszerűbb telepítésével és *kellő időben való leállításával*, leghatékonyabban és egyedül az elérendő kutatási célt szolgálja. Ezen a téren fokozott szükség van arra, hogy a *terv készítésénél* az ércelőfordulást alaposan ismerő *geológus is szóhoz jusson*, és ne csak a készen kapott keretet legyen alkalma kutatási programmal kitölteni, hiszen a kész keretet a kutatandó előfordulás lehetőségeihez viszonyítva gyakran túl szűknek, vagy túl tágnak kell minősítenie.

Amint *Vadász* professzor előadásában hallottuk, a hasznosítható anyagok

kutatása Magyarországon földtanilag teljesen ismeretlen, úgynevezett fehér foltokkal nem számolhat. Teljesen ismeretlen kutatási terület azonban a *mélység*, az eltakart Magyarország. A mélység megkutatása terén az ércbányászat vonalán — ahol a legmélyebb bányaművelet térszín alatt 200 m-nél nincs mélyebben, és mindössze néhány fúrólyuk hatolt le ennél nagyobb mélységre — mondhatjuk, eddig alig történt valami. Az érckutatásnak a fúrási kutatás szempontjából különösen kedvezőtlen adottságai folytán azonban itt csak induktíve, az ismertből az ismeretlen felé haladva és analógiák alapján indulhatunk el. Az utóbbi években fokozott ütemben megindult vasérckutatás ezzel a feladattal került szembe. A hazai földből kikerülő vasérc teljes mennyiségét a rudabányai-hegység 95%-át maga *Rudabánya* szolgáltatja. Hidrotermális anyagkicserélődés (metaszomatózis) útján triász-korú dolomit vaspáttá, ez pedig felszínközeli részeken oxidáció révén barnavasérccé alakult. Részletes felvételekből kiderült, hogy az előfordulás szélsőségesen átmozgott, *pikkelyeződési övhöz* van kötve — ami egyben az ércesedésnek is előfeltétele lehetett. Az ércesítő oldatok eredete, feltörésének módja, az ércesedést okozó magma ismeretlen. A 4,5 km hosszú rudabányai ércelőfordulás folytatásában a 10 km-re fekvő, jóval kisebbméretű, de képződés és felépítés tekintetében nagyjából hasonló viszonyokat feltüntető *martonyi* bányáig jelentősebb felszíni ércnyomok nincsenek.

Felszín alatti vasércelőfordulások kiderítésére szerkezetkutató fúrásokat kellett kitűzni. Ezek mind átmozgott triász összletet tártak fel, s az alattuk levő, helyben maradt képződményt el nem érték. Ércesedés nyomára nem bukkantunk. Ennek képződéséhez erősen pikkelyeződött szerkezeten kívül ércesítő oldatok jelenléte is szükséges lett volna, de ezek feltörési útja egyelőre kinyomozhatatlan. Következő programmunk *nagyobb mélységű fúrások* mélyítése, hogy a teljes szerkezetet és rétegsort ismerve, az adatok teljes kiértékelése alapján közelebb jussunk a *vasérc-előfordulások »folytatása«* évtizedek óta felszínen levő *kérdésének végleges eldöntéséhez*. A kutatás köre ebben a vonatkozásban Tornaszentandrástól Upponyig 54 km csapáshosszra terjed ki.

A vasérckutatásnak ezt a hatalmas problémáját — az eddigiek szerint — egyedül a *földtan módszereivel* kell megoldanunk. A *geofizikát* — elsősorban a mágneses és elektromos vezetőképességméréseket — már több mint két évtizede bekapcsolták az északborsodi vasérckutatásokba. Azóta megállapították, hogy az eddig alkalmazott módszerek a rudabányaihoz hasonló érceken semmilyen különleges értéket nem mutatnak, tehát itt *kutatásra nem alkalmasak*. Újabb, az adott problémához alkalmazott vagy kidolgozott módszerektől várhatunk esetleg a hazai vasérckutatás számára használható eredményeket. A bódvamenti mágneses mérések hiábavalók mégsem voltak. Mágneses rendellenességeket mutattak ki, melyek, bár rudabányaihoz hasonló vasércteleptől nem származhattak, a környék ismert képződményeiből sem voltak levezethetők. Az ellentmondó adatok arra utaltak, hogy ismeretlen, új képződményeket várhatunk a Bódva-völgy alján. Az erre alapított fúrások a mágneses hatású hematitos

vasércelőfordulással kapcsolatos feltevést nem igazolták ugyan, mégis nagyjelentőségű tudományos megismeréseken kívül egyéb, nagyon fontos hasznosítható anyagokat tártak fel.

Kisebb-nagyobb vasércfelhalmozódások az ország más részein is kutatásra ösztönöztek. Okkeres és kérges barnavasérc a *Tokaj—Hegyalja* andezitterületén többfelé dúsabb impregnációkban jelentkezik. Néhol hasznosíthatónak is bizonyult ez a vasérc, zonban alkatából és képződési körülményeiből ítélve nagyobb tömegű előfordulásra itt számítanunk nem lehet, így átfogó kutatásra sem érdemesek.

Szórványos *mágnesvaskőnyomok* többfelé feltűnést keltettek. Legkomolyabb ezek közül a *mecsekhegységi* lelet, sajnos, azonban az eddigi geofizikai és geológiai kutatások szerint egyetlen rögről van szó, melynek folytatása eddigi kutatóeljárásainkkal, felszínközelben nem deríthető fel.

Az eddigiek szerint a vasérckutatás számára földtanilag *Észak-Borsodban* mutatkoznak a legkomolyabb lehetőségek, tehát ide *kell összpontosítanunk kutatásainkat.*

Más természetűek a *dunántúli mangánérckutatás* problémái. Üledékes eredetű, ismert és fejtés alatt álló mangánérctelepeink rétegtanilag meghatározott szintben, aránylag nyugodtabb szerkezetű területen lépnek fel. A mangánércképződés azonban lokális jelenség volt, nem tételezhető fel, hogy mangánércbányáink között összefüggő telep húzódjék a mélységben, *megszakadó*, viszonylag *kis kiterjedésű, eltakart mangánércfoltok* felderítése pedig ismét nehéz, kitartást és minden irányú tudományos ellenőrzést igénylő feladat.

Mangánérckutatásra reményteljes terület még *Eger* környéke, ahol nagy kiterjedésben és egyenletes rétegvastagsággal magas mangántartalmú harmadkori agyag fordul elő. Az eddig csak kibúvásokban ismert előfordulás fúrásokkal való feltárása, minőségének megvizsgálása legközelebbi feladatunk.

A tarkaércek kutatása elsősorban a Mátra, a Börzsöny- és a Hegyalja andezitterületein hidrotermális, szulfidos ércfelhalmozódásokat nyomoz. Ezek legtöbbje többszázesztendős bányászati multra tekint vissza. Közös probléma ezekkel kapcsolatban is a *mélység*, hidrotermális szulfidos ércesedéseknél ezt *zonális kérdésnek* is nevezhetjük. Analógiák alapján tudjuk, hogy elsősorban telérek esetében a kivált ércanyag összetétele mélységi zónák szerint törvényszerűen változik. A mélységi zónák kialakulását az ércképző magmától és az egykori felszíntől való távolság szabta meg, vagyis két olyan tényező, melyeket csak hozzávetőleg tudunk megbecsülni. Vulkáni hegységeink morfológiája arra enged következtetni, hogy azokból viszonylag nem sok pusztult le. Nem vehető biztosra tehát, hogy az érckibúvások, illetve közvetlenül alattuk kialakult bányászat *az ércesedés optimális zónáját elérte-e?* Így a főleg nemes ércekre folytatott régebbi bányászkodás talpán ólom, cink, réz érceinek és piritnek tömegesebb előfordulására lehetne számítani. Bizonyos szerkezeti és szöveti adottságok például *Gyöngyösoroszi* esetében arra engednek következtetni,

hogy *lefelé a telérek gazdagodása várható.* Jelentősebb érckészletet feltáró, vagyis nagyobb mélységet elérő kutatás itt is tetemes beruházást igényel, bár az ismert telérek mentén haladva a kutatásnak megbízható vezérfonala és ezzel együtt biztató kilátásai vannak.

Sokkal nehezebb a helyzet, ahol kibúvásban az eddigi bányaműveletekben nem ismert telérre vagy *teljesen szabálytalan* tömzs- vagy impregnációszerű ércfelhalmozódásra lehet számítani. Itt a tetemes költségű bányászati kutatás elegendő támpont nélkül rendkívül kockázatos vállalkozás. Az *átkutatandó területhez,* ill. térfogathoz *képest elenyésző kiterjedésű érctestek e tájékozódás* lehetősége *nélkül eltalálni* merész szerencsevadásznak, *nem tudományos kutatónak való feladat.* Itt feltétlenül gyors *segítségre szorul az érckutatás,* mégpedig *geofizikai oldalról.* Példa az alaposan összefúrt recski Lahóca, ahol érctestek előfordulása akárhol, a legközelebbi fúrástól vagy vágattól egy méterre még mindig nincs kizárva. Óriási segítséget nyujtana, ha valamilyen ehhez alkalmazott elektromos módszerrel párhuzamosan haladó feltárások 50—100 m-es közét át lehetne mérni, s benne érctest jelenlétét meg lehetne állapítani.

Kellő *vezérfonal hiánya teszi nehézzé* a *börzsönyi* és *falubattyáni kutatások* irányítását. A kutatónak itt két szempont között kell választania ; vagy *nagyvonalú* tervvel véglegesen átkutatni a kutatás körébe vágó területet tekintet nélkül a kutatás aránytalanul nagy költségeire és az eddigi feltárások alapján feltételezhető érctest értékére, vagy *kicsinyesen,* az eddigi feltárások konkrét adataihoz ragaszkodva, az előfordulás eddig látható méreteihez és értékéhez szabni a kutatás tervét. Sokszor nehéz és szubjektivitástól nem mentes a két megoldás között adott esetben a leghelyesebb és legmegfelelőbb utat megtalálni.

Az elmondottakból látszik, hogy utatni valónk van, lehetőségeink vannak, ezeket a legkorszerűbben és leghatékonyabban feltárni elsőrendű kötelességünk. A feladat nem egyszerű, eredményt csak úgy érhetünk el, ha teljes céltudatossággal, a szakemberek önzetlen és szoros összefogásával mindent ráteszünk a problémák elhatárolására és feltétlen megoldására.

HAZAI MAGMÁS KŐZETEINK

PAPP FERENC geológus

Vadász professzor előadásában a közvetlen anyagkutató módszerek alkalmazásának szükségességét emelte ki. Ezt az igen helyes elvet teljes mértékben érvényesíthetjük a termésközek felkutatásában. A geológusok már hosszabb idő óta törekednek ilyen közvetlen anyagkutató módszerek segítségével áttekintést adni a termésközek előfordulásának elterjedéséről.

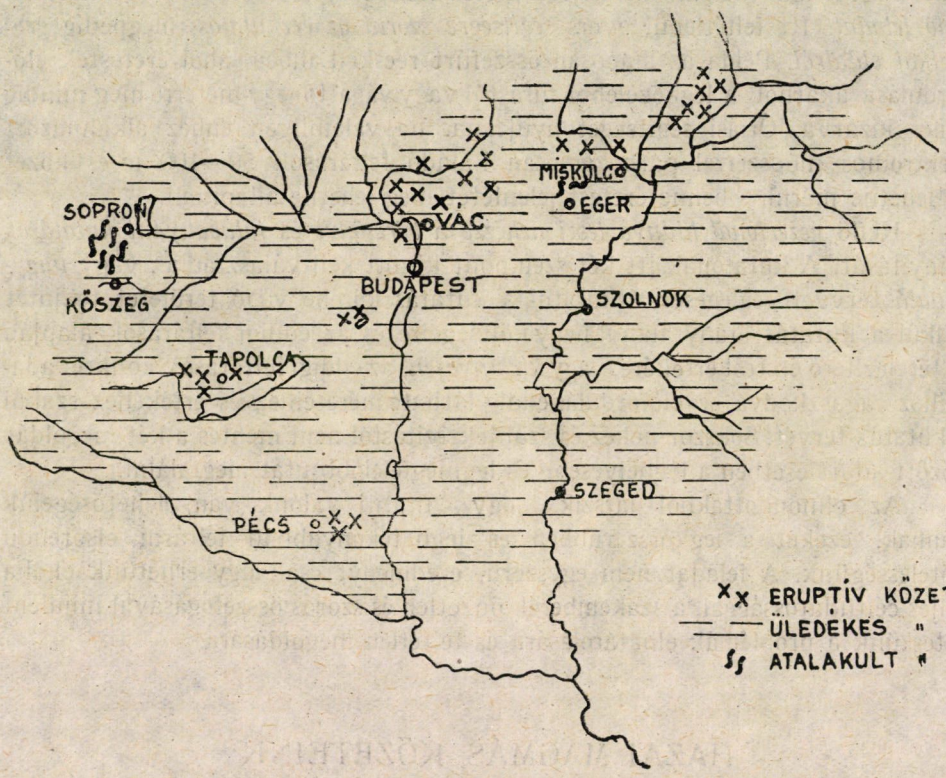
Ezek szerint a kutatások szerint a Föld felszínén a különféle kőzetek eloszlása a következő :

eruptív (vulkanikus) kőzetek 95%

üledékes (szediment kőzetek 1%
átalakult (kristályospala) kőzetek 4%

Hazánk területén azonban az eruptív, az üledékes és az átalakult kőzetek elterjedési aránya egészen más. *Kertész Pál* összeállítása szerint hazánkban:

az eruptív kőzetek gyakorisági aránya 2,5%
az üledékes kőzetek « « 97,2%
az átalakult kőzetek « « 0,3%



1. ábra. A hazai kőzetek elterjedése eredet szerint.

Ez a hozzászólás a magmatikus kőzetekre vonatkozó helyzetet vizsgálja. E tekintetben a helyzet a következő:

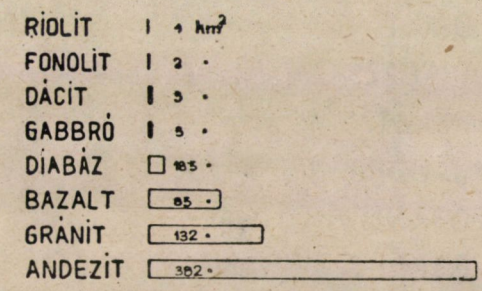
gránit 3 helyen fordul elő, mégpedig a Velencei-hegységben, a Baranyai-őstönkben és Sopron környékén 132 km² területen. Ez az összes hazai eruptív kőzetek 20,9%-át teszi ki;

gabbró Szarvaskő határában található 5 km² területen, ami az összes hazai eruptív kőzetekre vonatkoztatva 0,7%;

riolit 4 vidéken van a felszínen: a Hegyalján, a Bükk déli oldalában, a Mátra délnyugati sarkán és a Dunántúl, Sárszentmiklóson, összesen 1 km² területen; ez a hazai eruptív kőzetek 0,15%-a;

dácit 3 hegységünkből ismeretes, a Mátra, a Börzsönyi hegység és a Velencei-hegység egyes pontjairól; a terület 5 km², ami a hazai eruptív kőzetek 0·7%-ának felel meg;

andezit a Hegyalján, a Mátrában, a Cserháton, a Börzsönyi-hegységben, a Dunazug-hegységben, a Velencei-hegységben, sőt a Mecsekben is található,



2. ábra. A hazai magmás kőzetek elterjedése.

összesen mintegy 382 km² területen; ez a többi hazai eruptív kőzetekhez viszonyítva 60%-nak felel meg;

bazalt ugyancsak számottevően szerepel az ország terméskő készletében. Salgótarjánban, a Balaton délnyugati környékén és az attól nyugatra eső Dunántúl; a fontosabb lelőhelyek 85 km² területen 13,5%-ot tesznek ki;

diabáz 18,5 km² területen Szarvaskő, Recsk határában van a felszínen; ez a hazai eruptív kőzetek 2,94%-a;

fonolit a Mecsekben fordul elő 2 km² területen; ez 0,31%-nak felel meg.

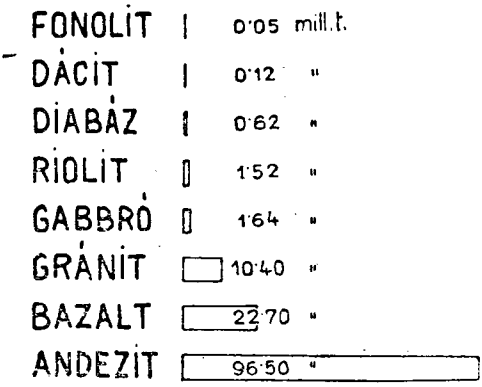
A kőbányákkal feltárt készlet összesen 50 km³, ennek kőzetek szerinti eloszlása:

gránit	132	km²	(20,90%)	tömege	4,000	km³,	súlya	10,40 mill. t.
gabbró	5	«	(0,70%)	«	0,543	«	«	1,64 «
riolit	1	«	(0,15%)	«	0,610	«	«	1,52 «
dácit	5	«	(0,70%)	«	0,048	«	«	0,12 «
andezit	382	«	(60,80%)	«	36,000	«	«	95,50 «
bazalt	85	«	(13,50%)	«	8,117	«	«	22,70 «
diabáz	18,5	«	(2,94%)	«	0,213	«	«	0,62 «
fonolit	2	«	(0,31%)	«	0,018	«	«	0,05 «
összesen	630,5	km²	(100,00%)	tömege	49,549	km³,	súlya	132,55 mill. t.

A magmás kőzetek megismerését számos részletvizsgálat szolgálta. A legtöbb gondos és aprólékos vegyi és mikroszkópi vizsgálat megadta a kőzetek rendszertani helyét, a jövőben is ezt a módszert kell követnünk. Távolról sem lehetünk azonban megelégedve a gyakorlati élettel összefüggő vizsgálatokkal. Itt éle-

sen különvált a szakszerű öncélú vizsgálat a gyakorlattól. Voltak pontos, részletes kőzetleírások, arra azonban, hogy vajjon a tanulmányozott kőzet milyen célra használható, mennyire időálló, kitermelésre alkalmas-e, mekkora a kitermelhető kőmennyisége stb., nem tértek ki a kutatók.

A kőbányaüzemek vezetősége igen sok helyen nem is sejtette, hogy kőzetükről részletes tanulmány jelent meg, de ha kezükbe került is a vegyelemzéseket, mikroszkópi leírást tartalmazó értekezés, nem tudták hasznosítani annak



3. ábra. A hazai magmás kőzetek mennyisége.

megállapításait. A legutóbbi évtizedek egyetlen eredeti, tudományos vizsgálatokon alapuló és emellett gyakorlati jellegű tanulmányát *Venál* Aladár írta meg a dunabogdányi Csódi-hegy andezitjának fizikai és kémiai eljárásokkal kiderített időállóságáról.

Egyébként a tudományos kutatás és a műszaki munka egymástól függetlenül haladt.

Vadász professzor hangsúlyozta, hogy a vegetatív civilizációt az ásványi anyagoktól függő kultúra váltotta fel, s hogy a tervgazdálkodás szolgálatába kell állítani a tudományos kutatást is, mégpedig úgy, hogy az elméleti vizsgálatoknak a gyakorlati kivitelezést kell támogatniok. Így fogva fel a dolgot, a kutató munkának a gyakorlati vonatkozásokkal kell kiegészülnie.

A jövőben a magmás kőzetek tanulmányozásának nemcsak a részletes fizikai vizsgálatot (ideértve a mikroszkópit is) és a kémiai vizsgálatot kell elvégeznie, nem is csak a kőzet elterjedésének határát kell a térképen megállapítania, hanem mindezt lehetőleg azokkal a szempontokkal is ki kell egészítenie, amelyeket a MOSZ szabványok vetnek fel, nevezetesen a kopási, a mállási és az időjárással szemben való ellenállási készségre vonatkozó vizsgálatokkal. Nem elég csak mikroszkópi leírást adni, hanem meg kell ítélni azt is, hogy a jelenlévő ásványok között nincsenek-e könnyen bomlók, mint amilyen a pirit, a markazit, az olivin, a nefelin, a biotit. Külön meg kell figyelni, hogy az ilyen könnyen bomló ásványok nincsenek-e olyan időálló ásványokba beleágyazva, amilyen a

kvarc, a muszkovit. Az ásványok egymáshoz való kapcsolatát is tanulmányozni kell. Meg kell állapítani az egyes ásványok térfogat százalék-arányát, és az ásványok méreteinek kell támponttul szolgálniok a mállás várható gyorsaságát illetően. Az Állami Földtani Intézetnek az a javaslata, hogy minden kőfejtőből leírt kőzethez mikroszkópi felvétel is csatoltassék, igen helyes, de ki kell egészíteni azzal, hogy a mikroszkópi felvételhez közérthető magyarázat is szükséges, mégpedig olyan magyarázat, mely nemcsak az ásványok megnevezésére szorítkozik, hanem arra is kiterjed, hogy épp a mikroszkópi megfigyelések alapján mi várható a kérdéses kőzettől az időállóság tekintetében. Amennyiben kőbánya kőzeteiről szól a tanulmány, akkor a legszebb feladatok közé tartozik a különböző változatok beható részletes vizsgálata, egybevetve a gyakorlati élet tapasztalataival. A kőbányák környékének földtani térképezése csak síkban való ábrázolási mód. Ez nem elegendő. Tisztázni kell egyrészt az előfordulás jellegét, hogy vajjon milyen hegyalakulatokkal van dolgunk, másrészt, szelvényeket kell szerkeszteni, hogy a kőzet térbeli helyzete is tisztázódjék. A szelvények ne eszményiek, ne vázlatosak legyenek, hanem pontos méréseken alapuljanak, mert a gyakorlat emberei csak ennek vehetik hasznát.

Ha ezek után a jó minőség ismertető jeleit akarjuk felsorolni, akkor a következőket kell megfigyelni:

1. A kőzet elválása se túl vastag, se pedig túl vékony ne legyen.
2. A jó minőségű magmás kőzetek megütve csengő hangot adnak.
3. Az üde kőzetek jól hasíthatók.
4. A friss, jóminőségű magmás kőzetek ásványai a rájuk eső fényt visszatükrözik.
5. A kőzetben levő földpátok üdék legyenek, azaz ne legyenek kalcitosodottak, illetve kaolinosodottak, zoizitosodottak. A szericites- és főleg a saussurites elváltozás nem kedvezőtlen.
6. A kőzet ne tartalmazzon könnyen bomló ásványt, pl. nefelint, piritet, markazitot, olivint.
7. A mélységbeli kőzetek szövete egyenletes legyen, aprószemű; ha kvarcot tartalmaz, akkor az alkosson összefüggő láncszemsort.
8. A kiömlésbeli kőzetek szövete egyenletes legyen, üveget ne tartalmazzon és lehetőleg nemezszerű legyen.

Eddig azonban nemcsak a kőzetek szakszerű vizsgálatában volt tapasztalható egyoldalúság, hanem a gyakorlati élet képviselői is a geológusoktól eléggé függetlenül foglalkoztak a kőbányák nyitásával. Sokkal helyesebb lenne, ha a jövőben a tervezett helyre, a kőbányanyitás előtt több szakembert hívnának meg, hogy az összes szempontok figyelembevételével tegyenek javaslatot a bánya nyitására vonatkozólag. A kőbányaiparban jártas mérnök, ha még oly tapasztalt is, nem ismerheti teljesen a kőzetek belső tulajdonságait.

A Kőbányaipari Vállalat elismerésre méltón igyekszik az üzemi dolgozók vezetőinek és központi alkalmazottjainak kőzettani és geológiai ismereteit tan-

folyamszervezéssel megalapozni, illetve tovább fejleszteni. Hasonló törekvéseke lehetett tapasztalni a Mélyfúró Vállalatnál és a Kőfaragók Vállalatánál is. Sőt példás az, hogy az Állami Földtani Intézet maga is rendez saját tagjai részére továbbképző tanfolyamokat.

Illetékes szerveinknek továbbra is szorgalmazni kell ezekkel az ismeretterjesztő és szakismereteket adó tanfolyamokat, előadássorozatokat, hogy a kőzetekkel foglalkozó dolgozók megfelelő geológiai és kőzettani ismereteket kapjanak, mert ezek egyben a mai időknek megfelelő haladó természettudományi gondolkodásnak is alapjául szolgálnak.

A geológusoknak nemcsak a részletekbe kell behatolniok, hanem a természet védelmére is gondolniok kell.

Vadász professzor igen szerencsésen fejtette ki, hogy a kutató munka jelenlegi kettősségének egybe kell olvadnia. A magmás kőzetek szakszerű vizsgálata igen alkalmas arra, hogy a természet érdekes összefüggéseit nyomozzák, kutassák s egyúttal az elért eredmények helyes kiértékelésével a gyakorlati élet követelményei is kielégüljenek.

MÉLYSÉGBELI VÍZKÉSZLETÜNK HASZNOSÍTÁSA

SÜMEGHY JÓZSEF főgeológus

Legnagyobb vagyonunkkal, vízikincsünkkel a letünt kapitalista társadalomban igen rosszul gazdálkodtak. Hazánkban általában mindenütt feltárható a jó és elgendő ivóvíz, s a lakosság 75%-a mégis szennyezett, fertőzött vizet iszik. Vízben bő területek is ismeretesek nálunk, ahol az ipar fejlesztéséhez szükséges vízmennyiség is rendelkezésre áll, s ipartelepeink nagy részét mégis vízben szegény helyekre telepítették. Medencéink mélyszintjei roppant gazdagok ásvány- és gyógyvizekben, de áldásukban a nép nem részesülhetett, mert nem hozták fel őket a felszínre. Meleg és forró vizeink hőenergia készlete talán egyedülálló a Földön, talán egyik legnagyobb nemzetgazdasági értékünk és még hozzá sem nyúltak.

Elsőrendű közérdek eddig parlagon hevertetett vízkincsünk felhasználása. Az első és legfontosabb lépés ehhez: rendet teremteni vízháztartásunkban. Központi irányítás, vezetés szükséges. Létesíteni kellene a Szovjetunió mintájára, Országos Hidrogeológiai Intézetet, vagy legalább is, ki kellene bővíteni a központi irányításra elsősorban hivatott Magyar Állami Földtani Intézet Vízügyi Osztályát a megoldandó vízügyi feladatok elvégzésére.

A Földtani és Bányászati Kutatási Központ utasítására, a Magyar Állami Földtani Intézet Igazgatósága máris megindította hazánk talajvíz-készletének — mennyiségének és minőségének – vizsgálatát. Ez a munka azonban nem a harmadkori térszínek és az alföldi peremek valódi —, illetve összekötő jellegű, jó ivóvizet szolgáltató talajvízének területein indult meg, hanem a sürgősségi sorrend jegyé-

ben, az Alföldön, vagyis a legelhanyagoltabb, a legrosszabb ivóvízű országrészen, ahol a talajvíz hasznosítását elsősorban és legsürgősebben kell megoldanunk.

A legújabb alföldi földtani kutatások eredményei az Alföld talajvízének okszerű hasznosítási módjára útmutatást máris nyújtanak. Ennek pedig az a lényege, hogy az Alföld nagy részén, a Tiszántúlon és a Zagyva-Tisza közén a talajvíz kétosztatú : felső és alsó, más-más minőséggel. A befelé és délnek fokozatosan lejtősödő, ezen alföldi részeket beborító löszréteg alatt a talajvíz nyomás alatt áll és szintje a löszrétegben magasan felemelkedik. Itt a talajvíz tesped, besűrűsödik. Ez a felső talajvízes zóna a felszíni szennyeződéstől, fertőződéstől alig, vagy csak lassan szabadulhat és újulhat meg. Az Alföld elszikesedése, a káros sóknak, különösen a nitrátnak hihetetlenül nagy — lakott helyeken 1000—1500 mg/l-es — mennyisége főleg a lőszrétegben megszorult, felső talajvizes részben beállott sztagnálódás és kapilláris hatás következménye, amit a lösz szerkezete fejt ki azzal, hogy a sóoldatokat a felszín közelébe emeli vissza.

A talajvíz alsó része azonban már majdnem az egész Alföldön mindenütt homokrétegben van. Ez a homokréteg felül rendesen aprószemű, néhol iszapos, de alul durvábbszemű folyami homok. Ez a réteg a talajvíz szive, mert a talajvíz ebben nem csak raktározódik, hanem ebből szét is osztódik. Innen kerül az le a rétegvízbe, innen halad az alföldi mélyvonalak, mélyárkok felé ; mozog, s így megújulása is itt gyorsabb, s jobb ivóvizet is itt szolgáltat. Amíg löszrétegben tespedő felső részében a felgyülemlett nitrát nagy mennyisége már arra is inspirált, hogy azt öntözéssel műtrágyázási célokra is felhasználják, addig alsó részében a sók és a szennyező, szerves anyagok már csak ritkán ártalmas mennyiségűek. Az Alföld talajvízének alsó részét raktározó homokréteg általában olyan vastag, lejtése olyan fokú, hogy abban a talajvíz már nem tespedhet.

Szinte csodálatos, de szerencsés adottságait eddig még alig használták fel. Alföldi ásott kútjaink ugyanis csak a talajvíz felső, tespedt részébe mélyülnek. Kútásáskor itt, ha egy- vagy kétméteres vízoszlopot kapnak, a kútmélyítést abbahagyják. Ezért rossz, ihatatlan, vagy legalábbis kellemetlen ízű jóformán egész alföldi löszös, területünk ásott kútjainak vize, mert a talajvíz felső, öntisztítást nem végezhető, sziksós, keserűsós, a községben szennyezett viz ez, nem pedig az alsó rész egészségre már nem ártalmas vize. Hidrogeológiai kutató munkánk egyik legfontosabb feladata az alföldi talajvíz alsó részét vezető homokréteg részletes kinyomozása lesz, mert elsőrendű fontossága vitathatatlan. Ez az egyetlen alföldi vizes rétegünk, amely még nincs kihasználva, kizsarolva, s amelynek vízmennyiségére még a maihoz hasonló, aszályos évjáratokban is számíthatunk. Fel kell kutatni vízutánpótlási körülményeit is, hogy a belőle kitermelhető víz mennyisége a vegetációt is éltető vízszintjét károsan le ne szállíthassa. Ez a réteg láthatná el ivóvízzel az Alföld lakosságának zömét. Ennek vizével lehetne tehermentesíteni az artézi- és a fúrt kutakat is, sőt, ahol utánpótlása gyorsabb, ipari víznek is fel kell használni.

Az Alföld egyéb részén : a szatmári síkságon, s a Duna-Tisza közén a lösztakaró már hiányos, rongyos, a Nyírségen pedig egyenesen hiányzik. Talajvizet vezető, raktározó homokrétegükben a talajvíz nyomásnélküli, s felső része is jobban mozoghat. Homokos ablakain át a csapadékból helyben is felfrissülhet, többször és gyorsabban felújulhat, s ezért jobb ivóvizet is szolgáltathat. A minőségében kétosztatú talajvíz klasszikus területe a Duna-Tisza köze, ahol az ÉNy-DK-i irányban egymás mellett, párhuzamosan lefutó lösz- és homokvonulatokban, a löszsávok alatt sztagnáló, szikes, a homoksávok alatt ellenben mozgó és édes a talajvíz felső része.

A Dunántúl összefüggő talajvíz-tömegét a Dunántúli-középhegység, s ennek DNy-i folytatásában, a göcseji magashát vágja kétfelé, ÉNy-on a Kis-Alföld, DK-en pedig a Dráva-árok annak főgyűjtő területe. A Dunántúli-középhegység és a baranyai szigethegységek közt a vízrekesztő rétegsor felett felhalmozódott talajvíz az Alföldébe olvad bele. A felszíni üledéktakarónak az alföldinél jobb porozítása, a talajvizet rekesztő rétegsor nagyobb lejtőszögéből beállott nagyobb mozgás, a bővebb csapadék, ennek folytán a többszöri felfrissülés, öntisztítás lehetősége és a klíma lehet általában az oka annak, hogy a dunántúli talajvíz majdnem mindenütt jóminőségű. A Kis-Alföldön és a Dráva-árokban folyami homok és kavics a talajvíz vezető rétege. A Bakony- és a Mecsek hegység közti dombvidéken, főleg a vastag löszréteg gyűjti össze a csapadékot, s ez mint talajvíz a rendesen vizetzáró, pleisztocén-miocén fekű felületén terül szét.

Rétegvizeink a pleisztocén-levantei fiókmedencékben általában gyengén hidrokarbonátosak, a pannóniai és ennél idősebb harmadkori képződményekben pedig lugos-sósak, illetőleg sósak. Közülük eddig főleg az alföldi levantei-pleisztocén fiókmedencék édesebb vizeit hasznosították, sajnos túlságosan is, mert fúrt- és artézi kútjaink zöme elsősorban ezeket pazarolja. De az idősebb üledékbe zárt, brakk- és tengervíznek tekintett sós- és lugos vizeink hasznosítása még igen kezdetleges. Telepvízzel keveredett, alacsony alkáli *Cl*- és So^*_4-tartalmú karszt-hévvizeinket, a *Cl*-tartalmukban megnövekedett brakk-vizeinket legmélyebb medenceöveinknek helyenként a normális tengervíznél is koncentráltabb sósvizeit és magas HCO_3-tartalmú, lugos-sós vizeinket eddig csak néhány gyógyforrásból, vagy kutatóforrásból ismerjük és használjuk. Vegyi összetételük, származásuk újabb es újabb megismerésével roppant fontosságú nemzetgazdasági értékük is állandóan növekszik, s már ma, alig feltárt állapotukban is óriási perspektivát nyújtanak.

Ha csak orvosi szempontból, tehát hatásuk, hatékony alkatrészeik alapján vesszük is tekintetbe mélyebb övű réteg- és telepvizeinket, az ilyen szempontból fontos alkálikus, mészhidrokarbonátos, vaskarbonátos, konyhasós, jódos, brómos, arzénes, rádiumos gyógyvizek közül nagyobb mennyiségben még a nálunk eddig igen gyengén képviselt, de igen szükséges, töményebb alkálikus és a konyhasó-tartalmú, alkálikus gyógyvizek is fellelhetők medencéink gyógy-

vizekben gazdag telepvíz-sorozatában. Ez — származásánál fogva — oly változatos és szerencsés elhelyezkedésű, hogy fajtáinak, fokozatainak külön-külön felhasználására való tekintettel, szükséglet szerinti kitermelési tervet kell összeállítani. Felhasználásuk azonban csak a legszigorúbb megszorítással mehet végbe, mert mennyiségüket még nem ismerjük, s mert olyan vélemény is van róluk, hogy véges dehidrációs vízmennyiségük kitermelésével 1—1 rétegcsoport vize teljesen ki is merülhet. Intő példa erre az ivóvíz-ellátásra leginkább alkalmas pleisztocén-levantei fiókmedencék vízkészletének csökkenése a pazarló, rabló vízgazdálkodás következményekép. Ennek hasznosítása is csak központi vízművek, központi irányítás és szigorú takarékosság bevezetésével mehet végbe, ha azt akarjuk, hogy véglegesen ki ne merüljön.

A magyar medence sziklafenekének feldarabolódása, úgy látszik, nagyfokú. Igen sok, kisebb-nagyobb mélységre lesüllyedt rög mozaikjából, sorozatából, csoportosulásából tevődik össze, helyenként egyes elmerült hegységvonulatokat is jelezve. A legújabb alföldi földtani kutatások és geofizikai mérési eredmények is erre vallanak. Sok az alaprögök közti hézag, sűrű a repedéshálózat, s így adva van annak a lehetősége is, hogy a kristályos alaphegység mélységi, vagy kiizzadt vize nagyobb mennyiségben felszállhasson. Feltehető, hogy ennek a víznek kisebb része már az erősen elaggott állapotban lesüllyedt kristályos alaphegység mállott felületében, törmelékében gyűlik össze. Ahol ezt mezozoós mészkő és dolomit rétegösszlet fedi, a mélységi víz ennek járataiba és gazdag repedéshálózatába is bejut. Majd az erre települt miocén alapkonglomerátum feltehetően elterjedettebb összlete is a mélységi víz raktározója. Úgy látszik az alföldi medencéink sziklafenekének repedéseiből regionálisan felszálló forróvíz ezekben a képződményekben nemcsak regionálisan, hanem nagyobb felületen szétterülve is fellelhető, mert a sziklafeneket, vagy annak mezozoós és alapkonglomerátumát elért eddigi fúrásokban a víz hőmérséklete rohamosan emelkedik, s a 127°, 135° és 147°C hőmérsékletű víznek csakugyan ezek a raktározói. A forró vizet összegyűjtő, legmélyebb vizes övre települt, többezer méter vastag harmad- és negyedkorú rétegösszletben a víz körforgását még alig ismerjük. Úgy látszik, a forróvizes öv lezárt, leszorított egység, s vize többezer méter vastag takarója alól elsősorban a medenceperem főtörési vonalain át szabadulhat fel, bár az alaphegység rögeinek süllyedése a medencetölteléket is táblás rögökre darabolja, s törésvonal-hálózata a mélységi víznek is szabadabb utat nyitott.

A fenti elgondolások értelmében felkutatva, fel kell hoznunk forró vizeinket is. Igénybevehető energiákban szegények vagyunk. Egységes szociális érdekből ezt az óriási értékünket is fel kell használnunk, mert hőenergia készlete talán egyedülálló a Földön, felbecsülhetetlen kincs. Községeink, városaink fűtésével, melegágyi kultúrájuk kiépítésével teljesen megváltoztathatnánk, s a jólét eddig nem ismert fokára emelhetnénk életünket. Nem utópia, nem álmodozás, ha ásvány- és gyógyvíztipusok szerint kijelölt területeket, ezer és ezer holdon kiépített melegágyi-kultúrás, forróvíz-fűtésre beállított városokat és községeket

látok magam előtt, kiemelkedve százados elhanyagoltságukból, a szocialista építő munka egyik legnagyobb eredményeként.

A MAGYARORSZÁGI OLAJ- ÉS FÖLDGÁZVAGYON NÖVELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

KERTAI GYÖRGY egyetemi m. tanár

Magyarország területén felszíni olajnyomokat csak Recsk—Parád vidékén ismerünk paleogén rétegekkel kapcsolatban. Régóta ismeretesek azonban felszínre szivárgó olajnyomok határainkhoz közeli olyan helyekről, ahol az olajtartó neogén medenceüledékek vastag takaró alól a felszínre buknak. Délzalai dombvidékünkkel határosak a pannóniai rétegekből fakadó olajforrások: Peklenica és Selnica (Bányavár és Szelence). Az Alföld keleti peremén Bodoiu—Derna—Brusturi (Bodonos—Felsőderna—Tataros) környékén az aszfaltkibúvások ugyancsak a pannóniai rétegekből adnak szénhidrogéneket.

Évtizedek óta ismeretes, hogy a magyar medencék belsejében a fiatalabb pliocén és negyedkori rétegekkel fedett üledékekből, mélyfúrásokból több helyről hoznak fel a vizek szénhidrogén gázokat, sőt néhol olajnyomokat is.

Az Alföld és a Dunántúl neogén üledékeiben tehát az olajképződés és felhalmozódás lehetősége megvolt és érthető, hogy a legkedvezőbb helyeken megindult kutatásokat siker kísérte. Az 1935—1941. közötti dunántúli kutatások során tárták fel az ismeretes magyar olajkincs 90—95%-át. Ekkor fúrták meg a muraközi olajkibúvások közelében fekvő, geológiailag és geofizikailag jól meghatározott budafapusztai és lovászi, valamint a geofizikailag meghatározott hahóti szerkezeteket. 1942—44-ben a nagyalföldi kutatások során geofizikailag kimutatott maximumokon nagynyomású CO_2-ben dús nedves gázokat ütöttek meg Tótkomlós és Kőrösszegapáti vidékén.

A folytatódó kutatások feladatai természetesen bonyolultabbak. Az olajképződés lehetősége sok tényezőtől függ és további sok tényező és körülmény együttes jelenléte szükséges ahhoz, hogy a keletkezett olaj- és földgáz gazdaságilag értékes teleppé halmozódjék fel. 1948-ban földtani vizsgálataink beigazolták, hogy a Dunántúl déli és északi részein a neogén, elsősorban az alsópannóniai, szarmata és mediterrán üledékképződés idején olaj- és földgázképződésre alkalmas szervesanyag tömegek halmozódtak fel az üledékekben. Az így képződött olajat a Dunántúlon szimmetrikus, részben gyengén diszharmonikus gyűrt szerkezetekben, vagy a neogén üledékkel eltemetett, tortonai üledékkel borított mezozoós mészkőszirtek tetején találtuk meg. Az itteni olajfelhalmozódásra alkalmas szerkezetekről az alábbiakat lehet megállapítani.

A Murától nyugatra fekvő területen a neogén kéregmozgások intenzívebbek voltak. A Muraköz miocén- és pliocén üledékei néhol 30—40 fokot is elérő mértékben billentek ki. A Murától keletre a mozgások intenzitása fokozatosan csökken.

A Murához közel fekvő magyarországi területeken 3—15 fokos dőlésű boltozatok alakultak ki, amelyek az olaj- és gázgyűjtésre különösen alkalmasak. Ezen a területen indult meg az eredményes kutatás. Tovább keletre a mozgások intenzitása méginkább csökken és eddigi ismereteink szerint a Balaton vidékén már vízszintesen települt pannóniai rétegeket találunk.

Az olajképződésre elsősorban alkalmas alsópannóniai tenger a zalaihoz hasonló fácies üledékei északra kiterjednek a Kis-Alföldre és az olaj képződése, a mihályi fúrások bizonysága szerint, ezen a területen a tetemesen megvastagodott üledékekben is megtörtént. Az alsópannóniai középső- és alsó szint üledékei Somlóvásárhely vidékén már parti, homokos fáciesekben jelentkeznek. Ez szabja meg a délzalai alsópannóniai medencét összekötő híd északkeleti határát. Eddigi ismereteink szerint ez a megállapítás a gazdaságilag értékes olajtömegeket létrehozó anyakőzetek kiterjedésének, tehát az olajkeletkezés övének határát jelenti.

Keleti irányban, a Dunántúl déli részén a görgetegi fúrások bizonysága szerint az olajképződés öve kiterjed legalább Nagyatád — Somogyvisonta vonaláig. Figyelemreméltó az az érdekes adat, amelyet *Than* Károly egy 1870-ből való írásában találtunk, amelyben a harkányfürdői fúrásról számol be. *Than* e jelentésében leírja, hogy gazdag, égő gázbuborékolás mellett a víz felszínén barnaszínű petróleumot figyelt meg. Az olajkeletkezés övét ez a történelmi adat a szigetvári medence keleti végéig tolja ki.

A fent említett négy csoportra osztott feladatkör elvégzésében a felszíni geológiai kutatásra a geofizikai feladatnál kevesebb munka vár. Jelentős a felszínen földtani módszerekkel kimutatható, zavart településű terület az Alföldön egyáltalában nincs. A Dunántúl földtanilag már legnagyobbrészt feldolgozott és legfeljebb egyes részfeladatokban nyujthat a földtani munka a geofizikainak segítséget. A Dunántúl keleti részében, a Balaton és a Duna között elterülő vidéken, az alaphegység különböző fajtáinak paleogeográfiai és tektonikai vizsgálata és ennek összevetése a harmadkori tenger üledékeinek elterjedésével nyujthat támogatást az olajkutatás számára.

Az északi peremvidék területén a helyes módszerrel történő , a valósághoz kellő gyakorlati kapcsolattal fűződő földtani felvételekre van szükség.

A geológiai kutatásra fontos szerep vár azonban a mélyfúrások földtani eredményeinek a felszíni ismeretekkel való reális kapcsolatba hozása terén. Ezen a területen végzett helyes szintézisek hivatottak arra, hogy a geofizikai kutatásnak irányt szabjanak és lehetővé tegyék a geofizikai eredmények kiértékelését.

Az első feladat megoldásának — a már ismert szerkezeten új területek felkutatásának — sikerei elsősorban a mélyfúrások eredményeiből leszűrhető megállapítások helyességétől függenek. A nagylovászi — budafapusztai boltozat nyugati részén ezen az alapon folynak a kutatások és további eredmények elsősorban ezen az úton biztosíthatók. A terület egyes részein tovább részletes graviméres mérések hozzájárulhatnak az eredmények mielőbbi elérésé[1]hez. A nagyszerke-

zeti egységen csapás mentén végigvezetendő reflexciós szeizmikus szelvény értékes felvilágosítást nyujthat e terület Balaton felé emelkedő keleti folytatásának lehetőségeiről. Ezt a területet az teszi különlegesen értékessé, hogy az újudvari mélyfúrások gazdag pannóniai anyakőzetrétegeket tártak fel.

A hahóti nagyszerkezet részegységeinek kutatása, a fúrással megkutatandó Jakobfa-környéki tetőrésztől eltekintve, már tisztára a szeizmikus kutatásokra vár.

Az inkei területen a szeizmikus felvételek ellenőrzése erősítheti még meg a fúrásokból leszűrhető tapasztalatokat és szabhat irányt a további kutatásnak. A biharnagybajomi, kőrösszegapáti, tótkomlósi szerkezeteken a fúrási, mélyföldtani adatoknak kell, a szerkezeti képet, s ezzel az olajcsapdák helyzetét tisztázniok.

A második feladat, új, harmadkori szerkezetek felfedezése, elsősorban geofizikai feladat. A *Ljev Petrov* szovjet geofizikussal folytatott megbeszélésekből kitünt, hogy a harmadkori szerkezetek viszonylag gyenge gravitációs maximumokként jelentkeznek. A legnagyobb gravitációs értékekkel jelzett területek a mezozoikum, vagy paleozoikum felszíni előfordulásának közelében mutatkoznak és kétségtelen, hogy ezek a legmagasabb értékek a harmadkori üledékek vékony leplével borított alaphegység emelkedett helyzetét jelzik. A minimumok teknőket jeleznek 3—4000 m vastag üledéksorokkal. A közepes értékek területei jelentik a fiatal üledékekkel födött alaphegység-rögöket és azokon, vagy azok felszínén esetleges olajcsapdákat. Ezek a gravitációs »középzónák« a legértékesebbek olajkutatásaink szempontjából.

Ilyen területeken a részletes graviméteres mérések folytatása sok helyen szükséges, mindenütt nélkülözhetetlen a szeizmikus felvétel is. Ez a feladat elsősorban a nagylengyel-salomvári területen, továbbá a mezozoós mészkőhegység mélybe süllyedt övének déli és délkeleti szárnyán, a Nagytilajtól Zalabeznyón, Balatonhídvégen, Somogytúron át egészen Nagyberényig húzódó lejtőkön végzendő el.

A helyi gravitációs rendellenességeket szeizmikus felvétellel kell tisztázni. A nagylengyel-salomvári terület azért értékesebb a fentemlített déli és délkeleti lejtőknél, mert ott a mezozoós szirtsort minden oldalról ellepték a neogén tengeri üledékek, míg az említett lejtőn csak az egyik oldalról borulnak a fiatal, olajtelepek képződésére alkalmas kőzetek.

Ugyanez a feladat részben még tisztázatlanabb körülmények között a Dunántúl északi részén, a Bakony és a Vértes nyugat felé süllyedő oldalán és a Kis-Alföld eltemetett paleozoós hegységei felett és azok lejtőin is elvégzendő.

A Dunántúl keleti részein a geofizikai vizsgálatok a Balaton és a Duna között több gravitációs maximumot mutattak ki. Az alsópannóniai üledékeket eddig csak jelentéktelen kifejlődésben találtuk meg az igali szerkezet szárnyán. Kaposvár, Kurd vidékén a maximumok tetején telepített fúrások nem harántoltak alsópannóniai anyakőzet-rétegeket. Egyáltalában nincs kizárva azonban, hogy az ennek a területnek alapját képező, részben mezozoós rögök, részben

paleozoós, metamorf hegységroncsok, gránittönkök és esetleg fiatalabb, eruptív tömzsök között a vápákban, teknőkben idősebb neogén üledékek is találhatók. Erre utal az igali, kurdi, a szekszárdi fúrás rétegsora és a Mecsek völgyeiben nyugatról behúzódó mediterrán üledékek jelenléte.

Nem tisztáztuk azonban máig sem, hogy az Alföld több helyén feltárt olaj és gáz melyik üledékképződés folyamán keletkezett nagy tömegben és milyen tipusú szerkezetekben halmozódott fel gazdaságilag értékesíthető mennyiségben. Jelentős gáz- és olajmennyiségeket eddig az eltemetett paleozoós metamorf rögök tetején és oldalain találtunk. Az olajképződés és felhalmozódás folyamata azonban még nincs tisztázva. Az eddigi fúrásokból paleogén üledékek nem kerültek elő. Az olaj és a gáz az alaphegység fölött levő neogén-üledékekben jelentkezik.

A harmadik, olajkutatás szempontjából eltérő jellegű vidék az Alföld északi peremvidéke : a Nógrád — Heves — Borsod megye vulkáni és idősebb üledékekből felépült hegységek között és azok lábánál eltérő harmadkori üledékek területe. Az erre a területre eső recski — bükkszéki olajelőfordulás és a tardi aszfaltnyomok valószínűleg már paleogén kőzetekkel vannak kapcsolatban és az előfordulás tipusát tekintve is, teljesen eltérő jellegű az alföldi és dunántúli szénhidrogénektől. A területen — beleértve a Budapesttől keletre és északkeletre fekvő vidékeket is — oligocénkorú rétegek már a felszínen és a felszínhaz közel mutatkoznak. A bükkszéki kishozamú terület keletkezési és felhalmozódási viszonyai nem teljesen tisztázottak. A kérdések megoldása további alapos helyszini földtani vizsgálatokat és a mélyfúrási adatok érdemleges kiértékelését teszi szükségessé.

A magyar olaj- és földgázvagyon növelésének lehetősége érdekében a további kutatási tervek a következő feladatok megoldását kívánják :

1. A már kimutatott és részben feltárt nagyszerkezetek részegységeinek, relatív boltozódásoknak és új rétegtani olajcsapdáknak kutatása.

2. Újabb szerkezetek felkutatása az alsópannóniai és miocén-üledékekben.

3. Alföldi és hahóti típusú eltemetett, mezozoós, illetve paleozoós rögök felett települt csapdák kutatása.

4. Pliocénnel idősebb, esetleg szénhidrogént tároló rétegsorok feltárására irányuló kutatások az Alföld és a Dunántúl mélyebb szintjein, valamint az északi peremvidéken.

Az egyes kutatási feladatok terén végzendő konkrét munkálatokban az utóbbi hetek folyamán jelentős fordulat történt. A Szovjetunióból tapasztalatátadásra és segítségnyujtásra Magyarországra érkezett *Ljev Petrov*, a Szovjetunió olajügyi minisztériumának geofizikusa, gravitációs specialistája. *Ljev Petrovnak* a szovjet tapasztalatokból merített útmutatásai a magyar medence üledékeinek értékelése és további kutatása terén új munkamódszerek lendületét és kutatásaink derűlátó biztonságát jelentik.

A továbbiakban röviden összefoglalva az egyes területek kilátásait, a terü-

letek értékelésében nem csupán a saját megállapításomra támaszkodva, hanem felhasználom *Ljev Petrov* szovjet geofizikussal folytatott tapasztalatátadáskor készített feljegyzéseimet is.

A Dunántúl keleti és délkeleti részein elsősorban szeizmikus kutatásoknak kell a már ismert gravitációs maximumok területeit átkutatni. Ezen a területen is jelentős segítséget nyujtana egy-két gyorsan mozgó, sekélyebb mélységre lehatolni képes fúróberendezés, mellyel az ismeretlen területek üledékviszonyait lehetne tisztázni olyan helyeken, ahol sekélyebb mélységben elérhető alaphegységre számíthatunk.

Az eltemetett rögök és a fölöttük esetleg meglévő fiatalabb szerkezetek kutatása a *harmadik feladatunk*. Ez a feladat elsősorban a Nagy-Alföldön, a Duna-Tisza közén és a Tiszántúl területén mutatkozik jelentősebb mértékben. A Nagy-Alföld 30—35 gravitációs maximuma közül csupán 4—5 van feltárva, s a többinek földtani jellegéről még nem tudunk annyit, amennyi olaj- vagy gázkincsünk növelése szempontjából szükséges. Az Alföldön végzett szeizmikus mérések eredményei — ellentétben a dunántúli eddigi munkálatokkal — a fúrásokkal igazolódtak. Az alföldi feladatok megoldása tehát elsősorban mélyfúrási teendő.

A *negyedik feladat* az idősebb üledékek esetleg kőolaj- és földgáz-csapdáinak felkutatása. Ennek a kérdésnek eldöntése részben az ismert szerkezetek mélyebb szintjeinek feltárásán múlik, — ez nagyrészben műszaki probléma, — másrészt az északi peremvidék említett földtani kutatásainak kérdése. Az eltemetett röghegységek oldalain a teknők felé haladva, a már ismert redők vidékén is megvan a lehetőség diszharmonikus szerkezetek feltárására.

Mindezeket a feladatokat, felhasználva azokat a szovjet munkamódszereket, amelyeket részben *Ljev Petrov* szovjet geofizikus útján kapunk, továbbá az egyéb vonalon jelentkező sokoldalú szovjet-tudomány és ipar segítségével az eddiginél sokkal nagyobb biztonsággal kell megoldanunk. A legsürgősebb teendők — amint a fentiekből következik — az egész országra kiterjedő földtani és geofizikai munkálatok helyes, a gyakorlati céloknak megfelelő egységes irányítása, a geofizikai felvételek jelentős kibővítése, elsősorban több új szeizmikus berendezés és az ehhez szükséges kutatószemélyzet sürgős munkábaállítása.

A kutatási feladatok megoldása — tekintettel a magyar medence üledékek nagy kiterjedésére, jelentős vastagságára és az eddigi eredményekre — azzal biztat, hogy az előttünk álló bonyolultabb kutatási feladatokat is megoldjuk és újabb olaj-, valamint földgázmezőkkel gazdagítjuk szocializmust építő országunkat.

GEOFIZIKAI NYERSANYAGKUTATÁS

EGYED LÁSZLÓ egyetemi intézeti tanár

Ásványkincseink feltárásának kérdésében tisztában kell lennünk azzal is, hogy mit nyújthat e tekintetben a geofizikai kutatás. Hogy ezt felvázolhassam

meg kell világítanom a geofizika módszereinek alapelvét és össze kell hasonlítanom a földtani kutatás egyéb módszereivel. A földtani vizsgálat mindig a közvetlen megfigyelésen alapszik. A közvetlen megfigyelés egyformán vonatkozik a földkéreg anyagaira, szerkezetére és az ősmaradványokra. A megfigyelést követi a kiértékelés, melynek folyamányaként képet alkotunk a terület bizonyos mélységig terjedő földtani alkatáról, kialakulásáról, a végbement mozgásokról és ebből következőleg egyes ásványkincsek előfordulásának lehetőségéről. Ennek a módszernek előnye, hogy a földkéreg anyagairól és a benne végbemenő folyamatokról közvetlen felvilágosítással szolgál, de megbízható következtetéseket csak egészen sekély mélységig tudunk belőle levonni. A mélységnek határt szabnak a feltárások mennyisége és milyensége, a mesterséges feltárások költsége, valamint a fellépő természeti és technikai akadályok.

A fizikai módszerek célja éppen a mélységbeli korlátozottság kiküszöbölése. Milyen módon válik ez lehetővé? A kőzetek anyagi összetétele megszabja milyenségüket, de megszabja nagyrészt fizikai tulajdonságaikat is. A kőzetek sűrűsége, rugalmassága, mágneses- és elektromos tulajdonságaik, hővezető képességük, s a bennük felhalmozott radioaktív anyagok bomlási viszonyai mind olyan sajátságok, amelyek a rétegviszonyok s az anyagi összetétel megváltozásával maguk is megváltoznak. A kőzetek e fizikai tulajdonságai olyanok, hogy a körülöttük kialakuló erőtereket és a rajtuk keresztül haladó energiafolyamatokat módosítják. Valamely terület gravitációs vagy mágneses terét, a felszíni rétegek hőmérsékletét a sokszor többezer méter vastag üledékkel eltakart mélybeli viszonyok alakítják ki. Ha mesterséges földrengéseket hozunk létre, a tovaterjedő rugalmas hullámok menetét, visszaverődését és törését a rétegekben lévő változások határozzák meg. A rétegeken áthaladó elektromos áramok iránya az ott elrejtőző érctömegektől függ, mintahogy a földi természetes áramok egy része is érctömzsök jelenlétére vezethető vissza.

Ezek a tények lehetővé teszik, hogy tisztán a felszínen végzett mérések segítségével az egyébként nehezen hozzáférhető vagy egyenesen hozzáférhetetlen mélybeli viszonyokat tisztázzuk érces előfordulásokat körülhatároljunk, s egyes anyagok jelenlétére következtessünk. A geofizika módszereinek alkalmazása nagy mértékben kiterjesztette a kutatás mélységbeli határait. A felszíni földtani kutatás módszereivel szemben megvan azonban a geofizikai kutatásnak az a hátránya, hogy csak az anyagok néhány tulajdonságára támaszkodik, s abból kénytelen következtetni a kőzetviszonyokra. Ennek folytán a geofizikai adatok helyes kiértékelése szükségessé teszi a terület közvetlen megfigyeléséből származó földtani adatok felhasználását is.

A nyersanyag-kutatásban a geofizika legfontosabb feladatát szerkezeti kérdések megoldása és előfordulások körülhatárolása jelenti. A legszebb sikereket ott érte el, ahol az ásványkincsek előfordulása a rétegek szerkezetéhez van kötve. Ezek között első helyen kell a kőolajat említenem. A kőolaj a mély-

ségben legtöbbször olyan helyen mutatkozik, ahol a rétegek felboltozódnak, vagy vetődések akadályozzák továbbvándorlását. Ha ezeket a helyeket vastag üledéksor borítja, akkor felszíni vizsgálattal csaknem lehetetlen felderíteni. A nehézségierő mérése azonban szemünk elé varázsolja az üledékkel borított területeken elrejtett boltozatokat, s a mesterséges rengések módszerének, a szeizikus módszernek segítségével térképezhetjük a felszín alatti rétegalakulásokat. Ma már kialakulóban van a földi áramokkal való kutatás módszere is, amely csaknem egyenértékű a szeizmikus módszerrel, de annál sokkal gazdaságosabb.*

Hazánkban mind a gravitációs, mind a szeizmikus módszernek már múltja van az olajkutatásban, hiszen köztudomású hogy számításba jövő olajmezőink feltárását geofizikai kutatások tették lehetővé. A további kutatás során azonban a súlypontnak a torziós ingáról a gravimétermérésekre, a refrakciós szeizmikus mérésekről pedig a reflexiós mérésekre kell áthelyeződnie. A gravimétерre nemcsak azért, mert sokkal gazdaságosabb, hanem mert a földtani kutatás számára megbízhatóbb eredményeket ad ; a szerkezeti finomságok felderítésére pedig csakis reflexiós mérés alkalmas. A mérések kiegészítésére célszerű volna a szovjet kutatóktól oly sikeresen alkalmazott geokémiai módszereket is kidolgozni s felhasználni a graviméteres és szeizmikus mérések alapján kedvezőnek ítélt szerkezeteknél.

Ugyancsak a szerkezeti viszonyok határozzák meg hazai kőszeneink feltárását. Kétségtelen, hogy nagyon sok helyen a felszíni viszonyokból csak kevés adatot tudunk a mélyebb rétegekre vonatkozólag kideríteni. Kutatófúrások lemélyítése pedig ott jelent nagyobb költséget, ahol vastagabb üledéksor települt a kristályos alaphegység felé. A legközelebbi jövő feladatai közé kell sorolnunk kőszén szempontjából reményteljes területeink graviméterrel való fölvételét.**

A geofizika számára további elsőrendű, de igen nehéz munkaterület az érckutatás. Itt is különbséget tehetünk egyik legfontosabb ércünk, a bauxit és a többi ércek között. A bauxit esetében ugyanis a feladat részben szerkezeti feladat, de már előtérbe lépnek az érckutatás egyéb módszerei : a mágneses és elektromos módszerek. A többi ércek között a mágnesvasérc kutatása volna a legegyszerűbb. A mágnesvasérc körülhatárolására már a legrégibb időktől a mágneses méréseket használták. Hazai vonatkozásban ez az érc alig jöhet számításba. A mágneses méréseket főképpen eruptív eredetű építő anyagaink körülhatárolására és nyomozására lehet felhasználni.

Az érckutatás terén több nehézséggel állunk szemben. A hazai geofizikai kutatásnak az érckutatásban alig van valami tapasztalata, s a külföldön kidolgozott módszerek nehezen alkalmazhatók a hazai viszonyokra éppen az ércek

*) A földi áramok jelentőségére hazánkban először Kántás Károly mutatott rá. (Szerk.)

**) A graviméteres méréseknek alkalmazását a kőszénkutatásban dr. Tárczy—Hornoch Antal javasolta a Bányászati és Kohászati Egyesület 1949. évi közgyűlésén. (Szerk.)

szempontjából értékesebb területeink különleges földtani viszonyai folytán. Itt tehát úttörő munkát kell végeznünk. Elsősorban az elektromos kutató módszerek jöhetnek, számításba s csak másodsorban vagy járulékosan a mágneses mérések. Fő tennivalónk ezen a téren a következő : Kikutatni, mennyiben alkalmazhatók a másutt bevált elektromos módszerek nálunk. Milyen módosításokkal vagy változtatások mellett lehetne ezeket hatásossá tenni? Milyen egészen új módszert lehetne bevezetni az eredményes érckutatás érdekében?

Összefoglalva a mondottakat, teendőink a következők :

Olajkutatás terén : A gravitációsan kedvezőnek ítélt szerkezetek fölötti rétegeződési viszonyok szeizmikus módszerrel való tisztázása. A mérések súlypontja a reflexiós szeizmikus és graviméteres méréseken legyen.

Kőszénkutatásban : A kőszén szempontjából reményteljes területeknek, mégpedig elsősorban a Bakony és a Vértes ÉNy-i oldalától a kisalföld felé kinyúló területnek graviméteres fölmérése. A szeizmikus mérések költségeit nem bírja a hazai kőszénkutatás.

Bauxitkutatásban : A szerkezeti viszonyok tisztázása a szénkutatáshoz hasonlóan.

Érckutatásban : A megfelelő elektromos módszerek kikísérletezése a hazai földtani viszonyok esetére.

Eruptív eredetű építőanyagok terén : Az előfordulások körülhatárolása mágneses módszerekkel.

Szakkáderek terén : Korszerű fizikai és földtani ismeretekkel rendelkező geofizikusok nevelése.

Ezek volnának feladataink, amelyek részben még előttünk állanak, részben már megoldáshoz közelednek. Sikeres megoldásuk hozzásegíthet azokhoz a nyersanyagokhoz, amelyek az ötéves terv nagyszabású országépítéséhez szükségesek.

GEOFIZIKAI KUTATÁSAINK HALADÁSA ÉS MÓDSZEREI

RENNER JÁNOS az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet igazgatója.

Általánosan elismert tény, hogy a tudomány mai fejlettsége mellett a geofizikai kutatómódszerek a földtani kutatásokkal karöltve eredményesen használhatók fel hasznos ásványi anyagok kutatására.

A geofizikai kutatások terén Magyarországnak félévszázaddal ezelőtt kezdeményező szerepe volt. Ez *Eötvös Loránd*, a nagy magyar természettudós úttörő munkásságának köszönhető, a gyakorlati alkalmazásokra pedig *Böckh Hugó* mutatott rá.

Jelenleg a következő geofizikai kutatómódszerek esetében rendelkezünk megfelelő korszerű felszereléssel és képzett szakemberekkel : gravitációs, földmágneses, szeizmikus, elektromos, radioaktív kutatómódszerek és mélyfúrások elektromos szelvényezése.

A *szénhidrogén-kutatásra* jelenleg Magyarországon a gravitációs, a földmágneses és a szeizmikus kutatómódszert használják. Ehhez járul még a mélyfúrások elektromos szelvényezése.

A gravitációs felvételek terén Magyarországon *Eötvös Loránd* munkásságától kezdve igen sok kutatómunka folyt, részben a kutatómódszer és a mérőeszközök fejlesztése, részben a terepfelvételek vonalán. Az ország területének legnagyobb része be van hálózva részben Eötvös-inga, részben graviméteres állomásokkal. Ez Eötvös munkásságával kezdődő félévszázados munka eredménye.

Az Eötvös-ingával végzett mérések kezdettől fogva megbízható, kellő érzékenységű műszerekkel történtek, két évtizeden át Eötvös személyes irányítása és ellenőrzése mellett. Az Eötvös-ingák terén a fejlődés a kezelés egyszerűsítésére és a mérések gyorsítására irányult. A graviméteres felvételek legnagyobb részét szintén korszerű műszerekkel végezték. A jelenleg használt korszerű graviméterek pontossága kb. 0,04 milligal.

A földmágnességi kutatás is magas színvonalon áll Eötvös Loránd munkássága óta.

A Nagy-Alföldön még Eötvös idejében sok abszolút mágneses felvétel készült és ezek a mérések közvetlenül utána is folytatódtak. Dunántúl a MAORT végeztetett elég részletes mágneses méréseket, relatív műszerekkel.

A szénhidrogénfeltárás terén a földmágneses mérések arról tájékoztatnak, hogy hol rejtőznek eruptív eredetű kőzetek.

A geofizikai módszerrel történő szénhidrogén-kutatás további fázisa a szeizmikus vizsgálat.

Magyarországon csak a legutolsó években indult meg rendszeres szeizmikus mérés. A felszabadulás előtt is végzett szórványosan az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet szeizmikus méréseket. Egyes külföldi vállalatok részéről is történtek szeizmikus mérések Dunántúl és a Nagy-Alföldön. 1948 óta a Geofizikai Intézet egy régi beszerzésű, de teljesen korszerűsített 12 csatornás és egy újonnan beszerzett 24 csatornás mérőberendezéssel végez rendszeresen szeizmikus méréseket. A mérésekben mind a refrakciós, mind a reflexiós módszert egyaránt használja.

A gravitációs mérések vonalán legfontosabb teendőnk az országos graviméteres alaphálózat felmérése. Ennek a mérésnek korszerű graviméterekkel és egységes mérési eljárással kell történnie. A felvételek célja, hogy az egész ország területén Eötvös-ingákkal és graviméterekkel készült részletes mérések eredményeit, a bázisállomások felhasználásával, megfelelő kiegyenlítés útján egységes rendszerbe foglalja. A meglévő hatalmas gravitációs anyag az egységesítés nélkül alkalmas ugyan arra, hogy egyes területrészeken következtetni lehessen a földalatti rétegek elhelyezkedésére, nagyobb területre kiterjedő regionális következtetésekre azonban alkalmatlan. Kívánatos az országos graviméteres alaphálózatnak a nemzetközi gravitációs hálózatba való bekötése

is. Magyarországon is ki kell jelölni alkalmas helyeken olyan gravitációs bázisállomásokat, amelyeken bármikor lehet ellenőrző bekötő méréseket végezni. Ezek az alapállomások egyúttal arra is szolgálhatnak, hogy az ott felállított, nagypontosságú graviméterek a nehézségi erő kozmikus okokból eredő időbeli változását regisztrálják.

További feladatunk részletes graviméteres és Eötvös-ingamérés olyan területeken, ahol ilyen mérések még nem voltak. E feladatok elvégzése érdekében múlhatatlanul szükséges volna további két korszerű graviméter beszerzése.

A gravitációs felvételekben az Eötvös-ingát a korszerű, nagypontosságú graviméterek sokfelé kiszorítják. Kétségtelen, hogy a graviméteres felvétel gyorsabb és gazdaságosabb. Graviméterrel olyan erősen tagolt hegyvidéken is lehet dolgozni, ahol az Eötvös-ingamérések a jelentékeny topografikus korrekció miatt már nem szolgáltatnak megbízható adatokat. Egyes különleges feladatok elvégzésére, pl. a földalatti vetődések kimutatására, az Eötvös-inga alkalmasabb. Igen értékes felvilágosítást nyújtanak az Eötvös-inga mérések görbületi adatai a földalatti szerkezetek főcsapásirányairól. Az Eötvös-inga szerepe továbbra is változatlanul fontos a geodézia problémáinak megoldásában.

A földmágnességi méréseknél is szükség van az országos alaphálózat felmérésére, abból a célból, hogy a már meglévő és még ezután elvégzendő földmágnességi mérések eredményeit egységes rendszerbe lehessen foglalni. Ilyen rendszeres, összefogó földmágnességi mérés 1890 óta nem volt Magyarországon. Az országos földmágneses alaphálózat mérése 1949 nyarán megkezdődött és néhány hónap múlva befejeződik. E mérés lehetővé teszi a földmágnességi erő-összetevők normális helyi változásainak meghatározását is.

A földmágneses mérések eredményei csak akkor értékelhetők ki, ha az időbeli változásokat kiküszöböljük. Ehhez megfelelő helyen működő állandó földmágnességi obszervatórium regisztrálására van szükség. Sajnos, a Budakeszin néhány évvel ezelőtt létesített, ideiglenes földmágnességi obszervatórium nem felel meg rendeltetésének, és ezért sürgősen gondoskodnunk kell arról, hogy földmágnessségi tekintetben lehetőleg zavarmentes helyen minél előbb teljesen korszerű, állandó földmágnességi obszervatórium létesüljön.

A szénhidrogén-kutatás terén a közeljövő legfontosabb feladata a geoszeizmikus kutatások minél nagyobb mértékű kifejlesztése. A Geofizikai Intézet jelenlegi kapacitása e tekintetben meglehetősen korlátozott. A jelenlegi kapacitást képzett szakemberek munkába állításával és mérőberendezések beszerzésével feltétlenül növelni kell. Ami a mérőberendezéseket illeti, egyrészt külföldről szándékozunk mérőberendezéseket behozni, másrészt a Geofizikai Intézet maga fog megépíteni egy 24 csatornás berendezést. Ebből a célból külön munkaközösség alakult az Intézetben. Tervünk megvalósítása folyamatban van.

A szénhidrogén-kutatásban elektromos mérőmódszereket is használnak. Első helyen említhetjük a Schlumberger-féle elektromos lyukszelvényezést. A felszíni elektromos mérőmódszereket Magyarországon még nem alkalmazzák

rendszeresen. Nagyon kívánatos a felszíni elektromos mérőmódszerek bevezetése, mégpedig elsősorban a tellurikus áramok módszeré. Legújabb időkben a soproni geofizikai munkaközösség foglalkozik elektromos kutatással.

Vasérc-kutatásra eddig Magyarországon a földmágneses mérőmódszert használták. Mivel a vasércek közül csak a magnetit okoz észrevehető földmágneses anomáliát, Magyarországon pedig alig számíthatunk jelentősebb magnetit-előfordulásra, a vasérc-kutatás földmágneses módszerrel nálunk kevés eredménnyel kecsegtet. Elektromos módszerrel más vasércek kutatása is indokolt volna.

A földmágnességi és az elektromos mérőmódszereknek a bauxitkutatásban való alkalmazására már megindultak a kísérletek.

A kőszén-kutatásba csak ezután fog a geofizikai mérés bekapcsolódni. Közvetve ezen a téren is szerkezet-kutatásról lehet szó. Nem maradhat említés nélkül a hazai kőszénbányászatnak egyik nagyon fontos kérdése, a karsztvízveszély elhárítása. A gyakorlati geofizikának mindent el kell követnie, hogy ennek a fontos kérdésnek kedvező megoldását elősegítse. Erre a célra a szeizmikus és az elektromos mérőmódszer jöhet tekintetbe.

Kősó-kutatásra a gravitációs és a geoszeizmikus mérőmódszer használható. Magyarországon a kősó-kutatás alárendelt jelentőségű.

Külön említést érdemel a *kőzet-radiológiai* kutatás. Hasonlóképen rendkívül fontos a mélyfúrások radiológiai szelvényezése is.

Tervgazdálkodásunk érdekében egyik legfontosabb feladatunk a szakemberek utánpótlása. Ezzel kapcsolatban felmerült az a kérdés, hogyan történjék a geofizikusok képzése. A jó geofizikusnak sokoldalú tudással kell rendelkeznie. Feltétlenül szükséges, hogy a geofizikus jól képzett fizikus legyen; de rendelkeznie kell földtani, geodéziai és műszaki ismeretekkel is. Ebből önként következik, hogy geofizikusok képzésére egyaránt hivatottak az egyetemek természettudományi karai és a műszaki egyetemek.

Sok megoldásra váró feladat áll a geofizikusok előtt. A Népköztársaság Kormánya megadja az anyagi és egyéb feltételeket a Tervben megállapított geofizikai kutatások elvégzéséhez. A geofizikai kutatásokban résztvevő szakemberek kötelessége a rájuk váró munka hűséges és becsületes teljesítése — népgazdaságunk fejlesztése és a szocializmus építése érdekében.

A MÉLYFÚRÁSOK SZEREPE A MAGYAR ÁSVÁNYKINCSEK FELTÁRÁSÁBAN

SZUROVY GÉZA geológus

Országunk területének legnagyobb része síkság, illetve enyhén hullámos dombvidék, ahol az idősebb képződményeket vastag, egyhangú, fiatal üledékek fedik. *Ezeken a területeken behatóbb földtani kutatásokat csupán mélyfúrások segítségével végezhetünk.*

Hegyvidékeinken sem kedvezőbb a helyzet. Ezért ezeken a területeken is a viszonylag legolcsóbb és a viszonylag legmegbízhatóbb eredményeket nyújtó mélyfúrásokkal kell a földtani és teleptani körülményeket tisztáznunk, mielőtt a költséges, nagy anyag- és munkaigényes bányászati feltárásra kerülne a sor.

Ha ásványi nyersanyag-termelésünkben elakarjuk érni az ötéves tervünkben célul kitűzött számokat — márpedig ezt nemcsak elérni, de túlszárnyalni is akarjuk — akkor ennek megfelelően kell *mélyfúrási tevékenységünket fokoznunk.* A mélyfúrások azonban csak *akkor érik el céljukat, ha anyaguk megbízható feldolgozása, eredményeik összesítő kiértékelése a fúrásokkal egyidejűleg folyamatosan történik.* Megbízható eredményeket csak megbízható fúrási minták szakszerű feldolgozásából nyerhetünk. Tehát a mélyfúrások eredményeinek kiértékelésében *döntő fontosságú a szabatos, megbízható és megfelelő minőségű kőzetminta-vétel.* A kőzetminta-vétel az alkalmazott fúrási eljárás adta műszaki feltételek függvénye.

Sajnos, fúró berendezések dolgában helyzetünk nem mondható kedvezőnek. Ha végigtekintünk fúró berendezéseinken, elénk tárul a mélyfúrási technika egész fejlődéstörténete.

A gazdaságossági tényezők figyelembevételével azon kell lennünk, hogy csupán a legmegbízhatóbb mintavételt biztosító Craelius és Rotary berendezésekkel dolgozzunk. Ezeket is egységesíteni kell, tehát arra kell törekednünk, hogy azonos tipusok legyenek. Feladatainknak megfelelően szükségünk van nehéz, félnehéz és könnyű berendezésekre. *A félnehéz és könnyű berendezésekből az önmozgó tipusokat kell bevezetni,* tehát azokat, amelyeknél az egész berendezés terepjáró járműre van szerelve. Ezeknél az átköltözési idő minimális, a forgatva működés és az erőteljes iszapöblítés nagy méterteljesítmény elérését teszi lehetővé, a magfúrás a feldolgozás és kiértékelés céljára minden tekintetben kifogástalan anyagot szolgáltat.

Első feladatunk megoldani fúró berendezéseink egységesítésének kérdését.

Ha azt akarjuk elérni, hogy a fúrásokba befektetett érték eredményeként megbízható rétegsorrendet kapjunk, ahhoz nem elég önmagában a jó műszaki felszerelés.

A jó mintavétel a megfelelő műszaki felszerelésen kívül elsősorban a fúrómester megbízhatóságától, lelkiismeretétől, és öntudatától függ. Sajnos, ezen a téren is sok a hiányosság.

Második feladatunk állandó felvilágosító, oktató, nevelő munkával *fejlesztenünk fúrómestereink öntudatát és lelkiismeretességét.*

Elengedhetetlenül szükséges, hogy legalább a döntő fontosságú fúrások anyagának mindennapi folyamatos feldolgozását a geológus a helyszínen végezze. *A fúrási geológus helye a fúrásoknál van,* nem pedig a fúrásoktól esetleg többszáz kilométerre levő tudományos intézetben.

Természetesen a fúrási anyag feldolgozása két főmozzanatból áll. Vannak kérdések, amelyeknek vizsgálata csakis a friss furadékban lehetséges, viszont

vannak olyan kérdések, amelyeknek a megoldása hosszabb laboratóriumi minkát igényel. A laboratóriumi munka egy része szintén elvégezhető a helyszini laboratóriumban, míg a hosszadalmasabb tudományos feldolgozás — pl. a fauna monografikus feldolgozása — a tudományos kutató intézet feladata.

Feltétlenül szakítanunk kell avval a még mindig felbukkanó káros gyakorlattal, hogy a fúrási anyag feldolgozása csak hetekkel, hónapokkal később beküldött, sokszor rosszul csomagolt és összekevert minták alapján történjék. Az Állami Földtani Intézetben a múltban százával álltak a fúrásmintákkal teli ládák hosszú éveken át feldolgozatlanul. Ez annál inkább megengedhetetlen, mert az egyes fúrások eredményeinek ismerete lényeges hatással lehet a további kutató fúrások telepítésére, a kutatások üzemét pedig nem fékezheti a lassú anyagfeldolgozásból eredő adathiány.

Harmadik feladatunk a fúrási minták azonnali feldolgozása, az eredmény gyors kiértékelése a helyszínen, részletes tudományos anyagfeldolgozás és összesítő kiértékelés a kutató intézetben.

A kapitalista világban a kutató fúrások eredménye vállalati titok volt. A vállalati titoktartás még károsabb volt a fúrási eredmények kiértékelése, a földtani tudományos eredmények összesítése szempontjából. A korszerű nyersanyag-kutatás a tudomány eredményeinek teljes értékű kihasználásával és alkalmazásával fonódik szervesen egybe. Márpedig a tudományos kiértékelés szempontjából szükség van a legapróbb részletadatra is.

Ennek a lehetőségét az államosítás biztosította. Vállalati embereink azonban részben üzemi sovinizmusból, részben maradiságból, de nem utolsó sorban hanyagságból, nemtörődömségből ezt a kérdést félvállról kezelik és még ma is folytatódik sok értékes, nehéz munka és költség árán megszerzett adat elkallódása, elhallgatása.

Negyedik feladatunk: a legkeményebben keresztülvinni — és ez elsősorban a Földtani és Bányászati Kutatási Központ feladata, — hogy *valamennyi kutatás, feltárás földtani eredményeit maradéktalanul nyilvántartsuk és összesítő kiértékelésüket a további kutatások érdekében biztosítsuk.*

Ha ezt a négy feladatot megoldjuk, akkor bizonyosak lehetünk afelől, hogy mélyfúrásainkkal országunk valamennyi hozzáférhető nyersanyagát feltárjuk épülő szocialista hazánk javára.

EGYÉB ÁSVÁNYI NYERSANYAGAINK

MAJZON LÁSZLÓ, Földtani Intézet igazgatója

Előljáróban csatlakozom Vadász professzornak a földtani kutatásokról szóló megállapításához. A földtani vizsgálatok eredménye jelöli meg és szabja ki a kutatások lehetőségét, a földtani viszonyok, a földtani adottságok megfelelő volta mellett azoknak eredményét is. De míg az eredményt elérjük, míg

valamiféle anyagot az ország, népi demokráciánk iparának rendelkezésére bocsátunk, addig igen sokrétű vizsgálatot végeznek a geológusok. Ezeknek összehangolása hozhatja meg a kívánt eredményt, akár pozitív, akár negatív értelemben. Mert a negatívum is eredmény! Gondoljunk csak arra, hogy mennyi energiát, időt és pénzt pocsékoltunk el egy-egy feltételezett anyag kutatásáért, amikor már másutt tudtak annak nem létező voltáról, használhatatlanságáról. Meg voltak róla a technológiai és kémiai vizsgálatok, de azt féltve őrizték, nem hozták nyilvánosságra, nem tették közzé.

Az ilyen titkolódzást nem szabad tűrnünk sorainkban. Be kell látni kutatóinknak, hogy tudásuk nem magántulajdon, hanem a nép vagyonának egy része. Demokráciánk elvárja tőlük, hogy nemcsak gyakorlati vonatkozású, de tudományos eredményeiket is már azoknak megszületésekor hozzák nyilvánosságra, vagy közöljék az illetékes szervekkel, mert ezek az eredmények holnap már a gyakorlatot szolgálhatják. Nem hangoztathatjuk eléggé, amit ugyan minden szakember tud, hogy az elmélet, a tudományos kutatás és a gyakorlat elválaszthatatlan egymástól.

A következőkben az úgynevezett egyéb ásványi nyersanyagokról számolok be.

Dolomit. A Magyar Állami Földtani Intézet dolomitkutatásokat is végzett a 20%-on felüli magnéziumoxid-tartalmú dolomit ipari felhasználása céljából. A kutatások eredményei szerint a Bükk-hegység különböző szintekbe tartozó dolomitjai a Bakony és a Vértes ú. n. fődolomitja, a Pilis- és a Budai-hegység dolomitelőfordulásai nagyrészt elérik a kívánt értéket. Általános megfigyelés, hogy az erősen szemcsés, ú. n. cukorszövetű dolomitfajták tisztábbak. Az igen gyakori porló dolomit *MgO*-tartalma rendszerint meghaladja a 20%-ot. A M. Áll. Földtani Intézet vegyi laboratóriumában dolomitból magnéziumoxidnak előállítására folytatott kísérletek sikerrel jártak. Jelenleg ezek a kísérletek nagyüzemi vonalon folynak.

Kvarcit. A tűzálló szilika téglák legfontosabb nyersanyaga, további alkalmazási területeként esetleg az üveggyártásnál is számításba jöhetne. Jelentősebb előfordulása a felsőtárkányi Várhegy. A Tokaji-hegységben Erdőbénye, Sima és Fóny községek határában számíthatunk jelentős mennyiségben kvarcitra. Ezeknek technológiai vizsgálata folyamatban van.

Gipsz. Eddig gipsz, ez az iparilag olyan fontos nyersanyag hazánk területén csupán a campili rétegsort harántoló tornakápolnai fúrás alsó szakaszában volt ismeretes. Legújabban Perkupán és Alsótelekesen számos fúrásban átlag 30 m vastag gipsztelepet kutattak fel.

Barit és *fluorit.* Barit-előfordulások eddig kizárólag a Velencei-hegységből ismeretesek. Jelenleg baritra kutató bányászat folyik a Meleghegy környékén.

Fluorit lelőhelyünk a Pátka és Csalavár közötti domb tetején ismeretes. Itt egy 25 m mély függőaknában csupán kutatásról van jelenleg szó. Legújabban fluoritot a sukorói barittelérben is találtak.

Cementmárga. Cementmárgák hazánkban különböző helyeken találhatók. Felkutatásukkal — az ipar megbízásából — intézeti geológusaink ezévben is foglalkoztak. Ebben a vonatkozásban azonban szükséges az Intézet és a kutató laboratóriumok jobb összeműködése. Ugyanis csak az idei mecseki területen eddig igen nagy mennyiségű, különböző korú, látszólag cementmárga előállításához szükséges nyersanyag készletét az Intézet ismeri, viszont mindezideig még nem kaptuk meg a megbízó kutató intézettől ezeknek a márgaféleségeknek vegyi összetételére vonatkozó vizsgálatok eredményeit. Közismert a lábatlani és a Komló-környéki előfordulás. A Bakonyban is folytattunk e nyersanyagra kutatásokat.

Trasz. Tudjuk, hogy ez az ipari nyersanyag erősen hidraulikus voltánál fogva, valamint térfogatállandósága, rugalmassága és vízátnemeresztőképessége következtében a vízi építkezéseknél igen kitűnő s keresett anyag.

Trasznak eredetileg a Rajna-vidéki hidraulikus tulajdonságokkal bíró trahittufát nevezik. Ismeretes, hogy nálunk trahittufa nincsen, s a mi traszaink a riolit- vagy az andezit tufáiból kerülnek ki. Ez magyarázza a magyar traszok természetszerűleg eltérő tulajdonságát a Rrajna-vidékiektől. A trasznak, ennek a fontos ipari nyersanyagnak földtani, valamint laboratóriumi vizsgálatai fontosak. Jelenleg Lőrinci az egyetlen hely, ahol most rendszeres trasztermelés folyik. Jelentékeny traszkészleteket kutattunk fel Hejőcsaba, Rátka és Sátoraljaújhely környékén.

Horzsakő. A horzsakő szerkezetéből, valamint üvegszerű keménységéből adódik csiszoló képessége. Felhasználható még traszcement készítésére és különösképpen könnyűtégla gyártására. Nagy előnye itt a könnyűség mellett hőszigetelő képessége és tűz-, valamint fagyálló volta. A Tokaji-hegységben több előfordulást ismerünk.

Kavics és *homok.* A kavicsnak és a különböző homokoknak igen fontos szerep jut az útépítésnél, a beton- és habarcskészítésnél. Egyes homokféleségek az üvegiparban, illetve az öntészetben jutnak szerephez.

Kavicsainkat három csoportba oszthatjuk.

Az első csoportba tartoznak a felszíni kavicsrétegek. Legnagyobb tömegük az ország nyugati részén található, de előfordulnak, egyes foltokban a Duna völgyében és az Alföld északi peremhegységeiben is. Anyaguk vegyes és aszerint változik, hogy a kavics milyen felépítésű hegységből származik. Túlnyomó részben azonban kvarc, rendszerint folyami homokkal és murvával keverve. Rétegvastagságuk igen változó, nagy általánosságban 8—10 m.

A második csoportba a felszín alatti kavicsokat sorolhatjuk, melyek a Duna posztglaciális völgyében, a folyók törmelék-kúpjain találhatók. Jórészben kvarcitból állnak, a rétegei átlag méteresek. De helyenként egészen tekintélyes, 20—90 m vastagságot is elérhetnek.

A harmadik csoportba a levantei kavicsokat sorolhatjuk. Tulajdonképpen ezek is felszín alatti kavicsok, melyek itt-ott, mint pl. Pestszentlőrincen, a

felszínre is kibukkannak. Vékonyabb rétegkifejlődésűek, mint a második csoportba tartozó kavicsok, a felhasználhatóság tekintetében nem igen jöhetnek számításba, mivel rendszerint már jelentős mélységben fekszenek, pleisztocén rétegek alatt.

Homokjaink közül a felszínen is előfordulók az építészetben használatosak és különböző eredetűek. Legnagyobb részük folyami lerakódás s hatalmas elterjedésben a Duna—Tisza közén és a Nyírségben található. Nagyobb foltokban fordul elő a Tatai- és a Kállai-medencékben. Vastagságuk igen változó lehet, helyenként a 20—30 m-es kifejlődést is eléri. Meg kell azonban jegyezni, hogy nagyobb vastagságban ritkán egynemű, mivel agyagos lencsékkel vagy rétegekkel váltakozik.

Az üveggyártásra alkalmas homoktól nagyfokú tisztaságot és vasmentességet követelünk meg. Ebben a tekintetben eddig ismert homokjaink nem egészen megfelelők. Így tiszta homokot inkább csak mosás révén nyerhetünk.

A palack- és táblaüveg készítésére van alkalmas homokunk, amely a vékonyabb falú gyártmányoknál majdnem egészen tisztának látszik.

Áttekintve a hazai, eddig ismert és termelt üveghomokok geológiai kor szerinti eloszlását, azt látjuk, hogy két egymástól távoleső időszakban számíthatunk jelentősebb előfordulásokkal: az idősebb eocénrétegekben és az alsópannonban.

Eocénkorú, általában jóminőségűnek látszó homokjaink még részletesebb kutatásra szorulnak, s remélhető, hogy az újabb kutatások és a technológusainkra váró nemesítési kísérletek eredményt is fognak hozni.

Eocén homokjainknál sokkal jelentősebb a Magyar-középhegység és a Mecsek peremi részéhez tapadó pannóniai korú homok. Ezek közül a Kővágóőrs, Kisőrs, Monostorapáti, Hegyesd, stb. községek körüli üveghomokok a legismertebbek. A legjelentékenyebb fejtése is ezeken a vidékeken történtek.

Egészen különlegesen finom optikai üveglencsék, prizmák előállítására a Velencei-hegység gránitjaihoz és aplitjaihoz kötött kvarcok használhatók fel. Ilyen kvarctelért ismerünk Pázmándtól délre a Csepreg-hegyen. Jelenleg csupán kisebb fejtéssel van feltárva.

A Földtani Intézet nyersanyag-kataszteréből megállapítható, hogy az összeállítás szerint hazánkban tekintélyes mennyiségű félfehér üveg gyártásához szükséges nyersanyagunk van. Többszöri mosással vagy sósavas kezeléssel fehér üveg gyártására is alkalmasak homokjaink.

Öntödei homok céljainak megfelelő homokelőfordulásokat a Bakony, a Mecsek, a Velencei- és a Budai-hegység, a Gerecse, a Cserhát és a Mátra szegélyeiről ismerünk. E homokféleségből a becsült és a reménybeli mennyiség tetemes.

Agyagpala. Ennek a kovasavban gazdagabb féleségei kemények és fagyállók. Ezek a tulajdonságok teszik alkalmassá ipari felhasználásra (pl. tetőfedés). Jólhasadó, karbonkori agyagpala nálunk a Bükk-hegységben Kisgyőr, Felsőtárkány és Visnyó környékén található. A szakemberek véleménye szerint

még további feltárási lehetőségek is vannak. Kisgyőr agyagpalája a legmegfelelőbb az eddigi megállapítások szerint. Mindenekelőtt szükség volna e palák előfordulási környékének részletesebb földtani átvizsgálására.

Kaolin. Kaolinjaink nagyobb településben főleg a Tokaji-hegységben fordulnak elő. A felnémeti és mátraderecskei előfordulás ezekhez viszonyítva csekély. Jelenleg felkutatás alatt áll a Velencei-hegység gránitkaolinja.

Festékföld. A festékföldet mint színes anyagot leginkább a lelőhely szűkebb körn ékén használják fel. Egyes féleségeit azonban országszerte is forgalomba hozták. A Földtani Intézet újabb kutatásai alapján a demjéni Pünkösd-hegytől északra szép okker- és lilaszínű festékföld található. A réteg vastagsága 10—15 m-re tehető. Ennek feltárása és művelése indokolt volna. Megemlítendő a szendehelyi fehér, lila és sárga, tarka agyagok készlete. Amennyiben itt az alatta lévő limonittal, okkersárgával kevert agyagokat is számításba vesszük, akkor még nagyobb készlettel is rendelkezhetünk. Kiválóan alkalmas volna festékföldnek a demjéni mangánhidroxidos rupéli agyag is, színe sötétbarna. Festékföldnek alkalmas a bánki tűzállóagyag-bánya fedőrétegei között lévő 30 cm vastag piros agyag is.

Tűzálló agyag. Tűzállónak jelzett agyagjaink nagy hibája, hogy nem égnek ki tökéletesen fehérre, hanem a bennük lévő vastartalom miatt sárgára színeződnek. Így tehát az agyagiparban főleg chamott-gyártmányokhoz használhatók kielégítően a bánki, felsőpetényi, romhányi előfordulások tűzálló agyagjai.

Gáztisztításra alkalmas okker. Legújabban Telkibánya, Regéc környékén gáztisztításra alkalmas okkeranyag-kutatásokat végeztek. Amennyiben az innen származó minták igazolják az anyagnak gáztisztításra való alkalmasságát, feltétlenül szükséges a közeli Veresvizi- és Ferdinánd-tárók kitakarítása. Itt ugyanis minden valószínűség szerint sokkal nagyobb mennyiségű és esetleg jóminőségű okkert lehetne kitermelni.

Kovaföld. Kovaföldelőfordulásaink közül a legszámbavehetőbb a szurdokpüspöki, a gyöngyöspatai és az erdőbényei. A hidasi és demjéni előfordulás készlete már csekélyebb.

Bentonit. E fontos ipari nyersanyagunk, az ország különböző területein található. A nagyobb előfordulások: Budatétény, Bánd, Szentgál, Herend, Gyulafirátót, Öskü, stb., s a bányászatilag feltárt és becsült készlet komoly mennyiségre tehető. A Földtani Intézet a jövő évben fokozottabb mértékben óhajt foglalkozni e nyersanyag földtani kutatásával is.

Perlit. A riolitnak perlit néven ismert kifejlődése a Tokaji-hegységben Telkibánya, Gönc és Pálháza környékén fordul elő. Mennyisége jelentős. A Tokaji-hegység egyéb előfordulásai egyharmaddal növelik e szigetelő anyagnak felhasznált riolitféleségünk mennyiségét.

Aplit. Aplit-előfordulás szempontjából a Velencei- és a Mecsek-hegység gránitjai jönnek számításba. A Velencei-hegységben lévő aplitkészlet a legújabb becslési adatok szerint számításba vehető mennyiséget tesz ki.

Talk, azbeszt és *szerpentin.* Talk két helyen fordul elő hazánkban, Felsőcsatáron és Sopron környékén. A soproni terület nincs részletesen felkutatva. Ennél sokkal fontosabb a felsőcsatári talk, ahonnan fehér és zöld színű talkumot, a hazai viszonyokat tekintve, *műrevaló* mennyiségben találtak.

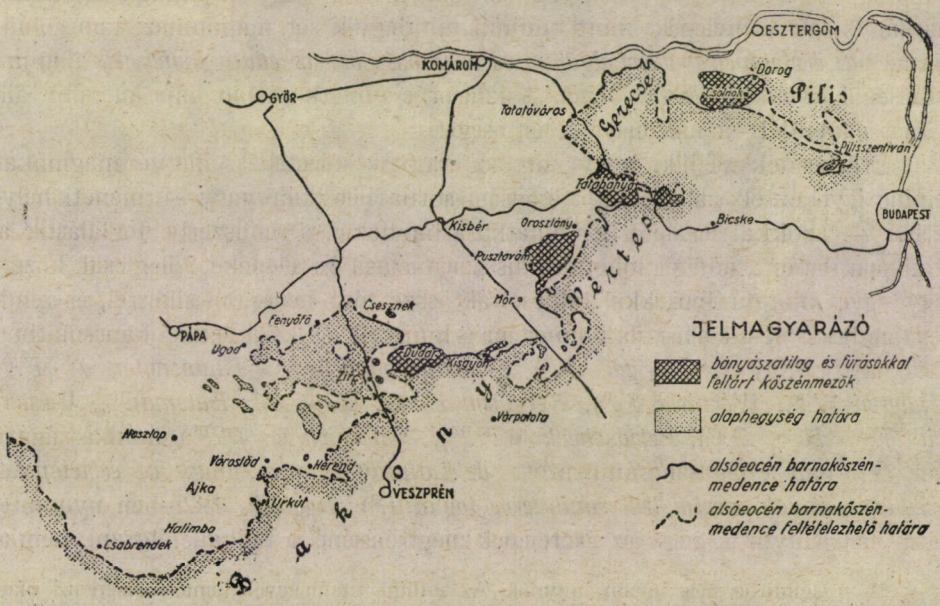
Felsőcsatáron azbeszt is található. Az eddig feltárt részeken a fehér talknak kb. 30%-át teszi ki az azbeszt, a reménybeli pedig ennek tízszeresére tehető.

Szerpentin szintén Felsőcsatáron a talkbányában található. Az előfordulás vastagsága az 1 m-t mindenütt eléri. Ezt alapulvéve a 2.9 átlagos fajsúly mellett érdemleges mennyiséggel kell számolnunk.

Beszámolva a különböző, egyéb ásványi nyersanyag-kutatásoknak az ipart érdeklő összeszűkített eredményeiről, nyomatékosan reá kell mutatnom a készletbecslésekre és ugyanezzel kapcsolatban a kémiai és technológiai ismereteink teljességére az egyes előfordulásokat illetőleg. Az erre vonatkozó minden adatot egy központi szervnél össze kell gyűjteni.

S még egyet akarok itt megemlíteni. A geológusok ma már szem előtt tartják azt, hogy a technika fejlődése esetleg máról-holnapra megváltoztathatja bizonyos ipari nyersanyag használhatóságának kritériumát. Amit ma még mint használhatatlant tartunk nyilván, az holnap esetleg keresett anyag lehet. Ugyaninnen hívom fel technikus szakembereinket arra, hogy igyekezzenek keresni és kidolgozni megoldásokat a kívánalmaknak nem teljesen megfelelő ásványi nyersanyagoknak sikeres felhasználása érdekében.

A DUNÁNTULI KÖZÉPHEGYSÉG ALSÓEOCÉN BARNAKŐSZÉN ELŐFORDULÁSA



ÖSSZEFÜGGÉSEK A MAGMÁK ÉS AZ ÉRCESEDÉSEK KÖZÖTT

VENDEL MIKLÓS RENDES TAG

előadása az 1950 nov. 28-i osztályülésen.

Egyik tanulmányomban[1]) megvizsgáltam a pannóniai fiatal, lényegében pacifikus fémprovinciában az ércesedések intenzitás-viszonyait a magmaösszetétel, mégpedig elsősorban a magmasavanyúság függvényében. E munkámban röviden érintettem az *Sn*-fémtartományokat is, s kiemeltem, hogy ezeket már gyengén mediterrán jellegű magmákból kell levezetnünk. Ezzel kapcsolatban további vizsgálatokat is jeleztem, s ezeket ki is egészítettem. E kutatások eredményéről óhajtok az alábbiakban röviden beszámolni* .

Közismert, hogy a geokémia modern kiépítésének eredményeit gyakorlati szempontból elsősorban a teleptan értékesíti. Számos nagynevű kutató : *Berg G., Bateman A. M., Clarke F. M., Goldschmidt V. M., Fersman A. E., Niggli P., Obrucsev V., Schneiderhöhn H., Vernadszkij V. J., Vogt J. H. L., Washington H. S.* és sok más szerző fáradságos munkája rejlik ez eredményekben. Ma is állandóan felfelé ívelő tudományág a geokémia. Tőle a jövőben is még számos értékes eredmény várható mind tudományos, mind pedig gyakorlati szempontból.

Mint ismeretes, *Niggli P.* az eruptív kőzeteket, illetve magmákat három rokonsági fősorba fogta össze kémiai alkatuk és nagytektonikai helyzetük alapján.[2]) Bár érctelepek, mint tudjuk, mindegyik sor magmáihoz kapcsolódhatnak, *az érctelepek gyakoriságában és jelentőségében az eddigi ismeretek* alapján feltétlenül *az alkálimészsor vezet.* A kálisor e vonatkozásban már hátrább áll, s igen alárendelt a nátronsor jelentősége.

Érdekesnek véljük, hogy míg az eruptív kőzeteket, illetve magmákat mindig igyekeztek valamelyik rokonsági sorba beosztani vagy—átmeneti helyzetben — azokkal legalább is vonatkozásba hozni, s rendszerbe foglalásuk is ez alapon történt, addig a magmatikus származású érctelepeket főleg csak kőzet- vagy egyes magmatípusokkal kapcsolták össze több-kevesebb sikerrel, és rendszertani besorolásuk a fősorokba még ma is hiányzik. (E kérdésekkel kapcsolatban v. ö. *de Launay L.*[3]), *Niggli P.*[4]), *Schneiderhöhn H.*[5],[6]) *Buddington A. F.*[7]), *Lindgren W.*[8]), *Wernicke F.*[9]), *Ferguson H. G.* és *A. M. Bateman*[10]), *Westerveld J.*[11]), *Berg G.*[12]), *Petrascheck W.*[13],[14]), *Friedrich O. M.*[15]) munkásságát). Már 1913-ban világosan rámutatott *de Launay L.* arra, hogy *az érctelepeket kőzettartományok szerint kell rendszerbe foglalni.*[3]) *Niggli P.* 1925-ben nyomatékosan hangsúlyozta, hogy az érctelepek megítélésénél a fizikai, földtani, kémiai

*A vizsgálatok még tovább folynak. Az eddigi eredmények ismertetésére az akadémia műszaki osztályának megkeresése indított.

és ásványos viszonyok mellett az illető kőzettartománnyal való genetikus kapcsolatuknak is nagy jelentősége van,[4]) s már a rokonsági fősorok ércesedés, viszonyait is bevonta vizsgálódásába. *Niggli* elgondolása ma is megállja a helyét, hiszen figyelembe vett minden lényeges tényezőt az érctelepek képződésénél kivéve *Goldschmidt V. M.*[16],[17]) geokémiai eloszlási törvényét. *Schneiderhöhn H.* ugyancsak kiemelte már 1925-ben a fémtartományok és a kőzettartományok szoros kapcsolatát, valamint egyes érctelep-típusoknak bizonyos eruptív kőzettípusokkal való összefüggését.[6]) A geokémiai tartományok és időszakok kiépítésében *Fersman A. E.* vizsgálatai is igen jelentősek ; így pl. *a Szovjetunióban a geokémiai jelleg alapján 26 tartományt* több határterülettel *különböztetett meg.*[41])

Míg az eruptív kőzetek ma használatos genetikai rendszerei a fizikai, földtani, kémiai, ásványos és provinciális viszonyokat általában figyelembe veszik, nem mondhatjuk el ugyanezt a magmatikus származású érctelepek nálunk használatos rendszereiről (Schneiderhöhn-, Niggli-, Lindgren-féle). A kőzettani rokonság jelentőségének következetes beépítése vagy kimaradt a rendszerből, vagy erősen elmosódott. Nyilvánvaló azonban, hogy az egyes rokonsági fősorok (alkálimész, nátron, káli) érctelepei közt kémiai és ásványos vonalon a kőzetekhez, illetve magmákhoz hasonlóan olyan különbségeknek kell mutatkozniok, amelyeket rendszerünkben nemcsak fel lehet, de következetesen fel is kell használnunk. Lehetséges, hogy ezek az ércek ásvány-társulásában és kémiai összetételében mutatkozó különbségek egyes esetekben nem feltűnők. Olykor csak bizonyos vezérásvány (pl. kassziterit, stannin, germanit) gyér fellépése vagy egyes fém, illetve fémek (»*geokémiai vezérfémek*«) megjelenése jelzi majd az egyik vagy másik fősorhoz való tartozást. Hasonló esetek azonban a kőzetek sorában is ismeretesek. Gondoljunk pl. az andezit-trachiandezit viszonyára!

Az egyes érctelepeket önálló kőzettestként foghatjuk fel, s elvileg nem is érzünk különbséget »érc« vagy »kőzet« között *(Schneiderhöhn H.* felfogásának megfelelően). *A kettőt egyenlő értékű és rendszertani fogalomnak tartjuk*, a »kőzetelegyrészt« pedig az »ércásvány«, illetve »telérkísérő ásvány« fogalma mellé állítjuk.

Tájékozódó vizsgálódásunk során úgy találtuk, hogy a három fősorba a pegmatitos, pneumatolitos és hidrotermális telepek jól beoszthatók, s ily módon a magmatikus érctelepek rendszere talán hasznosan ki is egészíthető. Elvileg a magmatikus érctelep a magmának ugyanolyan rendszertani értékű származéka, mint a kőzet, a leszármazás is közös, ha tehát a kőzetekre érvényesítjük a hármas felosztást, el kell végeznünk ezt az érctelepeken is.

Régóta ismert tény, hogy a pegmatitos, pneumatolitos és hidrotermális érctelepek zöme nagyjában két törzsfára osztható. Az egyiknek legjellegzetesebb féme az *Au*, a másiknak pedig az *Sn*. Ismert az is, hogy *az Au főleg pacifikus kőzet-* (magma) *tartományokban* jelenik meg (Gallagher D. szerint[18]) két különböző törzshöz kötött : az egyik trondhjemites és *Na*-dús, a másik pedig gráni-

tos és K-ban dúsabb). *Az Sn K-dús és egyben Ca- és Mg-szegény savanyú magmákból* származó kőzetek társaságában jelenik meg. (Az utóbbit illetően l. *Ferguson H. G.* és *Bateman A.*[10]), valamint *Westerveld J.*[11]) munkáját említjük.) Ismerjük ezenkívül a magmatikus elkülönülés szerepét is az érctelepek képződésében. Kettős vonalra kell itt gondolnunk. Az egyik vonal bizonyos fémek, illetve fémtartalmú, könnyen illó alkatrészek feldúsulása az elkülönülés során az olvadékban, illetve az érctelepeket létesítő maradékoldatban. Az olvadékban történő dúsulás folyamatát már *Vogt J. H. L.*[19]), a könnyen illó alkatrészek szerepét az érctelep képződésében pedig *Niggli P.*[20],[21]) klasszikus vizsgálatai lényegében tisztázták. A másik vonal a *Goldschmidt V. M.* alapvető »*geokémiai eloszlási törvényeiben*« rögzített elemmegoszlás, illetve dúsulás lehetősége a föld egyes gömbhéjaiban, a magmákban frakcionált kristályosodás során.[16],[17])

A jelen vizsgálatok elsősorban az ércteleprendszer kőzet-tartományok szerinti kiépítéséhez óhajtanak statisztikai alapon támpontot nyujtani. Ugyancsak statisztikai módszerrel tesszük vizsgálat tárgyává különböző fémek telepekben való dúsulását a változó magmaösszetétel függvényében, és végül az érctelepek képződésénél a könnyen illók szerepe mellett kisebb figyelemben részesült *Goldschmidt*-féle geokémiai vonalon szemlélődünk.

Munkaprogrammunk a következő:

1. Jól ismert fémtartományokkal kapcsolatos kőzettartományok *magmáinak kvantitativ kémiai jellemzése*, kőzetfajtáik modális összetételének a figyelembe vétele, majd a talált kőzet- és ásványtársaságok kémiai sajátságainak összehasonlítása a velük kapcsolatos ércesedés minőségével.

2. *Következtetések a fémek* telepekben való *dúsulására* a velük kapcsolatos magmák összetételéből, elkülönülési folyamataiból és kristályosodásából.

3. A nyert eredmények magmatológiai és *rendszertani értéklése;* a tárgyalt magmatikus származású érctelepek, illetve fémtartományok és a hozzájuk kapcsolódó kőzettartományok beillesztése a magmák (vagy eruptív kőzetek) három főcsoportjába, s így kísérlet a magmatikus érctelep-rendszer ilyen irányú kiegészítésére.

Tisztában vagyunk azzal, hogy a kitűzött cél felé vezető úton sok és nem egyszer — legalább ez idő szerint — leküzdhetetlen nehézséggel találkozunk, s ezért nem is reméljük, hogy minden felvetett kérdésre kielégítően válaszolhassunk. Megnehezítette a munkát az is, hogy több, e dolgozatban szereplő fém- és kőzettartományt csak az irodalomból ismerünk. A rendelkezésünkre álló irodalmat pedig nem egyszer hiányosnak éreztük.

Jellegzetes Sn- és Au-fémtartományok és a velük kapcsolatos kőzettartományok magmatikus és ásványos alkata.

A munkaprogrammban adott szempontok szerint részletesen megvizs-

gáltam négy *Sn* és két *Au* fémtartományt a hozzájuk kapcsolódó kőzettartományokkal együtt. Igyekeztem jól ismert provinciákat elemezni, hogy minél kielégítőbb következtetésekhez juthassunk. A négy *Sn* tartomány: a *középnémet Variszcikum, Cornwall-Dartmoor, Bushveld* és *Bolívia*, a két *Au*-tartomány pedig: *a pannóniai fiatal fémtartomány* és az *északamerikai nevadai-laramiharmadkori* tartomány számos kisebb egységével. Mellőzve a részletvizsgálatok ismertetését, főleg a nyert eredményeket és a belőlük kiolvasható következtetéseket közlöm.

Több szerző hangsúlyozta már az *Sn* érctelepek kapcsolatát savanyú gránitokkal. E kutatók közül főleg *Ferguson H. G.* és *Bateman A. M.*[10]), továbbá *Westerveld J.*[11]) vizsgálataihoz kapcsolódom. *Ferguson H. J.* és *Bateman A. M.* 1912-ben nagy alapossággal vizsgálta meg és hasonlította össze kémiai és ásványos szempontból az *Sn* érctelepek gránitos kőzeteit. E vizsgálatokból tudjuk már, hogy az *Sn* telepeket olyan savanyú alkáligránitok és kvarcporfirok kísérik, amelyekben a *CaO* és a *MgO* rendkívül kevés. A *Bateman* és *Ferguson* vizsgálta kőzetekben a K_2O *tartalom* (egy kivétellel) *nagyobb volt a* Na_2O*-nál, szerintük azonban ez nem lényeges különbség* a nem óngránitokkal szemben. Általában ortoklász az uralkodó földpát, savanyú plagikolász — rendesen oligoklász — változó mennyiségben jelentkezik. A színes szilikátok közül a biotit sokkal közönségesebb, mint az amfibol, de némelykor mindkettő együtt lép fel. A turmalin és a topáz gyakori járulékos elegyrész, közönséges még a muszkovit is, de inkább mint másodlagos képződmény.

További hasznos kiegészítést ad *Westerveld J.* az óngránitok kémiai viszonyainak értelmezésében, s úgy látja, *nem különböznek lényegesen az ónmentes közönséges gránitoktól.* Különbségként olyan ritka elemek jelenlétét emeli ki, amelyek rendesen gránitpegmatitokban szoktak dúsulni: így *ritka földfémekét* a gránitban (Malaya gránitok), kevés *Sn* tartalmat a biotitban, a kvarcban és a földpátban (Banka), *Li, Sn, Bi, Cu, Co* és *U* nyomait a litiumcsillámban (szász gránitok), *Ga, Sn* és *W* jelenlétét a biotitban (East Pool Mine gránitja Redruthnál Cornwallban).

Mi egy-egy »óngránit« helyett az ércesítő magmatizmushoz kapcsolódó valamennyi kőzetet, amennyire lehetséges volt, figyelembe vettük, mert úgy gondoljuk, hogy így biztosabban következtethetünk a magma *»átlagösszetételére«* és az elkülönülés jellegére. Az átlag-magmaösszetétel megállapításában természetesen ismernünk kellene a kőzet- és fémtartomány minden egyes származékának az összetételét és tömegét, amit pedig a dolog lényegéből kifolyóan aligha tudunk majd bármikor is megállapítani. Éppen ezért az átlagmagma-összetétel csupán közelítő érték lehet. (V. ö. ezzel kapcsolatban[1]) dolgozatom »Arbeitsprogramm« fejezetét, valamint a Bihar-Vlegyásza hegységgel kapcsolatban a 268—269. lapon kifejtetteket.) Megvizsgáltuk, ahol módunkban állt, az elkülönülés átlagos menetét is, s végül igyekeztünk megállapítani a megvizsgált fémtartományok viszonyát a Niggli-féle magma-fősorokhoz.

A pannóniai fémtartományról írt munkámban röviden utaltam már arra,[1]) hogy *az igazi Sn-fémtartományok gyengén mediterrán jellegű magmatizmushoz kapcsolódnak.* Ennek igazolását óhajtom a megvizsgált négy *Sn* tartományra vonatkozóan az »elkülönülés átlagos menete« és az »átlag-magmaösszetétel« (magmaközépérték) alapján megadni.

A középnémet Variszcikum Tröger E. megadta[22]) elkülönülési típusának magmái: *si* 100: gabbroid (de *k* kissé nagyobb a típusénál), *si* 150: monzonit-dioritos-lamprosommaitos, *si* 200: normálszienites *(Niggli* régebbi típusa), szienites maenaitos árnyalattal, *si* 250: tasnagránitos, enyhe gránitos árnyalattal, *si* 300: rapakivites, adamellites vonatkozással, *si* 350: rapakivites, *si* 400: engadinitgránitos, *si* 450: aplitgránitos (*k* kissé nagyobb a típusénál), *si* 500: aplitgránitos (*k* nagyobb a típusénál).

A fémtartomány legjellegzetesebb fémei az *Sn, W, U, Mo, Ag, Co, Ni, Bi, Ra, Ge.* Otthonos a *Pb, Zn* és kevésbbé a *Cu* is. Az *Au* teljesen jelentéktelen.

A dartmoori elkülönülés átlagos menetéből adódó magmák: *si* 170 tagnak megfelelő összetételű magma nincs *Nigglinél.* Helye azonban általában a szienites magmák közt kereshető, s még leginkább a *si*-kamperites magmához gál legközelebb (bár *k* jóval magasabb a típusénál), *si* 280: tasnagránitos-ránitos (de túl magas ismét a *k*), *si* 300: tasnagránitos (*k* magasabb a típusénál), *si* 350: rapakivites, *si* 400: engadinitgránitos, *si* 450: aplitgránitos (*k* magasabb a típusénál), *si* 500: aplitgránitos-alkáligránit-aplitos (*k* jóval magasabb a típusokénál). Különösen kiemelhető, hogy az aplitgránitok és az alkáliapligránitok lényegesen *k* dúsabbak, mint a típusok.

Dartmoor »átlagmagma-összetételét« a *Brammal A.* és *Harwood H. F.* közölte 24 elemzés alapján számítottuk:[23])

SiO_2	71,23	*si*	375,3	*Magmatípus:* rapakivites (de *k* nagyobb a típusénál)
Al_2O_3	14,12	*al*	43,7	
Fe_2O_3	0,51	*fm*	16,8	
FeO	2,17	*c*	6,9	
MgO	0,67	*alk*	32,6	
CaO	1,25	*k*	0,52	
Na_2O	3,06	*mg*	0,30	
K_2O	5,09	*k · alk*	16,95	
MnO	0,08	*k · alk/c*	2,46	
BaO	0,02	*k · alk-c*	+10,05	

A fémtartomány fémei az *Sn, Cu, Zn, Pb, Ag, W, U, Bi,* Mo, *As, Fe, M,n, Sb, Co, Ni. Főleg Sn, Cu, Pb, Ag és W termelő,* kevés *Au* is van.

A Bushveld *Sn*-tartományban a »red rocks« és a »felsőöv« kőzetei[24],[25] alapján megállapított »átlagos elkülönülés« magmatípusai: *si* 150: sommaitdoritos-lamprosommaitos, *si* 200: kvarcdioritos (de *k* nagyobb a típusénál), *si* 250: gránitos (*k* kisebb a típusénál), *si* 300: tasnagránitos, *si* 350: tasnagránitos (kissé savanyúbb a típusénál, *alk* magasabb, *c* alacsonyabb a típusénál), *si* 400: rapakivites (*si* értékben *Niggli* régebbi típusához áll közelebb, mint az újhoz), *si* 450: alkáligránitos (*k* jóval magasabb a típusénál), *si* 480:

si-alkáligránitos (új típusnak vehető, $k = .51$). Az alkáligránitos tagoknál magasabb *k*-ja indokolná a kálialkáligránitos megjelölést. A tartomány az *si* 350 *körül átvált a pacifikusból a mediterránba* (ettől kezdve gyenge mediterrán jellegű).

Niggli P. és *Lombaard B.*[24]) megadja már a Bushveld »red rocks«-jainak »nicht wasserfrei und CO_2-frei gedachte relativ verbeitete Mittelwerte«-it: ez értékek alapján, de a vizet is figyelembe véve lesz:

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	*Fe—Mn—Oxidok*	*MgO*	*CaO*	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O
73,9	0,3	11,9	3,5 (*FeO*-ra számítva)	0,3	1,0	3,3	4,9	0,1	0,8

Az ezekből számított *Niggli*-értékek:

si	415,5
al	39,5
fm	18,9
c	6,1
alk	35,5
k	0,50
mg	0,13
k · alk	17,75
k · alk/c	2,91
k · alk-c	+11,7

Magmatípus: engadinitgránitos.

A bushveldi fémtartomány bázisos, e fejezetben bennünket nem érdeklő. jellegzetes fémei a *Fe, Ti, Cr, Cu, Ni*, platinafémek, *Au*. A savanyú csoportban pedig a (red rocks és felső csoportban) az *Sn, W, Cu, Pb*, jelentéktelenebb a *Mo, Bi, Au, Zn, As* és *Pt*.

A boliviai *Sn*-tartomány »átlagos elkülönülésének« megfelelő magmák: *si* 260: tasnagránitos-gránitos (*k* nagyobb mindkét típusénál), *si* 300: adamellites-tasnagránitos, közeledik a granoszieniteshez is (*k* azonban nagyobb mindhárom típusénál), *si* 340: rapakivites-adamellites (*k* nagyobb a típusokénál). Feltűnő ebben a tartományban is a típusokénál nagyobb *k*.

A boliviai *Sn*-tartomány elemzései alapján [26]), [27]), [28]) számított »átlagmagma-összetétel«:

SiO_2	66,90	*si*	298,7
TiO_2	0,53	*al*	39,1
Al_2O_3	14,94	*fm*	22,0
Fe_2O_3	1,74	*c*	11,3
FeO	2,33	*alk*	27,6
MnO	0,06	*k*	0,51
MgO	1,54	*mg*	0,46
CaO	2,34	*k · alk*	14,08
Na_2O	3,10	*k · alk/c*	1,25
K_2O	5,02	*k · alk-c*	+ 2,8
H_2O+	1,04		
H_2O-	0,27		
P_2O_5	0,36		

Magmatípus: adamellites granoszienites árnyalattal (*k* nagyobb azonban a típusénál).

Ahlfeld Fr. a tartományból a következő elemeket sorolja fel: *Li, B, F, P, S, Fe, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, W, Pb, Bi, Au.*

Jellegzetes fémek: *Sn*, *Ag*, *M*, *Wo*, *Bi*, *Ge*.

A magmatípusok felsorolásából és a kísérő megjegyzésekből kitűnik, hogy a tárgyalt »óngránitok« csak bizonyos kényszerrel illeszthetők be *Niggli* típusainak sorába. A nehézség a legsavanyúbb, kb. a *si*> 350 tagoknál mutatkozik. Azt látjuk, hogy Niggli pacifikus típusainál általában kálidúsabb magmákról van ezek esetében szó. *Ahlfeld Fr.* írja[27]) a bolíviai *Sn-Ag*-fémtartománnyal kapcsolatban, hogy az óngránitok és vulkáni megfelelőik az alkálimészsor savanyú tagjaihoz, a Niggli-féle granodioritokhoz közel állnak, de közelednek a kálikőzetekhez, ezért »es wird sich vielleicht als zweckmässig erweisen, sie später zu einer besonderen Gruppe zusammenzufassen«. Külön kiemeli a magas *k* számot. Ugyanez áll — mint láttuk — a többi tárgyalt *Sn*-tartomány magmáira is.

Ha *Niggli P.* magmatípusairól adott legújabb összeállítását [25]) egybevetjük régebbi táblázataival[2]), megállapítható, hogy a kálisor egyes magmáinak értékeit kissé megváltoztatta, mégpedig lényegében kissé pacifikusabb jellegűvé tette, és az alkálimészsorba helyezte át őket. Érdekes, hogy míg az alkálimész- és a nátronsor savanyú típusai között táblázataiban *si* 380, 400, 450 és 460 értékűek is szerepelnek, addig a kálisorban már a *si* 350 rapakivit-típussal (tehát egy nem túlsavanyú magmával) záródik a savanyú oldal. Továbbá, ha az alkálimészsor magmáit vizsgáljuk, úgy tűnik, mintha az *engadinitgránitos* típus elkívánkoznék e társaságból a kálisor *leukoszienitgránitos* magmája mellé.

Ha az adamellites és tasnagránitos típust visszaillesztjük a mediterrán magmák közé és az itt jobban elhelyezhető engadinitgránitos típust áttesszük a kálisorba (amit indokolhat a magas *k* és alacsony *c* érték), akkor az óngránitok is a kálisorba illeszthetők, és az *Sn* tartományok gyenge mediterrán jellege jobban kitűnik. Nem célom ezzel új magmatípusok felállítása, csupán erre vonatkozólag közölt nézetem[1]) indokolása.

A három fősor savanyú és bázisos végén bizonyos konvergencia észlelhető az egyes sorok ideeső magmatagjai vagy kőzetei közt, ami sokszor megnehezíti ugyan meghatározásukat, de nem mentheti azt, hogy az igen nagy *k* értékkel kitűnő s ezért már inkább kálisorba illő kőzetek többé-kevésbbé megegyező egyéb értékeik alapján jelenleg csak vagy az alkálimész-sorban mint »aplitgránitok« vagy a nátronsorban mint »alkáligránitok« helyezhetők el.

Ilyenek pl. a Bushveld-komplexum kőzetei közül Burri és Niggli művében ([25]).p.403 egyes alkáligránitos magmatípushoz vett kőzetek $k = .45, .55, .50, .49, .48$ és $si = 408, 450, 445, 450, 465$ értékkel (a típusban a *k* csak .35) Ezekre támaszkodva is úgy látjuk, hogy a kálisor savanyú típusokkal való kiegészítése hasznos lenne.

Már *Niggli P.* is kiemeli[2]) az engadinitgránitos csoportról, hogy: Die ganze Gruppe steht in enger Beziehung zu Gesteinen, die wir zur Kalireihe rechnen. So sind auch manche Rapakivitgranite (Sederholm 1891) von diesem Chemismus«. Az adamellites típusnak a kálisorba való visszahelyezése mellett

szólhat a *si*-szienitgránitos típussal való egybevetéséből leszűrhető eredmény, amennyiben egyenlő vagy közel egyenlő *si* érték (300, illetve 350) mellett *c* 13,5, illetve 16, az *alk* 26.5, illetve 26, s a *k* pedig .45, illetve .40.

Niggli jelenlegi típusai alapján a kálisor savanyú magmái a következők lennének:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*
Aplitgránitos	460	47	8	5	40	0,45	0,25
Engadinitgránitos	380	43	13	8	36	0,50	0,25
Rapakivites	350	41	18	9	32	0,45	0,30
Tasnagránitos	300	36	28	9	27	0,45	0,35
Adamellites	300	37,5	22,5	13,5	26,5	0,45	0,30

Teleptani szempontból összegezve a kifejtetteket, állíthatjuk, hogy a megvizsgált jellegzetes *Sn* fémtartományokkal kapcsolatos kőzettartományok általában inkább káli-, mint alkálimész-sorbeliek, és a *kőzettartományok általános képe*, valamint az *»átlagmagma-összetétel« gyengén mediterrán jellegű*. Valószínű, hogy néhol nátronsorbeli savanyú tagok is kísérhetnek ónérc-előfordulást (pl. Ivigtut), ezzel a kérdéssel azonban egy későbbi dolgozatban óhajtok foglalkozni.

Az *Au*-dús fémtartományokhoz kapcsolt kőzettartományok általában pacifikus jellegűek. Ezek kiváló képviselője a pannóniai fiatal, főleg szubvulkáni telepekből álló fémtartomány, amelyet *Au* és alárendeltebben *Ag* jellemez leginkább.

A magmatológiai szempontból még nem eléggé ismert Szepes-Gömöri Érchegységet egyelőre figyelmen kívül hagytuk.

A termelési adatokból számított *Au* : *Ag* viszony 1 : 3,5. A tartományt tárgyaló dolgozatunkban[1]) meghatároztuk az egyes pacifikus, illetve mediterrán beütésű területegységek »átlagmagma-összetételét«. Megvizsgáltuk, hogy milyen savanyúság kedvez leginkább az ércesedésnek, s erre vonatkozóan azt találtuk, hogy kb. 60—63% SiO_2, illetve 205—240 *si* érték. Meghatároztuk az ehhez tartozó átlagmagma összetételét és »átlagos elkülönülését«. Az összetét (H_2O-t és néhány járulékos alkatrészt mellőzve, az *Fe*-t *FeO*-r a számítva)

SiO^2	62,03	*si*	224,1
TiO_2	0,69	*al*	35,1
AlO_3	16,52	*fm*	27,1
FeO	5,41	*c*	20,2
MnO	0,11	*alk*	17,6
MgO	2,04	*k*	0,36
CaO	5,24	*mg*	0,39
Na_2O	3,21	*k* · *alk*	6,34
K_2O	2,71	*k* · *alk/c*	0,31
		k · *alk-c*	— 13,8

Ez az összetétel leginkább kvarcdioritosnak jelölhető bizonyos opdalitos von atkozással.

Alábbi összeállítás a kőzettartomány átlagos elkülönülés típusait adja·

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*k alk*	*k alk/c*	*k alk-c*	magma
500	47,5	9,5	6,5	36,5	0,49	0,12	17,89	2,75	+ 11,4	aplitgránitos, de *alk* kisebb, *c* nagyobb.
450	46	11,5	7,5	35	0,47	0,18	16,45	2,19	+ 9,0	aplitgránitos, de *alk* kisebb, *c* nagyobb.
400	44,5	14	9	32,5	0,46	0,24	14,95	1,66	+ 6,0	yosemititgranitos-engadinitgranitos.
350	43,5	16	11	29,5	0,44	0,29	12,98	1,18	+ 2,0	yosemititgranitos.
300	42	19	14	25	0,40	0,31	10,00	0,71	— 4,0	farsunditos, de *k* nagyobb.
250	38,5	23	18	20,5	0,33	0,32	6,76	0,38	— 11,2	granodioritos, de *k* kisebb.
200	35	27,5	22	15,5	0,31	0,36	4,81	0,22	— 17,2	peléeitesnek megfelelő.
150	29,5	34,5	25	11	0,26	0,43	2,86	0,11	— 22,1	dioritos-peléeites-leukomiharaitos.
110	21,5	46	24,5	8	0,19	0,55	1,52	0,06	— 23,0	*c*-gabbroid.

Az 1. táblázatban az egyes területegységek »*átlagmagma-összetételei*« találhatók meg. Ezek uralkodóan pacifikus magmákra utalnak, bár egy-két helyen gyenge mediterrán hatás is jelentkezik, e területek azonban — sajnos — gyakorlatilag általában ércmentesek, vagy kevéssé ismertek, úgyhogy a mediterrán hatás teleptani vonatkozásai aligha nyomozhatók. Annyi biztos, hogy e fémtartományban az erősen pacifikus »*átlagmagmák*« tűnnek ki arany- és ezüstdús telepekkel.

Az egyes pacifikus területrészek epigenetikus magmatikus *Au*, *Au-Ag* ércgazdagságának jellemzésére öt fokozatból álló erősségi skálát állítottunk fel: 1. fokozat ércmentesség vagy legfeljebb csak gyenge ércnyomok, az 5. fokozat nagyszámú és igen dús ércesedés[1].) Az 1. ábrán látható görbe adja az ércesedés foka és a *magmasavanyúság* közti összefüggést. E vizsgálatok a pannóniai pacifikus és mediterrán fiatal magmatizmus megoszlását is feltüntették.

A jelen előadásban csupán négy szubvulkáni és két hipabisszikus területegységet tárgyalunk behatóbban. A négy szubvulkáni területegység az *Erdélyi-Érchegység (Muntii Apuseni)*, a *Gutin-Rozsály (Ignis)-csoport*, a *Börzsöny* és a *Cserhát*, a két hipabisszikus pedig a *Bánáti Érchegység* és a *Bihar (Bihor)-Vlegyásza (Vledeasa) hegység középső része.*

A négy szubvulkáni területegység közül az *Erdélyi-Érchegység* legjellegzetesebb féme az *Au*, utána következik az *Ag*. Alárendeltebb jelentőségű a *Fe, Pb, Zn*, még jelentéktelenebb a *Cu, Te, As, Sb, Hg*, ritkaság a *Mo*. Az *Au* : *Ag viszony* feltűnően jó, 1 : 0,9—1,1. A *Gutin-Rozsály csoportban az Au* kissé hátrább szorul, az első helyre inkább az *Ag*-t tehetjük. Gyakorlatilag a két nemes fémnél alárendeltebb jelentőségű a *Pb, Zn* és *Cu*, szulfidokban még a *Fe*. Érdekes a *W* nyomként való megjelenése, ami a terület »átlagmagmájának« nagyobb *k* értékével állhat összefüggésben. A pannóniai fémtartományban a Bánáton és a Szepes-Gömöri Érchegységen kívül még csak itt találunk wolframásványt (Felsőbánya — Baia-Sprie — wolfrámitja). *Az Au* : *Ag* arány kb. 1 : 6—7.

A Börzsöny-hegység gyengébben ércesedett területén *Ag, Au, Pb, Te, Bi*, és *Fe* fordul elő szulfidos alakban. A már régebben felhagyott bányák *Au-Ag*

arányára csak kisebb kutatások alapján következtethetünk. Ezekből 1 : 20—100-nak adódik. Az újabb kutatások eredményeit még nem ismerem.

Az ércmentes *Cserhát-hegység* volt a negyedik, figyelembe vett területegység.

A Bánáti-Érchegység uralkodóan hipoabisszikus (kontaktmentaszomatikus és hidrotermális) jellegű érctelepeinek femeiről is adjunk számot. Főfém itt a *Fe*, alárendelt jelentőségű a *Cu, Ag, Pb, Zn, As, Bi, Au*, ritkaságnak számít a *Ni, Co, Mo, Te. W* nyomok is ismeretesek.

A banatitos magmatizmus másik fő-előfordulási helyén, a *Bihar-Vlegyásza* hegység legjobban ismert középső részén, a *Fe* nem annyira fontos, jobban előtérbe lép a *Cu, Bi, Mo.*

A tárgyalt négy területegység *»átlagmagma-összetételét« (»magmaközép-értékeit«)* táblázatban foglaltuk össze :

Erdélyi-Érchegység	227,3	36,3	25,6	20,5	17,6	0,38	0,36	Kvarcdioritos-granodioritos.
Gutin-Rozsály csop.	227,7	37,2	26,1	19,0	17,7	0,48	0,34	Granodioritos, de *k* kissé nagyobb a típusnál.
Börzsöny-hegység	190,8	36,3	26,3	22,4	15,0	0,32	0,30	Peléeites, kissé hajlik a tonalitos magmához, gyenge kvarcdioritos beütéssel.
Cserhát-hegység	158,3	30,7	31,6	25,0	12,7	0,26	0,37	Peléeites-normáldioritos.
Bánáti-Érchegység	198,0	29,6	33,5	20,3	16,6	0,35	0,49	Kvarcdioritos, de *k* kissé nagyobb.
Bihar-Vlegyásza	253,3	41,6	22,4	16,6	19,4	0,31	0,32	Granodioritos, de *k* kisebb.

Az *Au* fémtartományok közül figyelembe vett *Észak-amerikai Cordillerák-ról* és számos területegységéről a következő adatokat közöljük :

Burri C.[29]) megadja a terület magmáinak aritmetikus középértékét — mint *»közepes magmatípust«* — az általam követett eljárástól eltérő módon számítva kissé.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*ti*	*p*	*c/fm*	*magma*
231	34,2	26,3	16,4	22,1	0,35	0,43	1,6	0,4	0,62	Kvarcdioritos-opdalitos.

Ez értékeket a következőkkel egészítettük ki : k. alk : 7,74
k. alk/c : 0,47
k. alk-c : —8,7

Burri megadta még a leggyakoribb értékekből kiadódó Niggli-számokat is a következőkben :

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*ti*	*p*	*c/fm*	
170	35	30	22	13	0,33	0,48	1,3	0,1	0,73	Normáldioritos magas *k*-val.

Burri kísérő soraiból idézve : »Wichtig ist, dass der Mittlere Magmentyp der in den Nord-Amerikanischen Cordilleren in Verbindung mit der spätmesozoisch-tertiären Gebirgsbildung geförderten Magmen nach beiden Berechnungs-

arten den Übergangsgliedern zwischen der Kali- und der Kalkalkalireihe angehört. Man kann ihn das eine Mal als normaldioritisch mit hohem *k*, das andere Mal als quarzdioritisch-opdalitisch ansprechen. Er liegt der Kalkalireihe entschieden näher, als der Kalireihe.«

Az észak-amerikai Cordillerák közepes magma-elkülönülését, valamint az egyes területegységekre vonatkozó közepes magmatípusok közül a bennünket érdeklőket *Burri C.* idézett munkájából átvéve a 2. táblázatban adjuk. A területegységek magmái eltérőek. Uralkodóan pacifikustól az északamerikai Cordillerák »középtípusáig« amelyet »pazifisch mit mediterranem Einschlag«-nak jelöl, fokozatos típusátmenet van a következő sorrendben: *Peleé-Lassen—Peak, Electric Peak, Sierra Nevada* (effuzív kőzetek). *San Francisco Mts, Yellowstone Park típus*, észak-amerikai Cordillerák »középtípusa«. A Yellowstone Park típust *Burri* már »pazifisch mit mediterranem Einschlag« jelöli. Ugyancsak erősen mediterrán jellegű a *Rosita-Hills*-típus, atlanti vonatkozású az *Ortiz Mts. típus* (e kettőt mint a *Yellowstone Park* típus aleseteit említi), s mediterrán szerinte a *Maros-Highwood* típus. A mediterrán területegységek meglehetős ritkák, alárendelten atlanti jellegű is akad, ezeket a Hawai- és Tahiti-típusban foglalja össze. Ez utóbbiak közül bennünket Cripple Creek érces kőzettartománya érdekel, amely szerinte »typischer Übergang atlantisch-mediterran«. A 2. táblázatba felvettük saját számításaink alapján a Rosita-Hills magmaközépértékét és a Lassen Peak területegységre számított közepes magma-elkülönülést.

Összehasonlítva a pannóniai fiatal kőzettartomány »*magmaközépértékét*« az *észak-amerikai Cordillerák* fiatal mezozoós-harmadkori kőzettartományra *Burri* által számítottal, lényeges eltérés csak a *c* és az *alk* értékben mutatkozik A pannonia kőzettartományban a *c* észrevehetően nagyobb az *alk* pedig kisebb az észak-amerikai Cordillerákénál. A különbség valamivel csökkenne, ha a pannóniai kőzettartomány atlanti típusú területrészeit is bevontuk volna a középértékképzésbe, becslésünk szerint azonban úgy is meglehetős különbség maradna. Ugyanez tehető fel az észak-amerikai Cordillerák olyan »középértékéről«, amelyből az atlanti kőzetek hiányoznának. A pannóniai fiatal kőzet- és fémtartományban a nátronsorbeli kőzeteket bazaltos (bazanites) típusok képviselik. Ezeket hipogén származásúnak tartjuk,[1]) ezért nem vontuk be vizsgálódásunk körébe. A két »*középérték*« egybevetéséből következik, hogy itt az atlanti kőzetek nélkül nagyobb lenne a *k* érték, mint amekkorának azt a pannóniaiban találtuk. *A két kőzettartomány azonos fősorbeli kőzeteinek figyelembevételével az észak-amerikai Cordillerákra magasabb k, valamint alacsonyabb c tételezhető fel mint a pannóniaira. E különbségeknek meg kell mutatkozniok a kőzettársaságban, de a fémtartomány összetételében is.*

A kőzettársaságban való szükségszerű eltérésekre kell következtetnünk a közepes magmatípusok között mutatkozó eltérésekből (az atlanti típusoktól eltekintve). A pannóniai kőzettartományban igen alárendeltek a mediterránba

hajló vagy már gyengén mediterrán területek, eltérően az észak-amerikai Cordilleráktól. Ennek megfelelően a pannóniai tartomány kőzettársaságában csak igen alárendelt a mediterrán-sorbeli kőzetek jelentősége, szemben az észak-amerikai Cordillerákkal (v. ö. Burri felsorolását : a Yellowstone, Rosita-Hills, Maros-Highwood típusok). Az intruzívumok közt nem ritka az észak-amerikai Cordillerákban (csak az érces területeket véve figyelembe) a kvarcmonzonit és a monzonit, a szubvulkáni vagy effuzív típusok között pedig gyakoriak a latitos jellegű (latit, kvarclatit) kőzetek. A pannóniai kőzettartományban lényegében csak az »*effuzív*« kőzetek közt találunk igen alárendelt kálisorbeli vagy inkább csak afelé hajló kőzeteket, így trachitokat (Gleichenberg, Fruska Gora) vagy trachitandeziteket (Gleichenberg).

A kőzetek modális viszonyait vizsgálva megállapítható, hogy az ásványtársaságban is jelentkeznek bizonyos különbségek, mint pl. az ortoklász és biotit nagyobb szerepe az északamerikai Cordillerák érces kőzettartományában, a pannóniaival összehasonlítva.

Megállapítható bizonyos eltérés a két tartomány érctelepeinek ásványos összetételében, valamint bizonyos teleptípusok feltűnésében vagy hiányában is. Összehasonlítás céljából röviden összefoglaljuk az északamerikai Cordillerák általunk figyelembevett kőzet- és fémtartományának jellegzetességeit területegységek szerint.

A Sierra Nevadának, valamint *Brit-Columbiának* a nevadai orogenezishez kapcsolódó intruzívumai erősen *pacifikus jellegűek*, mert magmatikus elkülönülésük lényegében a Peleé-Lassen Peak típussal egyezik. *Burri* szerint a típustól bizonyos eltérés mutatkozik, amennyiben az *al-alk* különbség *si* <175 és *si* < 380-nál kisebb a típusénál, így bizonyos közeledés van a San-Francisco Mts. típushoz, *si* 200-nál a *k* többnyire 0,3. Granodioritos magmák jelentkeznek, a kőzetekben dúsan van ortoklász és biotit.[29]) Sierra Nevada és Brit-Columbia intruzívumairól együttesen elmondhatjuk, hogy általában *Au a legjellegzetesebb fém, s az Au* : *Ag arány többnyire az Au javára áll.* Utána jön a *Cu*, jelentősebb még az *Pb*, *Zn*, *Ag*, jelentéktelen az *As* és *Sb*, ritka a *Te*, *Mo*, *W*. Teleptani szempontból külön hangsúlyozzuk a scheelit előfordulását néhány telephelyen. Jóllehet az északamerikai Cordillerák egyik területegységén sem végeztem statisztikai számítást, a teleptani kép alapján megállapítható, hogy a Sierra Nevada és Brit-Columbia tárgyalt nevadai fémtartományában is a fiatal pannóniai *Au*-tartományéhoz igen hasonló érték várható. A *Lindgren W.* dolgozatában[8]) szereplő Sierra Nevada-i granodiorit elemzések alapján a pannóniainál valamivel nagyobb, kb (65%) SiO_2 tartalomra lehet következtetni. A britcolumbiai »átlagsavanyúság« pedig pl. a *Wolff F.*[30]) közölte elemzések alapján 60% SiO_2-nek adódik. A pannóniai fiatal fémtartomány magmatikus típusához igen közel áll a Peleé-Lassen Peak típus. A pannóniai típusban a kőzettartomány mediterrán jellegű részletei is szerepelnek. Ha figyelembe vesszük, hogy a Sierra Nevadá-ra és Brit-Columbiá-ra megállapított magma-elkülönülés a kez-

detén és végén a San Francisco Mts. típushoz közeledik, akkor a pannóniai típushoz képest nyilván nagyobb *alk*-értékkel kell számolnunk. Az ércásványok sorában ezzel hozzuk kapcsolatba (a kissé nagyobb savanyúságon kívül) a scheelit jelentősebb előfordulását. A pannóniai fémtartományban csak három helyről — Felsőbánya-Baia Sprie, Csiklova-Ciclova és Szepes-Gömöri Érchegység — s csak ásványtani ritkaságként ismerünk wolfrámtartalmú ásványt.

A *larami* gyűrődéssel kapcsolatos *Boulder-batolit* és *Butte-gránit*, lényegében *kvarcmonzonitos* (aplitokkal, kvarcporfirtelérekkel) területegység, a Peleé-Lassen Peak típusnál gyengébben pacifikus Electric Peak típushoz tartozik, de a *k* kissé magasabb, úgyhogy opdalitos kőzetek is fellépnek.[29]) Uralkodó fémek: *Cu, Zn, Ag, Au, Pb*, kevés *Te, Bi, W* is van (wolframit egyes rézérctelérekben). A *W* megjelenése ugyanúgy magyarázható, mint az előbbi esetben. Az *Au*: *Ag* arány kedvezőtlen, 1 : 250.

Az ugyancsak larami *Leadville-Boulder Co.* közepes magma-típusa átmenet a Pelée-Lassen Peak és az Electric Peak típusok közt, helyenként a Yellowstone típushoz is közeledik.[29]) Főfémek: *Zn, Pb, Cu, Ag, Au*. Említést érdemel még *W, Mo, Bi, U*. A wolfram itt erősebben előtérbe lép (mezotermális telepeken, epitermális wolframit telérekben). A hangsúlyozottabb W-tartalom a mediterránabb jelleg feltűnésében kereshető. Ennek megfelelő a kőzettársaság képe is (alaszkitporfir, gránitporfir, bosztonitporfir, monzonitporfir, kvarcmonzonitporfir). A kőzetleírások szerint a savanyú kőzetek is jelentősek, ami ugyancsak wolframásványok képződésének kedvező magmarészletekre utal. Ennek tulajdonítható valószínűleg a Gilpin-i uránszurokérc megjelenése is.

A fiatal harmadkori orogenezishez kapcsolódik már a *Tonapah érces területegység*. *Burri C.* szerint[29]) az elkülönülési diagramm az Electric Peak típusnak felel meg. Spurr viszonylag savanyú és kálidús kőzeteket jelez innen,[33]) riolitokat és andeziteket. *Gyakorlatilag legjelentősebb fém az Ag*, mellette *Au* is van. *Au* : *Ag* arány 1:100—200. A kálidúsabb és savanyúbb magma wolframásványok (scheelit, wolframit) megjelenésében is kifejezésre jut.

Silverton és *Ouray* (San Juan Mts.) egyaránt közel áll Sierra Nevada és Electric Peak típusaihoz.[28]) *Burri C.* szerint növekvő *si*-vel a *k* is nő, és a legsavanyúbb kőzetekben *k* 0,5-öt ér el. Magas *alk* és *k* értékkel számolhatunk itt is, ezt a kőzetkép is megerősíti (kvarclatitok, latitok, riolitok, andezitek, gránitporfirok, monzonitporfirok, kvarcszienitporfirok, kvarcmonzonitok). Ennek megfelelően W-mal itt is találkozunk. *A termelt főfémek Ag, Au, Pb, Zn, Cu.* Előfordul még *Te, Bi, Mo* is.

Creede (San Juan Mts.) érces területegység kőzetei közül *Burri* csak a savanyú (*si*>300) kőzeteket vizsgálta. Ezek magmatikus elkülönülését a San Francisco Mts. típusával találta egyezőnek. A kő zetek : riolitok, kvarclatitok, ritkábban andezitek. *Főfémek : Ag, Pb*, az *Au* háttérbe szorul. Az *Au* : *Ag arány kb* 1 : 137.

A *Silver Cliff* és *Rosita Hills* kőzettartomány magma-elkülönülése *Burri*

szerint a kálisor felé hajlik. *Cross W.*[31]) szerint a kőzettársaságban andezit, dacit, riolit, diorit, trachit, *Wolf F.*[30]) szerint riolit, csillámdacit, trachit, augitdiorit, ortoklásztartalmú augitdiorit, augitbiotitamfibolandezit szerepel. A termelési adatok alapján következtetve *Pb, Au és Ag a főfémek.* Az *Au*-ra kritikus *si* 200—250 szakaszon a magma-elkülönülés opdalitos és normálgránitos, tehát erősen pacifikus menetű.

Cripple Creek érces területegysége *Burri C.* szerint típusos atlantimediterrán átmenet. Kőzetei: latitfonolit, fonolit, szienit, alkálibazalt, lamprofir. *Gyakorlatilag legfontosabb féme Au, Ag alárendelt,* kevés *Cu, Sn* (*!*), *Mo, W* is van.

A *W* és *Sn* a kőzetkép alapján jól magyarázható, azonban az *Au* jelentősége nehezen indokolható.

A tárgyalt kőzet- és *fémtartományok áttekintéséből kitűnik, hogy az Au-tartományok* egy kivételével (Cripple Creek) mind *pacifikusak, az Sn tartományok* pedig *gyengén mediterránok.* Megállapítható az is, hogy az *Au* tartományok »átlagmagma-összetétele« jóval bázisosabb, mint a határozottan *Sn* tartományoké. A továbbiak során pedig majd még rámutatunk arra, hogy a magma-elkülönülés menete is szerephez jutott egy-egy fém feldúsulásánál.

Kíséreljük meg a nyert eredményeket számszerűen a magma-elkülönülés jellemző számértékeiben kifejezni. Minthogy a jelen tanulmányban csak az alkálimész-sort és a kálisort vettük tekintetbe, összehasonlításul leginkább a *Niggli*-féle *c* érték, a *k. alk/c* viszony és a *k. alk-c* különbség *si* függvényében való ábrázolása szolgálhat. *Sn* és *Au* tartományok megkülönböztetésében a *MgO* is hasznos lehet, de minthogy ez az érték a *CaO*-val szimbat változik, figyelembe vételét mellőzhetőnek véltük.

A vázolt elgondolás alapján három diagrammot készítettünk a fémtartományokhoz kapcsolódó kőzettartományokról, amelyeken számszerű értékekben világosan kitűnik a tárgyalt *Au* és *Sn* tartományok magmájának lényeges különbsége.

A 2. ábrán a vízszintes vonalak osztópontjai a balodalt megadott *si* értékhez tartozó *c* értékeket adják a különböző fémtartományok magma-elkülönülésének menetében. A diagrammban ábrázolt aranyos kőzettartományok magma-elkülönülési görbéi általában a magas *c* értékek mezejére esnek (főleg a *si* 200—250 között igen feltűnő ez). Amint látható, a *legjellegzetesebb aranytartományok,* mint a Pelée-Lassen Peak típushoz tartozó *sierra-nevadai, brit-columbiai* pacifikus intruzívumok, *Phillipsburg, Goldfield* (e két utóbbi részletes ismertetését feleslegesnek gondoltuk), továbbá a pannóniai fiatal eruptívumok általában *magas c értékkel tűnnek ki.* Jelentős *Au*-termelő még az ugyancsak magas *c*-vel kitűnő Electric Peak típushoz tartozó *Boulder Butte Telluride quadr., Tonopah distr., Leadville- Boulder Co.* Eléggé aranyos *Silverton* és *Ouray* (San Juan Mts.), gyengébb *Au*-termelő *Creede.* A Rosita Hills típusnak megfelelő Silver Cliff és Rosita Hills, igen érdekes terület, mert *magas Au : Ag aránnyal tűnik ki* (1 : 2). Érdekes itt megfigyelni a *c* erős hullámzását. Ebben

az egyébként erősen alkálidús tartományban a *si* 200—300 közötti szakaszon a magma-elkülönülés menete határozottan pacifikus (*si* 250), ezzel magyarázhatjuk e tartomány aranygazdagságát. Itt világosan láthatjuk, hogy a magma-elkülönülés változása mennyire befolyásolja az ércesedés kifejlődését. A rendelkezésünkre álló elemzések alapján[30]) kiszámított »magma-középérték« a bolívia *Sn-Ag*-dús tartományéhoz áll közel. Nem lenne meglepő, ha innen még *Sn* is előkerülne.

A figyelembe vett *Sn* kőzettartományok értékei (közép-német Variszcikum, Dartmoor, Bushveld »red rocks«, Bolívia) a *si—c* diagrammban az alacsony *c* értékek mezejében helyezkednek el. A statisztikailag behatóbban megvizsgált Dartmoor és Bushveld kőzeteinek zöme igen savanyú, ezt mutatja a »magma-középértékük« is. A dartmoori »átlagmagma-összetételnél« a nyugatabbra csatlakozó és előbbinél még *Sn*-dúsabb cornwalli ércterület gránitjai általában még savanyúbbak.[23]) A dartmoori tartomány igen érdekes kőzete a természarany-tartalmú bittlefordi pegmatit. E pegmatit kémiai összetétele feltűnően eltér a tartomány legtöbb kőzetétől. A $Na_2O : K_2O$ arány erősen eltolódott az Na_2O javára, s ezenkívül mind a *CaO*, mind pedig a *MgO* szembetűnően nagyobb a tartomány számítható középértékénél. Ez eltérések különösen jól érzékelhetők a Niggli-féle értékekből: a bittlefordi pegmatit *c*-je és *mg*-je feltűnően nagyobb, *k*-ja pedig jóval kisebb a középértéknél. A magmatípus pacifikus és trondhjemites. A pegmatit helye diagrammjainkban messze beesik az *Au* tartományok mezejébe és a magma-elkülönülés pacifikus tendenciája aranydúsuláshoz vezetett.

A bolíviai *Sn* tartomány kevés analízise alapján számított »magma-középérték«-e a dartmoorinál és a bushveldinél bázisosabbnak adódott. Lehet, hogy ez az érték behatóbb kémiai átvizsgálás alapján még meg fog változni. A kisebb *si* és vele párhuzamosan kissé nagyobb *c* az *Au*-nak némileg nagyobb szerepét megmagyarázhatja. A bolíviai *Sn* tartomány »magma-középértéke« közel áll Rosita Hillséhez. Lényeges különbség a két tartomány közt, hogy Rosita Hills a bázisos oldalon teljesebben kifejlődött, és közepes savanyúságú szakaszban az *Au* tartományok mezejébe nyúlik át. Ez is mutatja, hogy *a »magma-középérték« egymagában nem elegendő egy fémtartomány magmájának jellemzésére, hanem a magma-elkülönülés menete is szerephez jut.*

Az északamerikai Cordillerák magmájának elkülönüléseit Burri C. adatai alapján megvizsgálva a *si—c* diagrammban, láthatjuk, hogy a bázisos, közepes és kevéssé savanyú szakaszon az aranyos tartományok között fut, s csak a legsavanyúbb szakaszon, ott, ahol konvergencia sem szokatlan, közeledik az *Sn*-tartományok görbéihez. (Itt akár kereszteződés is lehet, hiszen a savanyú magmák csekély fémtartalmának kisebb változása a Niggli-értékekben jelentékeny eltolódást okozhat.)

A 2. ábrán tájékozódás céljából *Niggli* több magmatípusának vetületét is megadtuk. Ezek helyzetéből is kitűnik, hogy míg a megvizsgált típusos *Au*-

tartományok pacifikusok, addig a legkifejezettebb *Sn*-tartományok már gyengén mediterránok. Érdekes a *Bushveld* gyengén mediterrán jellegű és *Sn*-telepekkel kitűnő »red rocks«-jainak átmenete a gyengén pacifikus »felsőöv«-be. Ebből itt *Au*-előfordulás lehetőségére következtethetünk, amit tények igazolnak.

A *c* és az *alk* értékek viselkedése a megvizsgált tartományokban általában ellenkező jellegűnek bizonyult, ezért a két értéknek a *si*-vel való összefüggése alkalmasnak látszik a mészalkáli- vagy kálisorhoz tartozás eldöntésére.

A 3. ábrán a tárgyalt *Sn*-tartományokra, a pannóniai és az északamerikai Cordillerákra, valamint utóbbinak Lassen Peak területegységére (*Burri C.* és *Niggli F.* megadta *Niggli*-értékek alapján) számított átlagelkülönülés és a magma-középértékek *k. alk/c*-értékeit ábrázoltuk az *si* függvényében. Ebben a diagrammban is megadtuk összehasonlítás céljából *Niggli* több típusát. Amint látható, ebben az összeállításban is jól elkülönülnek az *Sn*- és *Au*-tartományok egymástól.

Végül a negyedik ábrán látható diagrammban ugyanezen kőzettartományok átlagelkülönülésének és magma-középértékeinek *k. alk-c* értékeit ábrázoltuk az *si* függvényében. A három aranyos kőzettartomány itt is élesen elkülönül a négy ónostól.

2. táblázat.

Az Északamerikai Cordillerák néhány magmatípusa (közepes magmatípusa) Burri C. szerint

Pelée—Lassen Peak-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
120	24	41	26	8	normál gabbroid-ossipites
150	28,5	36	25	10	peléeites
200	34	28	22,5	15	kvarcdioritos
250	38	22,5	19,5	20	kvarcdioritos
300	41	18	16	25	plagioklászgránitos-granodioritos
350	43	14	13	30	trondhjemites-yosemitites
400	45	12	10	33,5	engadinitos
450	46	10	8	36	engadinitos
500	46,5	9	7	38	aplitgránitos-trondhjemites

Electric Peak-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
120	26	42	25	7	gabbrodioritos
150	29	37	23	11	normáldioritos
175	31	33,5	21	14,5	normáldioritos
200	31	32	19,5	17,5	kvarcdioritos
225	33	30	17,5	19,5	kvarcdioritos
250	36	26	17	21	kvarcdioritos
300	42,5	18	15	25	plagioklászgránitos
350	45,5	13	11	29	trondhjemites/yosemitites
400	47,5	11	8	34	trondhjemites/yosemitites
450	48	9	6	37	trondhjemites/engadinitos
500	48	8	4	40	trondhjemites/aplitgránitos

Sierra Nevada-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
100	19	49	25	7	gabbrodioritos
120	22,5	43	24,5	9,5	gabbrodioritos
150	27	36	24	13	normáldioritos
200	33	28	21	18	granodioritos
250	38	22	17	23	granodioritos
300	41,5	18	12	28	granodioritos
350	43,5	14	9	33	yosemitites
400	45	12	7	36	engadinites
450	46	10	5	39	aplitgránitos
500	47	9	3	41	aplitgránitos

San Francisco Mts.-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
100	19	50	24	7	normálgabbroid
120	24	43	25	8,5	gabbrodioritos
150	29	36	24	11	kvarcdioritos/peléeites
200	33	29	21	17	kvarcdioritos
250	37	25	16	22	kvarcdioritos
300	42	18	12	28	plagioklászgránitos
350	43	14	9	34	trondhjemites
400	44	12	7	37	trondhjemites
450	45	10	3	42	} alkaligránitos
500	45	8	2	45	

Yellowstone Park-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
100	17	50	26	7	normálgabbroid
120	22	44	24	11	normálgabbroid
150	30	35	20	15	normáldioritos
200	35	27	17	21	kvarcdioritos/normálgránitos
250	40	21	13	26	normálgránitos
300	42	17	11	31	granoszienites
350	43,5	14	9	34	yosemitites
400	45	11	8	36	engadinitos
450	46	9	7	38	engadinitos
500	47	8	5	40	aplitgránitos

Rosita—Hills-típus.

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	Magma
150	34	28	17	21	normálmonzonitos
200	35	27	17	21	opdalitos
250	38	21	17	24	normálgránitos
300	46	11	9	33	granoszienites/yosemitites
350	47	10	9	34	yosemitites
400	48	8,5	7,5	36	engadinitos/aplitgránitos
450	50	7	5	38	aplitgránitos
500	51	5	4	40	aplitgránitos

Rosita Hills általunk számított magmaközépértéke

[*Wolf F.* »Der Vulkanismus« c. könyvében szereplő elemzések alapján, víz és járulékos alkatrészek nélküli számítva.]

SiO_2	65,39	*si*	= 280,7	Magmatípus:
Al_2O_3	16,49	*al*	= 41,8	granoszienites.
Fe_2O_3	2,01	*fm*	= 16,2	
FeO	1,10	*c*	= 11,9	
MnO	0,09	*alk*	= 30,1	
MgO	0,88	*k*	= 0,44	
CaO	2,57	*mg*	= 0,35	
Na_2O	4,07	*k. alk*	= 13,24	
K_2O	4,77	*k. alk/c*	= 1,11	
		k. alk-c	= + 1,3	

Lassen Peak általunk számított közepes magma-elkülönülése

(*Burri C.* és *Niggli P.* munkájában megadott Niggli-értékek alapján.)

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*k. alk*	*k.alk/c*	*k.alk-c*
340	40,5	16,0	15,5	28,5	0,31	8,84	0,57	— 6,7
300	40,0	19,0	16,0	25,0	0,30	7,50	0,47	— 8,5
250	36,5	24,0	20,0	19,5	0,27	5,27	0,26	—14,7
200	33,0	29,0	22,5	15,5	0,24	3,72	0,17	—18,8
150	28,5	36,5	24,0	11,0	0,21	2,31	0,10	—21,7
120	19,5	45,5	26,0	9,0	0,31	2,79	0,11	—23,2

Az Észak-Amerikai Cordillerák közepes magma-elkülönülése

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg.*	*k.alk*	*k.alk/c. k.*	*alk-c*	Magma
100	18	50,5	24,5	7	0,22	0,62	1,54	0,06	—23,0	gabbroid
150	27,5	34,5	22,5	15	0,30 0	0,50 0	4,50	0,19	—18,5	dioritos-normál-monzonitos
200	34	26	18	22	0,32	0,37	7,04	0,39	—11,0	leukomonzonitos
250	38,5	21	15	25,5	0,35	0,40	8,93	0,60	— 6,1	granodioritos granoszienites beütéssel
300	41,5	15,5	14,5	29	0,37	0,37	10,73	0,74	— 3,8	yosemititgránitos
350	44,5	12,5	11,5	31,5	0,40	0,35	12,60	1,10	+ 1,1	yosemititgránitos
400	46,5	10	8	35	0,42	0,25	14,70	1,84	+ 6,7	engadinitgránitos
450	48,5	7	5,5	39	0,45	0,15	17,55	3,19	+12,1	aplitgránitos
500	50	5,5	2,5	41,5	0,50	0,17	20,75	8,30	+20,7	aplitgránitás

Az Észak-Amerikai Cordillerák magmaközépértéke [Burri C. »közepes-magmatípusa«].

si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*ti*	*p*	*c/fm*	*k.alk*	*k.alk/c*	*k.alk-c*
231	34,2	26,3	16,4	22,1	0,35	0,43	1,6	0,4	0,62	7,74	0,47	—8,7

Ha áttekintjük a három diagrammot, joggal merülhet fel az a gondolat, hogy *számszerű értékkel* kíséreljük meg a tárgyalt *Au-* és *Sn*-fémtartományok magmatikus jellemzését. Ehhez nem kell mást tennünk, mint a két (*Au* és *Sn*) csoport közti határvonalat diagrammjainkban meghúzni és a hozzátartozó értékeket leolvasni. Természetes, hogy abszolút érvényű értékeket nem várhatunk, hiszen a statisztikai úton nyert számok, amelyek alapján a diagrammok készültek, csak valószínű értékek.

A 3. táblázatban a *si* és *c* összefüggést igyekeztünk számértékekben kifejezni. A tájékoztató *k* értékeket is megadtuk, mivel ezek figyelembevétele tapasztalataink szerint hasznosnak látszik. A 4. táblázat a *si* és *k alk/c*, az 5. táblázat pedig a *si* és *k. alk-c* összefüggést jellemzi számszerűen.

3. táblázat.

Sn-tartomány						*Au*-tartomány	
si	*k*	*c*				*k*	*si*
150	> 0,32	12	←	19 →	27	< 0,32	150
200	> 0,34	9	←	16 →	24	< 0,34	200
250	> 0,37	8	←	14 →	21	< 0,37	250
300	> 0,40	7	←	12 →	17	< 0,40	300
350	> 0,43	5	←	10 →	14	< 0,43	350
400	> 0,45	4	←	7 →	11	< 0,45	400
450	> 0,47	2	←	5,5 →	9	< 0,47	450
500	> 0,48	1	←	3,5 →	8	< 0,48	500

4. táblázat.

Sn-tartomány		*Au*-tartomány
si	*k.alk/c*	*si*
150	> 0,25 >	150
200	> 0,50 >	200
250	> 0,80 >	250
300	> 1,00 >	300
350	> 1,30 >	350
400	> 2,00 >	400
450	> 3,40 >	450
500	> 4,50 >	500

5. táblázat.

Sn-tartomány		*Au*-tartomány
si	*k.alk-c*	*si*
100	> —20,0 >	100
150	> —14,0 >	150
200	> — 8,0 >	200
250	> — 2,0 >	250
300	> + 0,0 >	300
350	> + 4,0 >	350
400	> + 8,0 >	400
450	> +12,0 >	450
500	> +16,0 >	500

6. táblázat.

Niggli magmatípusai.

Magmatípusok	*si*	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*k.alk/c*	*k. alk-c*
1. dioritos	155	30	35	21	14	0,3	0,5	0,20	— 16,8
2. peléeites.....	180	33	32	23	12	0,2	0,45	0,10	— 20,6
3. kvarcdioritos....	225	32	31	19	18	0,25	0,45	0,24	— 14,5
4. opdalitos	225	32	32	18	18	0,45	0,45	0,45	— 9,9
5. gránitos	270	34	29	13	24	0,45	0,35	0,83	— 2,2
6. granodioritos....	280	39	22	17	22	0,45	0,4	0,58	— 7,1
7. farsunditos	300	42	20	15	23	0,25	0,4	0,38	— 9,2
8. yosemititgránitos	350	43	14	13	30	0,45	0,3	1,04	+ 0,5
9. yosemititaplitos .	350	45	6	13	36	0,4	0,3	1,11	+ 1,4
10. trondhjemites ..	370	42	12	11	35	0,25	0,3	0,79	— 2,2
11. aplitgránitos	460	47	8	5	40	0,45	0,25	3,60	+ 13,0
12. alkáligránitos ...	400	41	15	3	41	0,35	0,2	4,78	+ 11,4
13. alkáligránitaplitos	450	46	6	3	45	0,35	0,15	5,25	+ 12,7
14. leukomonzonitos	180	37,5	25	17	20,5	0,45	0,4	0,54	— 7,8
15. monzonitszienites	180	36	23	15	26	0,45	0,35	0,78	— 3,3
16. szienites I. (új típus).....	180	30	30	12,5	27,5	0,5	0,4	1,10	+ 1,3
17. szienites II. (normálszienites, régi típus)	185	30	30	15	25	0,5	0,4	0,83	— 2,5
18. kammgránitos...	225	26	39	12	23	0,6	0,6	1,15	+ 1,8
19. szienitgránitos ..	250	30	29	13	28	0,5	0,4	1,08	+ 1,0
20. k-gibelites	260	35	21	9	35	0,4	0,2	1,56	+ 5,0
21. granoszienites .	260	39	18	11	32	0,45	0,3	1,31	+ 3,4
22. adamellites	300	37,5	22,5	13,5	26,5	0,45	0,3	0,88	— 1,6
23. tasnagránitos ...	300	36	28	9	27	0,45	0,35	1,35	+ 3,2
24. rapakivites	350	41	18	9	32	0,45	0,3	1,60	+ 5,4
25. engadinitgránitos	380	43	13	8	36	0,5	0,25	2,25	+ 10,0
26. gabbroid	108	21	51	22	6	0,2	0,5	0,05	— 20,8
27. monzonitdioritos	135	27	38	21,5	13,5	0,4	0,5	0,25	— 16,1
28. lamprosommaitos	135	22,5	46,5	18	13	0,5	0,6	0,36	— 11,5

A 6. táblázatban foglaltuk össze végül azokat a *Niggli*-féle magmatípusokat, amelyeket összehasonlítás céljából a három diagrammban felhasználtunk.

A jövőben szeretnénk még több arany- és óntartományt megvizsgálni s ezek alapján az ősi pajzsok jelentőségét hasonló szempontok szerint tanulmányozni. Szükséges lesz ezenkívül az egyes tartományokban az ércképződést

közvetlenül megelőzően vagy vele egyidejűen keletkezett kőzetek alkatának pontos tisztázása is, hogy ilymódon az *ércesítő magmarészlet összetételére közelebbi* következtetést vonhassunk. Eddig ezt a feladatot nem végezhettem el, mert a rendelkezésemre álló, idevágó irodalmat hiányosnak vagy bizonytalannak éreztem. Tervbe vettem a *granitizációs problémának* az ércképződéssel való kapcsolatát is következő vizsgálataim keretébe vonni.

Az aranytartományok közül különösen a prekambriumiak tanulmányozása hozhat érdekes kiegészítést. Erre *Gallagher D.* tanulmányából következtethetünk.[18]) *Gallagher* ez értékes dolgozatában az arany- és ezüsttelepeket s a velük közvetlen genetikai kapcsolatban álló kőzeteket, különösen ezek földpátját tanulmányozta az irodalom adatai alapján. Következtetései: »Gold deposits of wiedespread occurence, and a certain community of charcteristics, have been ascribed to genetically related igneous rocks rich in albite. The examples cited indicate that(1) the albitic intrusives shortly preceded the mineralization, with soda and albite in some cases extending over into the early stages of vein formation; (2) the mineralizing solutions did not come directly from the albitic rock, but both were derived from a common magma parent below; and3) in some cases the albitic forerunners exerted a structural control on the ore desposition.«

Gallagher D. főleg az ősi pajzsok tartományait tárgyalja behatóan, amelyekkel mi még eddig nem foglalkoztunk. Szabályai alól kivételt képző tartományokat is felsorolt. Ilyen kivétel az általunk megvizsgáltak közül az Erdélyi-érchegység, ahol az ércesedéssel kapcsolatban albitdús kőzetről nincs tudomásunk, pedig az *Au* : *Ag* arány 1 : 0,9 vagy legfeljebb 1 : 1—1,1.

Gallagher megállapításait közölt adatai alapján, de a mi megállapításaink szerint is helyesnek tartjuk. Munkája megerősít bennünket abban az elgondolásban, hogy az ásványtelepek beépítése a magmatikus fősorokba lehetséges, sőt hasznos. Vizsgálataiból arra is következtethetünk, hogy a fősorokon belül még további finomabb osztályozás is lehetséges, hiszen a trondhjemites törzshöz tartozó aranytelepek paragenezise és fémtartalma eltér a gránitos törzshöz tartozókétól. A paragenezisek megítélésében azonban óvatosan kell eljárnunk, s figyelemmel kell lennünk az ércképződés különböző szintmélységéből és hőmérsékletéből adódó eltérésekre.

Felbátorítanak *Gallagher* megfigyelései, mert lehetségesnek tűnik, hogy a jövőben az ezüst szerepét is az aranyéhoz és az ónéhoz hasonlóan a magmaösszetétel számszerű adataiban fejezzük ki. Itt természetesen a *Na*-nak is szerep jut, és előreláthatóan az ezüstös, vagy (gyakorlatilag) ezüstmentes *Au*- és *Sn*-tartományok, valamint a határozottan ezüsttartományok helye a magmafősorokban eltérőnek adódhat. E további vizsgálatok során az ősi pajzsok kőzeteinél fiatalabb metaszomatózis lehetőségére is figyelemmel kell lennünk.

Eddigi vizsgálatainkban a tárgyalt *Au*- és *Sn*-tartalmú tartományokban az ezüst szerepét még nem vettem részletesen figyelembe, ezért megjelölésünkben esetleg a nagyobb ezüsttartalom nem jutott kifejezésre. E tartományok

elnevezése és csoportosítása általában aranyos vagy ónos jellegük alapján történt, bár az ezüst *Au* és *Sn* kíséretében egyaránt felléphet, nem egyszer tekintélyes mennyiségben is.

A geokémiai megoszlási törvények alkalmazása magmatikus érctelepek fémdúsulásainál.

A fémek magmatikus érctelepekben való dúsulásának vizsgálatában a teleptan két fővonalon halad. Az egyik — nevezzük röviden *Niggli-vonalnak*, mert tudatos kiépítésében legnagyobb szerepe neki volt [20],[21]), [4]) — a magmatikus érctelepek többségét alkotó pneumatolitos és hidrotermális telepek keletkezésében a könnyen illó alkatrészek feldúsulásának juttatja a főszerepet. A *másik vonal* — amelyet kiépítőjéről *Goldschmidt*-félének mondhatunk — a föld ősi állapotában bekövetkezett (de a magmában bizonyos esetekben, kisebb mértékben ma is lehetséges), az atomszerkezettel összefüggő elkülönülésekre épít. Figyelembe veszi ezenkívül a kiváló kristályok rácsszerkezetét s a kristályrácsokba beépülő ionok vagy atomok szerkezetét, nagyságát és töltését.

Míg a Niggli-vonal a teleptani szintézis szempontjából teljesen kiépítettnek mondható, addig ugyanezt a Goldschmidt-féléről nem állíthatjuk. Nyilvánvaló, hogy mindkét elméletnek szerepe van a fémdúsulások létrejöttében, mindkettőt figyelembe kell vennünk. Olyan bonyolult kémiai rendszerben, mint a magma, az elkülönüléseket számos tényező befolyásolja, s ezeket tudományunk általában ismeri is. Úgy véljük, hogy a Goldschmidt-féle vonalnak a telepképző dúsulási folyamatokat befolyásoló szerepét illetően statisztikai vizsgálódás azonban még hasznos lehet.

Goldschmidt nyomatékkal mutat rá, hogy az elemek geokémiai eloszlását a magmatikus folyamatok, így az ércképző fázisok során is, az atom-, illetve ionszerkezet szabja meg. Az olvadékból, vizes oldatból és gőzből való kristályosodásnál szerinte az ionnagyság döntő[16]), [17]). Az epigenetikus *érctelepek elemeinek dúsulásánál* figyelembe kell vennünk az érctelep képződését megelőző fázisokban az egyes *elemek beépülési lehetőségeit*, mégpedig nemcsak a lényeges rácsalkotókként való beépülést, hanem az elemek *álcázódását* is. Ha az ércképződést megelőző fázisokban nagy tömeg válik ki olyan kristályból, amelynek bizonyos gyakorlatilag fontos fém állandó alkatrésze, vagy annak álcázását megengedi, az illető fémnek az ércképző fázisban való dúsulási lehetőségeit lerontja, vagy teljesen kizárja.

A *Goldschmidt*-féle elemmegoszlási törvényekre támaszkodó munkánk befejezésével egyidőben jelent meg *Sullivan C. J.*-nek egy igen érdekes dolgozata, amelyben az ércesedés és a granitizáció kérdéseit tárgyalja. Bennünket közelről érint munkájának ama része, amelyben a különböző fémeknek különböző kőzetekkel való összefüggését és dúsulási lehetőségét a *Goldschmidt*-féle megoszlási törvények alapján tárgyalja. Amint írja: »... it is considered that the ablity of a particular plutonic rock to concentrate a particular element depends primarily on the lattice structures of the crystals constituting the plu-

tonic rock, on the ionic radii and valency of the elements constituting the crystals forming the plutonic roks and on the ionic radii and valency of the elements to be concentrated.« A fentebbiek alapján azután számos fém dúsulási lehetőségéről adott képet. Elgondolása a mienkével egyező alapon nyugszik.

Goldschmidt szerint az *atom elektronburka szabja meg* elsősorban az elem *szideroﬁl, kalkoﬁl vagy litoﬁl jellegét.* A geokémiai vonzódás, az ionizációs potenciál és az ionszerkezet érvényesül szerinte az elemek ionos (litofil), fémes (szideroﬁl) és félfémes (kalkofil) fázisok közötti megoszlásánál. Az olvadékból, a vizes oldatból és a gőzből történő kristályosodásnál pedig az ion- (esetleg atom-) sugarak döntő szerepe mellett igen jelentős az ion töltése is. Ionrácsok esetében *Goldschmidt* szerint a következők fontosak: Ha azonos töltés esetén két elem ionsugara és iontípusa egyező vagy kevéssé eltérő, akkor a beépüléseknél is egyformán viselkednek. Ha az ionsugarak közt kis különbség van, akkor a nagyobb (vagyis gyengébben köthető) ion visszamarad az oldatban. Megfelelő ionsugár, de eltérő töltés esetén a nagyobb töltésű előnyben van belépést illetően a kisebbel szemben (ez a magasabb töltésű ion ú. n. »befogása«). Atomrácsokban és fémrácsokban ionsugarak helyett a megfelelő atomsugarak jönnek tekintetbe. Minthogy fémrácsokat is figyelembe kellett vennünk, idézzük a különböző fémek tökéletes elegyedéséhez szükséges feltételeket.[34])

1. A tiszta fémek rácsai azonos típushoz tartozzanak.
2. A rácsállandók különbsége ne legyen 10%-nál nagyobb.
3. Kémiai tekintetben ne különbözzenek nagyon a fémek.

Ismeretes azonban az, hogy a különböző típusú fémek magasabb hőmérsékleten bizonyos mértékig oldhatók egymásban. E körülmény a dúsulási folyamatok fenti tételekre támaszkodó vizsgálatát megnehezíti. Tudjuk egyébként azt is, hogy magas hőmérséklet elősegíti meg nem felelő ionok belépését ionrácsokba.

A fentiek figyelembevételével megkíséreltük a dartmoori, bushveldi, bolíviai ón- és a pannóniai fiatal aranyfémtartományok (utóbbiban még külön a Cserhát és az Eperjes-(Presov) Tokaji hegység déli része) fémdúsulását statisztikai vizsgálattal követni.

Az ion- vagy atomszerkezetre épített dúsulási folyamatokra feleletek csak akkor adhatnánk, ha az ércesítő magmát ért minden változást (elkülönülés-beolvasztás) szigorúan nyomon követnénk, továbbá, ha minden létrejött kőzetet, ezek tömegét, kémiai és ásványos összetételét pontosan ismernők. Bár itt részletekben pontosan nem követhető folyamatokról van szó, a dúsulási folyamat tok megközelítése mégiscsak lehetséges. Tegyük fel, hogy az ércesítő batolitnat a letarolás következtében ma megfigyelésünk körébe eső kőzetei a batolit még hozzáférhetetlen kőzeteihez hasonló kémiai és ásványos felépítésűek. Ahol ez a feltevés áll, *ott a batolit nagy része eléggé ismertnek tekinthető,* és ezért *a megfigyelhető kőzetek* tömegviszonyai, modális és kémiai *sajátságaik alapján a Goldschmidt-féle dúsulási folyamatok szerepére és jelentőségére is következtetés vonható.* Ha tehát,

az általunk alkalmazott módszer vitatható is, ez idő szerint jobbal aligha lehetne helyettesíteni.

Minthogy célunk egyelőre csak bizonyos áttekintés szerzése volt, azért az egyes *fém- és kőzettartományok »magma-középértékeire« támaszkodva és statisztikai alapon vizsgáltuk meg* az egyes *tartományok atom- és ionszerkezeten alapuló dúsulási lehetőségeit.*

Tervbe vettünk olyan részletes vizsgálatokat is, amelyek az érctelep és vele genetikailag szorosabb (pl. likvidmagmatikus, kontaktpneumatolitos) kapcsolatban álló kőzetek közt fennálló viszonyokat a *Goldschmidt*-vonalon majd élesebben megvilágíthatják.

Téves volna a *Goldschmidt*-féle vonalat *egyedül* elegendőnek tartanunk a magmatikus érctelep-képzés magyarázatára. Elsősorban hivatkozunk a könnyen illóknak telepképződés magyarázatában oly jól alkalmazott szerepére. Arra is kell gondolnunk, hogy a magma nem nyugalmi állapotban levő rendszer. Mozog, hőmérséklete és nyomása állandóan változik. Desztillációs és beolvasztási folyamatok következtében is megváltozhatik az összetétele.

Eddigi statisztikai vizsgálódásunk összefoglalása (7—17. táblázat) a *Goldschmidt*-féle vonal dúsulási lehetőségeit mutatja be a kristályosodási elkülönülés folyamán.

A fiatal pannóniai fémtartomány vizsgálatánál »magma-középérték«-ek szolgáltak kiindulási alapul. Megállapítva az összetételben legnagyobb mennyiségben szereplő pozitív ionokat, megvizsgáltuk, hogy a kristályosodás során keletkezett kristályokban az ionok helyére milyen más ion léphet be »álcázás« (nyomelem) formájában. Ilyen elemek mennyisége a maradékfázisban szükségszerűen csökken, a beépülésre alkalmatlan ionoké pedig viszonylag emelkedik (dúsul). E vizsgálatainkban egyelőre az ionszerkezetre nem voltunk tekintettel, csak az ionsugarat és iontöltést vettük figyelembe. A helyettesítést, az irodalomra támaszkodva, $< 10\%$ ionsugár-eltérés mellett tartottuk lehetségesnek. Összehasonlításunkban figyelembe vettük, hogy a kiszűrhető ion (amely megfelelő sajátságai folytán a rács építőeleme helyére beléphet) kisebb vagy nagyobb sugarú-e a szűrőionnál (a rács építőeleme), valamint töltése nagyobb, egyenlő vagy kisebb-e azénál?

A *fiatal pannóniai kőzettartomány* fő szűrő ionjai (7. táblázat) a $Si+^4$, $Al+^3$, $Ca+^2$, $Mg+^2$, $Na+^1$. Az ionok szűrő hatására vonatkozó összes táblázatok ban felül a szűrő ionokat, az alájuk eső oszlopokban pedig a kiszűrt ionokat adjuk meg, mégpedig külön csoportosítva a szűrőknél kisebb, egyenlő és nagyobb ionokat. A szűrő ionnal egyenlő vagy annál nagyobb töltésű ionokat *kurziv* szedés jelzi. A táblázatok utolsó oszlopa a »*kiszűretlen*« ionokat adja, azokat, amelyek dúsulása a *maradékfázis*ban várható. Ezek csoportjában kurzív betűkkel jeleztük azokat az ionokat, amelyek beépülésre nagyságeltérésük miatt teljesen alkalmatlanok, s ezért a maradékfázisban való dúsulásuk feltételezése elsősorban indokolt, és antiquával azokat, amelyeknek töltése megfelelő ion-

sugár mellett kisebb a szűrő ionénál, tehát becserélésük nehezebben történhet meg. Ha szemügyre vesszük a kiszűretlen ionok sorát, látjuk, hogy a fémtartomány legjellegzetesebb fémei: az *Au*, *Ag*, *Pb* szerepelnek köztük. A *Zn* bizonyos jelentősége, valamint a *Cu* alárendelt megjelenése a táblázatból nem tűnik ki. A *Zn* esetének magyarázatában gondolhatunk arra, hogy az érctelepek leggyakoribb *Zn*-vegyülete a *ZnS* atomrácsú és a cink kén jelenlétében a szilikátrácsba való beépülése helyett szívesebben egyesül a kénnel. A réz esetében magyarázatul szolgál a $Cu+^{1}$ ionnak a szűrő $Ca+^{2}$-hez viszonyított kisebb töltése, vagy az ugyancsak szűrő ionnak tekinthető $Na+^{1}$ aránylag kis mennyisége.

Minthogy a pannóniai fiatal tartomány »magma-középértéke» a tartomány legércesebb részterületeiékhez, így pl. a Gutin-Rozsály (Ignis) — csoportéhoz, valamint az Erdélyi-érchegység (a Muntii Apuseni-)éhez igen közel áll, a teljes tartományról megállapítottakat érvényesnek tekinthetjük e területegységekre is. Érdekes az ércmentes Cserhát esete. Alapjában véve nincs túlnagy kémiai eltérés a pannóniai kőzettartomány, akár a Gutin-Rozsály (Ignis) csoport, akár az Erdélyi-érchegység közt, s a Cserhát mégis ércmentes. Az érchiány magyarázatában gondolhatunk arra,[1]) hogy a magmából (bázisos magma!) *hiányzott a hidrotermélis telepképződéshez szükséges víz.* Ezt a feltevést a zöldkövesedés hiánya is támogatja. Az ércmentességnek azonban más oka is elképzelhető, pl. a megfelelő szintmélység hiánya, amire a pannóniai tartományban már *Szádeczky-Kardoss Elemér* rámutatott az ércesedés okait kutató, egyik igen fontos munkájában.[35])

A fiatal pannóniai tartományban megvizsgáltuk még az *Eperjes (Presov)-Tokaji hegység* gyakorlatilag ércmentes és meglehetősen savanyú »magma-középértékű« déli részét is (8. táblázat). A fő szűrő ionok mennyiségük sorrendjében a következők: $Si+^{4}$, $Al+^{3}$, $K+^{1}$, $Na+^{1}$, $Ca+^{2}$, $Fe+^{3}$. *Gyenge Ag-előforduláson* kívül a közönségesebb fémek közül csak a *Ni*, *Co*, *Fe*, és *Zn* megjelenésével számolhatunk, amint ez a kiszűretlen ionokból kiolvasható. Kisebb, végső eredményben hidrotermális származásúnak tekinthető vasérc-előfordulások elég gyakoriak is a területen. A *Co*, *Ni és Zn* fémeket illetően bizonyos szűrés lehetséges a magma-középértékben 1,26%-kal szereplő *FeO*, $Fe+^{2}$ ionja révén. A $Fe+^{2}$ mennyisége a számítottnál kissé nagyobb lehet, mert a terület »magma-középértéke« kissé bázisosabbnak gyanítható,[1]) az andezites kőzetek ugyanis megfelelő mértékben kémiailag még nincsenek megvizsgálva.

Az *Sn*-tartományokra áttérve, vegyük először szemügyre *Dartmoort* (9. táblázat). »Magma-középértéke« alapján a fő szűrő ionok jelentőségük sorrendjében a következők: $Si+^{4}$, $Al+^{3}$, $K+^{1}$, $Na+^{1}$, $Fe+^{2}$. A $Cu+^{1}$-nek az érctelepekben való felléptét lehet itt is bizonyos mértékig a $Na+^{1}$-nek, mint szűrő ionnak kisebb mennyiségével indokolni.

Érdekes, hogy e tartományban a kiszűretlen ionok sorában platinafémeket is találunk. Ezzel kapcsolatban felmerülhet az a gondolat, hogy a platinafémek a magma mélyben elkülönült bázisos részeiben termésállapotú kiválásokban

dúsulhattak, [36]),[37]) s így kevés vagy semmi sem maradhatott belőlük a savanyú magmarészben. Hasonlóan bekövetkezhetett volna azonban elvileg az $Sn+^4$-al is, mert a bázisos származékokban bőven van $Mg+^2$, amely alkalmas az $Sn+^4$ kiszűrésére, s ennek ellenére sok az *Sn* a maradékolvadékban. Ismeretes, hogy platinafémek (*Pt*, *Pd*) a pneumatolitos és (pegmatitos) telepeken is megjelenhetnek (különösen molibdent tartalmaznak néhol jelentős mennyiségű platinafémek),[36]), [37]), [38]) de sok platinafémmel a savanyú frakciókban a platinacsoport sziderofil és kalkofil sajátságai miatt mégsem számolhatunk.

Érdekes továbbá, hogy az $U+^4$, amely fém pedig a fémtartományban jelen van, a kiszűrt ionok közt szerepel. E jelenség magyarázható a $Cu+^1$-val kapcsolatban feljebb már elmondottak szerint. Gondolhatunk azonban arra is, hogy az $U+^1$ helyett más *U*-ion szerepel, amelynek sugara az itt figyelembe vettől eltér, s ezért kiszűretlen maradhat.

A $Li+^1$ és a $Be+^2$ dúsulása jól beilleszthető az *Sn*-érctelepekről szóló ismereteinkbe. A $Mn+^2$ a kiszűrt ionok közé tartozik, ezzel szemben a hidrotermális ércesedésben a vasmangánkarbonátok elég jelentősek.

A bolíviai *Sn-Ag*-tartomány igen érdekes és nem egy tekintetben kivételes viselkedésű. Sajnos, hogy erről a nagy területről csak néhány analízis van, s ezért valószínű, hogy az ezek alapján számított »magma-középérték« a terület jobb kémiai feldolgozásával változni fog. A számított »magma-középérték«-re támaszkodva fő szűrő ionokul az $Si+^4$, $Al+^3$, $K+^1$, $Na+^1$, $Ca+^2$, $Fe+^2$ adhatók meg, de majdnem ugyanolyan mértékben, mint a pannóniai aranyos tartományban, tekintetbe jön itt még a $Mg+^2$ is. Érdekes módon (10. táblázat) a kiszűretlen ionok közt hiányzik a fémtartomány legfontosabb féme, az *Sn*! A szintén jellemző *W* és *Mo* helyesen adódik. E rendellenesség magyarázatában lehet először arra gondolni, hogy a szűrő szerepet játszó $Mg+^2$-ből csak kevés van, de ekkor felmerül az a kérdés, hogy a csak valamivel több $Mg+^2$-mal jellemzett fiatal pannóniai fémtartományban miért nincs *Sn*-dúsulás. Másodszor elképzelhető az is, hogy a mélyben jóval savanyúbb és *Mg*-szegényebb magmatömegek vannak, mint a felszínen és az *Sn*-gazdagság ezekből származik. Ezzel a lehetőséggel más vonalon mutatkozó jelenségek miatt már mások is számoltak. Ennek azonban bizonyos fokig ellentmondanak a fémtartomány pneumatolitos *Sn*-telepei, amelyek szorosabb genetikai kapcsolatban állanak a közvetlen kísérő eruptívummal. Harmadszor a nagy területhez viszonyítva igen csekély számú elemzésből számított »magma-középérték« nem teljesen helyes voltára is gondolhatunk az eltérés magyarázatában. Érdekes, hogy a platinafémek itt is a kiszűretlen ionok közé kerültek, és, bár a *Pt* és a *Pd* egyes pneumatolitos *Sn* paragenezisekben jelen van,[38]) a bolíviai *Sn-Ag*-telepeken nincs szerepük.

Végül vegyük még statisztikai vizsgálat alá a *bushveldi* fémtartományt (11—17. táblázat)! A platinafémek dúsulási viszonyait igen alaposan megvizsgálta itt *Schneiderhöhn H.*,[36]) részben Moritz J.-val együtt.[37]) Ezekre vonatkozó statisztikai vizsgálatunk az ő szép eredményeik kiegészítője lehet.

Fémes és átmeneti rácsok esetében a szűrés vizsgálatában a megfelelő atomsugarakat 10% megengedett eltéréssel vettük figyelembe.

Bushvelden elsősorban *platina, kromit, titanomagnetit, nikkel és ón-wolfram* előfordulásokkal találkozunk. A Bushveld-összlet bázisos, közepes és savanyú kőzettagokból áll, melyek övekbe csoportosíthatók: norit-diabázöv, bazális öv, kritikus öv, főöv, felsőöv és »red rocks«-öv. Az első négy öv bázisos, főleg gabbrós-noritos kőzetekből áll, a felsőöv kőzetei javarészt közepesek, sőt részben már savanyúak (granodiorit, kvarcdiorit, diorit, kvarcgabbró, granogabbró, diallággabbró), s végül a »red rocks«-öv savanyú gránitokból, granofirokból és felzitekből épül fel.

Nikkeltartalmú pirrhotintelepek (szegregátumok) ismeretesek a bazális övből, de még inkább a kritikusból (Merensky-horizont). Az utóbbi övben kiemeljük még az első kristályosodás során megjelenő kromittelepeket. Mindkét teleptípus platinafémeket is tartalmaz. Vannak még hortonolitdunit-tömzsökhöz, alárendelten pegmatitokhoz, sőt szkarnokhoz kötött (helyenként nikkelben is dúsabb) platinaelőfordulások is. A főövből titanomagnetit-telepeket említenek, a felsőövben arany-előfordulások ismeretesek, s végül a »red rocks«-övben *Sn-W*-előfordulások találhatók.

Az egyes övek statisztikai vizsgálatában kémiai alapul a *Burri C.* és *Niggli O.* művében[25]) megadott következő »átlagértékek« szolgáltak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg
Felsőöv közepese („Dachnorite")	190	25	39,5	19	16,5	0,3	0,09
Gabbróközép, főöv.....	117	22	43	30	5,o	0,1	0,66
Noritközép bazális és kritikus öv	114	23	49	23,5	4,5	0,1	0,72

A »red rocks«-övre vonatkozóan a *Niggli P.* és *Lombaard B. V.* »középértékét« adjuk[24]) víz figyelembevételével:

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe-Mn oxidok	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O
73.9	0.3	11.9	3.5	0.3	1.0	3.3	4.9	0.1	0.8

Ezek szerint a bazális, a kritikus és a főöv szűrő ionjai: $Si+^4$, $Al+^3$, $Fe+^3$ (11. táblázat). A felső övben (»Dachnorite«) *Burri C.* es *Niggli P.* kérdőjellel jelzett, tehát nyilvánvalóan nem teljesen pontos középértéke alapján az $Si+^4$, $Al+^3$, $Fe+^2$, $Ca+^2$ és $Na+^1$ szűrőhatására gondolhatunk (12. táblázat). A »red rocks« fő szűrő ionjai: $Si+^4$, $Al+^3$, $K+^1$ és $Na+^2$ (13. táblázat).

A kőzetek szűrőhatásán kívül figyelembe vettük még a bazális, kritikus és főövbeli szulfidos és oxidos telepek (15. táblázat), a diszkordans hortonolitdunitekkel kapcsolatos platinatelepek, a bazális és a kritikus övbeli szulfidos szegregátumok (17. táblázat) és kritikus övbeli kromittelepek (14. táblázat) hatását is.

A *bazális, a kritikus és a főövben* a táblázat szerint *kiszűretlen* marad a $Pt+^4$

$Pb+^2$, $Au+^1$, kevésbbé a $Cu+^1$ és az $Ag+^1$. Kívülük kiemelhető még a kiszűretlen ionok közül a $K+^1$, a $Be+^2$ és gyengébben még a $Li+^1$. A bazális és kritikus öv *szulfid-kiválásaiból kimarad* egyebek közt az *Au*, *Pb*, *U*, *Th* ritka földfémek a szegregátumos ércásványokba viszont beléphetnek — *Schneiderhöhn és Moritz* vizsgálatai szerint [36]), [37]) — a platinafémek. Fontos *Schneiderhöhn* és *Moritz* ama megállapítása, hogy a platina-felhalmozódásokat tartalmazó szulfidpiroxenitekben és dunitokban nincs számbavehető platinafémszilikátokhoz kötve. Szerintük nincs itt mód a platinafémeknek a szilikátokban való izomorf felvételére. A legfiatalabb szilikátban, a plagioklászban nem lehetett platinát kimutatni. Átlagban a diallág, a hortonolit, a hialosziderit, amfibol és csillám próbáiban +1 g/t nagyságrendben volt platina. Az egyes ásványoknak egy bizonyos platinafém iránti fogékonysága nem tűnt ki. A csekély platinatartalom nem beépült, hanem termésállapotú, bár szerintünk az $Fe+^3$ bizonyos szűrőhatása platinafém-ionokban (pl. a barna csillámokban, a diallágban) elképzelhető (a $Pt+^4$-nek a rendelkezésemre álló irodalomban talált 0,5 Å ionsugarát kissé kicsinek érzem a vele közel rokon $Ru+^4$, $Ir+^4$ jóval nagyobb sugárértéke alapján). A plagioklász platinamentességét, a nem megfelelő ionsugárral is lehet indokolni. Az alkalmas szilikátok platinaszegénységét *Schneiderhöhn* megállapítása magyarázza, hogy a platinafémek a szulfidpiroxenitekben határozottan kalkofil sajátságúak, s ezért kén jelenlétében folyékony állapotban elkülönülő szulfidolvadékba mennek. Kénmentesség esetében viszont termésállapotban kristályosodnak, vagyis sziderofil jellegük érvényesül. A pirrhotin-kiválásokat *Schneiderhöhn* aranytartalmúnak találta. Minthogy az arany atomsugara a vasétól tetemesen eltér, az aranyat csak nemizomorf módon beépítettnek tarthatjuk. A kromitokban is elvileg elképzelhető az ionsugarak alapján platinafémek izomorf beépülése. *Schneiderhöhn* azonban a megvizsgált platinatartalmú szulfidpiroxénit kromitjában nem talált platinát vagy más nemesfémet,[36]) az üde dunitokban pedig az ő és *Moritz H.* vizsgálatai szerint a kromit termésállapotú platinát tartalmaz.[37]) Az első esetben tehát a platinának kalkofil, a másodikban pedig sziderofil sajátsága érvényesül.

A *felső öv* (»Dachnorite«) átlagértékei nem teljesen biztosak. A *kiszűretlen ionok* között ott van az $Au+^1$ és kisebb jelentőséggel az $Ag+^1$ (12. táblázat). Egybevetve az eredményt az aranyos ércesedés optimumára talált magmasavanyúsággal, gyengébb aranyos ércesedés várható a felső övvel kapcsolatban. Valóban ismeretes is egyébként nem túl jelentős likvidmagmatikus-pneumatolitos, átmeneti származású aranyos ércesedés (Waaikraalnál, Potgietershoogtenál, Zoutpansdriftnél) ez övből.

A *»red rocks«-öv kiszűretlen ionjai* közt megtaláljuk a jellegzetes $Sn+^4$, $W+^4$, $Mo+^4$ fémtársaságot, a ritka földfémeket, s érdekes módon a platinafémeket is (13. táblázat).

Megvizsgáltuk a platina (mint fő platinafém) s a palladium szűrőhatását is (17. táblázat).

A teljesség kedvéért adjuk még a főöv titanomagnetit telepeiből kiszűrethetőnek minősíthető ionok összeállítását is (15. táblázat).

A szűrő hatásra épített elemdúsulási képet a bushveldi tartományban kielégítőnek tarthatjuk.

Az egyes fémtartományokhoz kapcsolódó kőzettartományok átlagos modális összetételét vizsgálva, lényeges különbséget találunk az *Sn*- és az *Au*-tartományok közt. Előbbiekben a *Ca*- és *Mg*-tartalmú szilikátok erősen a háttérbe szorulnak, sok a kvarc és a káliföldpát. Az *Au*-tartományokban viszont a kvarc általában alárendeltebb, a káliföldpát legfeljebb közepes mennyiségű és a *Ca—Mg* szilikátok gyakoribbak. Ha az ionszűrést a modális összetételre támaszkodva vizsgáljuk, hasonló eredményekhez jutunk, mint a kémiai úton. A modális összetételre épített vizsgálat a kőzettartomány uralkodó ásványainak »szűrőhatásával« számol. A lényeges vagy álcázott elembeépülésre vonatkozó irodalomnak most csak két olyan dolgozatát idézzük, melyek tárgya az általunk figyelembe vett tartományokkal kapcsolatos. Az egyik *Ottemann J.*-nek a Harz-hegységgel kapcsolatos,[39]) a másik pedig *Moritz H.*-nak *Brown J. Ch.* cikkében közölt cornwalli vizsgálata lesz.[40])

Vegyük szemügyre először *Ottemann J.* kvalitatív színkép-elemzési vizsgálatait a *Harz-hegységben.* E vizsgálatok főleg az *Sn elterjedését* nyomozták egyes kőzetalkotó ásványokban, de egyéb nyomelemekre is kiterjedtek. Ezekből kiderült, hogy legtöbb *Sn*-t a gránitok biotitjában lehetett kimutatni. Aránylag nagy *Sn*-tartalmúnak bizonyult még a turmalin és az albit. Lényegesen kevesebbet tartalmazott belőle a kvarc, a plagioklász és az ortoklász. *Ottemann* mondja: »Die Verteilung des Zinns... würde sich kristallchemisch derart erklären, dass in den fluorhaltigen Glimmern und Turmalin beim Kristallisationsvorgang nicht nur das Fluor, sondern auch das Zinn in das grosse, komplizierte und damit gegen fremde Bausteine unempfindliche Kristallgitter eingebaut wird.« Szerény nézetünk szerint a biotit és a turmalin esetében számolhatunk a megfelelő ionnagyság szűrőhatásával is $Mg+^{2}$—$Sn+^{4}$. Az *Sn* jelenlétét a plagioklászban *Ottemann* az $Sn+^{2}$ ionnak a $Ca+^{2}$ helyére belépésével magyarázza. Ez a magyarázat, úgy gondoljuk, az albit esetében is elképzelhető, mert a $Na+^{1}$ helyére az $Sn+^{1}$ nagyobb töltése folytán ugyancsak beléphet. Ami pedig az *Sn*-nek az ortoklászba való belépését illeti, azt esetleg $Sn+^{1}$-nek a $K+^{1}$ helyére való belépésével lehetne magyarázni. *Ottemann* vizsgálataira támaszkodva is kitűnik, hogy a dúsulásban felmerülő kérdésekre aligha felelhetünk meg egyszerű sablon alapján.

Nézzük meg *Moritz H.*-nak a *redruthi East Pool Mine* pneumatolitos és hidrotermális *Sn*-telepei, valamint a kísérő gránitok egyes ásványaira vonatkozó színkép-elemzési vizsgálatait is.[40])

A kimutatott fémek a következők: *Cu, Zn, Pb, Li, Be, Sc, Ga, Ge, Cr, W, Mo, V, Sn, Ti, Zr, Ce, La, Pr, Nd, Ta, Ni, Fe, Mn.* A megvizsgált ásványok: biotit, kvarc, »fakult biotit«, zinnwalditszerű csillám és turmalin a gránitból,

kassziterit, wolframit, turmalin fluorit a pneumatolitos ércesedésből, kassziterit kvarc és klorit pedig a hidrotermálisból. A *gránitkvarcban* kevés *Ti*, *V*, *Cr* és *Mn* van, jelentősebb *Sn* és *Fe* nem volt kimutatható. A *biotitban:* lényeges *Fe*, jelentős *Mn*, *Cr* és *V*, kevés *Ti*, *Ga*, *Sn* és *W* van. A »fakult biotitban« az *Fe* jelentős, a *Mn*, *Cr*, *V*, *Sn* és *Ti* kevés, némi *Sc* és több *Ga* mint a biotitban. A «zinnwalditszerű csillámban« jelentékeny *Fe* és *Li* van, a *Sc*, *V*, *Mo* és *Sn* hiányzik. A turmalinban kevés *Cu*, *Ga*, *Ti*, *Mn* és *Fe* volt kimutatható.

Vegyük szemügyre most a *gránitásványok* »*szűrési*« viszonyait. A *kvarcban* az $Si+^4$ a szűrő ion, a *V* mint $V+^5$ és esetleg a *Ti* mint $Ti+^4$ léphet az $Si+^4$ helyére, a *Cr*, a *Mn* és a *Fe* pedig a rácshoz nem tartozó hozzáelegyedésnek vehető. A *biotit* fő szűrő ionjai a $Si+^4$, $Al+^3$, $Fe+^2$, $K+^1$, $Mg+^2$. Ez ionok lehetővé teszik a biotitban kimutatott összes elemek beépülését. Ugyancsak beépüléssel magyarázható a »*fakult biotit*«-ból kimutatott elemtársaság jelenléte is. A »*zinnwalditszerű csillám*« fő szűrő ionjául valószínűleg a $Si+^4$, $Al+^3$, $K+^1$, $Li+^1$, $Fe+^2$ jöhet számításba. A *V* és *Sc* hiánya feltűnő, s az *Sn* teljes hiánya is nehezen érthető. Úgy látszik, hogy a töltésben mutatkozó nagy eltérés a beépülésben nehézséget okoz akkor is, ha nagyobb töltésű ion beépüléséről van szó. A turmalinból megadott elemek esetleges beépülésének akadálya nincs.

Eddigi statisztikai vizsgálódásunk eredményeképen megállapíthatjuk, hogy, bár az ionoknak vagy atomoknak az egyes tartományok »*magma-középértékére*« támaszkodó szűrő hatása általában a valóságban sokban megfelelő képre vezetett, nehézségek tagadhatatlanul mutatkoznak. Ennek oka egyrészt az lehet, hogy a használt »*magma-középértékek*« csak közelítők, a magma teljes összetétele, valamint a magma-elkülönülés egyes részfázisai és irányai nem elég pontosan ismertek, másrészt, hogy a könnyen illó komponensek nagy szerepét a dúsulási folyamatokban a *Goldschmidt-féle* vonalon haladó vizsgálódások, főleg az ezekre vonatkozó részletadatok hiányában eddig még nem vehették figyelembe.

Összefoglalás

A magmatikus származású érctelepek genetikai rendszerét — elsősorban *Schneiderhöhn* rendszerét, amely *Niggli P.*, *Lindgren W.* és *Vogt J. H.* »klasszikus« eredményeit is felhasználja — érdemes lenne a kapcsolatos kőzettartományok figyelembevételével jobban kiépíteni. Kőzet és érc a mi felfogásunk szerint is a magmának egyenlő rendszertani értékű származéka (érc = kőzet, érctelep = kőzettest, ércásvány + telérkísérő = kőzetalkotó elegyrész), azért úgy véljük, hogy amennyire lehetséges, egységes szempontok szerinti tárgyalásuk indokolt.

A kőzeteket, illetve magmákat rokonsági viszonyaik alapján sorokba foglalták. Különösen jól bevált a *Niggli P.*-féle alkálimész-, nátron- és kálisorba történő hármas tagolás. Ha azonban a kőzetek rendszerezésében felhasználjuk a három fősorra történő felosztást, akkor már csak következetességből is keresztül kellene vinni a hármas tagolást az érctelepek rendszerezésénél is. Amint a

kőzetek ásványos és kémiai összetételében bizonyos eltérések jelzik az egyik vagy másik fősorba tartozást, ugyanúgy a különböző fősorok magmáihoz kapcsolódó ércek ásványos és kémiai összetételében is várhatók olyan különbségek, amelyek a kőzetekhez hasonlóan elárulják az érctelepnek egyik vagy másik fősorhoz tartozását, s így lehetővé teszik a magma-kemizmusnak az érctelep-rendszerbe való beépítését. Még biztosabban lehetséges a telepek és a magmák rokonsági kapcsolatainak felismerése akkor, ha egy telep helyett teljes fémtartományt vizsgálunk meg.

A fenti cél első lépésként ismert *Sn-* és *Au*-fém- és kőzettartományokat vettünk vizsgálat alá. *Sn-tartományok:* Közép-német Variszcikum, Cornwall (Dartmoor), Bushveld és Bolívia, *Au-tartományok:* a fiatal pannóniai és az észak-amerikai Cordillerák fiatal mezozoós-harmadkori tartománya. Az összehasonlító vizsgálat a kőzetek modális és kémiai, valamint az érctelepek ásványos és kémiai sajátságai alapján történt. Az egyes tartományok kőzetelemzéseire támaszkodva megállapítottuk az »*átlagmagma-összetételt*« vagy a »*magma-középértéke*« és az *átlagos magmaelkülönülést* (= a szokásos elkülönülési diagramm grafikusan kiegyenlítve). Az »átlagos magma-elkülönülés« helyett a folyamat időbeli lefolyását, vagyis a részmagmák egymásutánját is figyelembevevő jellemzés lenne a jobb, ennek megszerkesztése azonban kellő adatok hiányában nem lett volna minden tartományban keresztülvihető, azért ettől egyelőre el kellett tekintenünk.

Vizsgálataink eredményeképen állítható, hogy a figyelembe vett tartományok kőzettársaságának, ásványos összetételének, az átlagmagma-összetételnek (a magma-középértéknek) s az átlagos magma-elkülönülésnek változásai az ércesedés ásványos és kémiai különbségeivel vonatkozásba hozhatók.

Az *Sn*-kőzettartományok ismert savanyúságát szembeállíthatjuk az *Au*-kőzettartományok nagyobb bázisosságával. Vizsgálataink szerint az *Sn*-kőzettartományok »*átlagsavanyúságát*« SiO_2 67—74%, illetve *si* 300—420, az *Au*-tartományokét pedig SiO_2 60—65%, illetve *si* 200—250 értékűnek adhatjuk meg. A savanyúság-eltérésén kívül igen lényeges különbség a két fémtartománytípus eltérő magmafősorhoz tartozása. A megvizsgált tartományok közül a pacifikus jellegű *Au*-kőzettartományokkal szemben a legtípusosabb *Sn*-tartományok már gyengén mediterránok. Ha az átlagdifferenciáció, az *Au*-ra kedvezőnek talált *si* 200—250 savanyúsági területen erős pacifikus jellegű, akkor jelentős arany-ércesedés jelentkezik, ha a telep-képződéshez szükséges egyéb feltétel is teljesül (kivétel Cripple Creek). A *wolfram* előfordulhat mind az aranyos, mind pedig az ónos, vagyis pacifikus és mediterrán tartományokban. Gyakorisága a mediterrán jellegnek a pacifikus rovására való erősödésével, valamint a savanyúság növekedésével együtt jár.

Nagyjában ugyanez áll a *molibdenre* is. A *wolfram* és a *molibden* fellépte és a teleppel genetikai kapcsolatban álló kőzetek földpátjainak kálijellege közti összefüggésre *Gallagher D.* mutatott rá.[18]) Az ezüst, az ólom, a cink és a réz

mindkét fősor bizonyos telepeiben otthon lehet. A részletesebben megvizsgált *si* 200—420 savanyúság-közben szinte minden savanyúságnak megfelelő középérték mellett dúsulhat telepekben ez a négy fém. A bizmut mediterrán és pacifikus tartományban egyaránt felléphet, de úgy látszik, hogy a mediterránban mégis valamivel dúsabb, mint a pacifikusban. Az urán megjelenésének a nagyon savanyú mediterrán magma kedvez. A germanium is szívesen dúsul savanyú mediterrán magmák telepeiben.

A magma megfelelő összetétele egymagában még nem elég érctelepek létrejöttéhez, ehhez a magma-elkülönülés kedvező menetén kívül egyéb feltételek teljesülése is szükséges. Így megfelelő intruziószint, az ércek számára lerakódási helyeket teremtő szerkezet, esetleg a mellékkőzet reakcióképes volta stb. A kémiai alap a feltételeknek csak egyike, de azt hisszük, a legfontosabb. Az első »conditio sine qua non«.

Tisztában vagyunk azzal, hogy előadott, nem sok tartományra vonatkozó megállapításunk nem vehető teljes pontossággal bizonyítottnak. Még számos tartományt kell a követett szempontok szerint feldolgozni, s a vizsgálatokat az általunk eddig még nem tárgyalt atlanti tartományokra is kiterjeszteni. Szükségesnek érezzük továbbá a jövőben. a különböző telepek gyakoriságának statisztikai megállapítását is, valamint az egyes telepek összetételének a ma szokásosnál sokkal pontosabb meghatározását az egyes fémtartományokban. A nyert eredmények kiértékelésében és összehasonlításában az egyes tartományok eltérő *pt* viszonyait is figyelembe kell majd vennünk.

A vizsgálat alá vett *Sn*-fémtartományhoz kapcsolódó kőzettartományok mediterrán jellegének kihámozásához szükség volt a tartományok magmáinak *Niggli* magmatípusaival való egybevetésére. Úgy véljük, hogy a kálisornak *si* 350 értékű rapakivit-típussal való lezárása nem egészen meggyőző, ezért a kálisor megfelelő savanyú kiegészítése kívánatosnak látszik. Így az *Sn*-tartományok »gránitos« magmáinak a másik két fősorba (»alkáligránitos«, »alkáligránitaplitos«, »engadinitgránitos«) csak bizonyos kényszerrel való beillesztése valószínűleg megszűnnék, s a kálisor magmái közt lehetne helyüket kijelölni.

Az *Sn* és *Au* magmatörzsek elválasztását statisztikai vizsgálódásunk során megállapított számértékek megadásával is megkíséreltük a megvizsgált tartományok esetében. E célra különösen alkalmasnak találtuk a *si* és *c*, továbbá a *k. alk/c* és *k. alk-c.* összefüggéseket. A megszerkesztett három diagramm tanúsága szerint az *Sn* és az *Au* tartományok jól elhatárolhatóknak mutatkoznak. A két tartománytípus mezőjét a diagrammokban elválasztó vonal értékeinek figyelembevételével számszerűen jellemeztük a kémiai eltéréseket, s az ilymódon nyert értékeket 3 táblázatban foglaltuk össze.

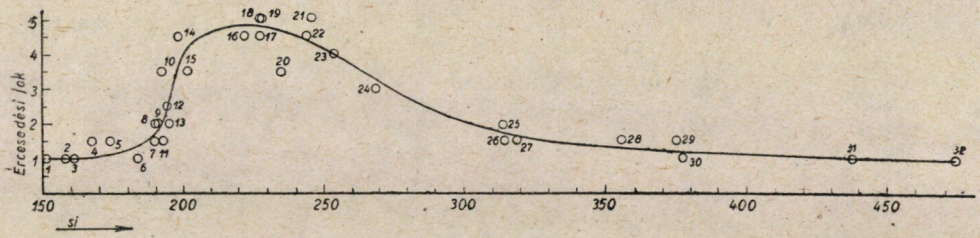
A két tartományt pus kőzeteinek modális (vagy ahol ilyen nem állt rendelkezésünkre, ásványos) összetételéből is lényeges különbségek adódnak az *Sn*-tartományok mediterrán és *Au*-tartományok pacifikus jellegének megfelelően. Az előbbiekben a *Ca* és *Mg* szilikátok ismeretesen erősen a háttérbe szo-

rulnak, sok a kvarc és alkáliföldpát, közülük uralkodik a káliföldpát, a turmalin, a topáz gyakori járulékos elegyrész. Az *Au*-tartományokban viszont a kvarc általában csak közepes mennyiségű, uralkodó a közepes vagy bázisos plagioklász, a káliföldpát hiányzik vagy csekély mennyiségű, a *Ca—Mg* szilikátok gyakoriak és elég jelentősek (kivéve Cripple Creek).

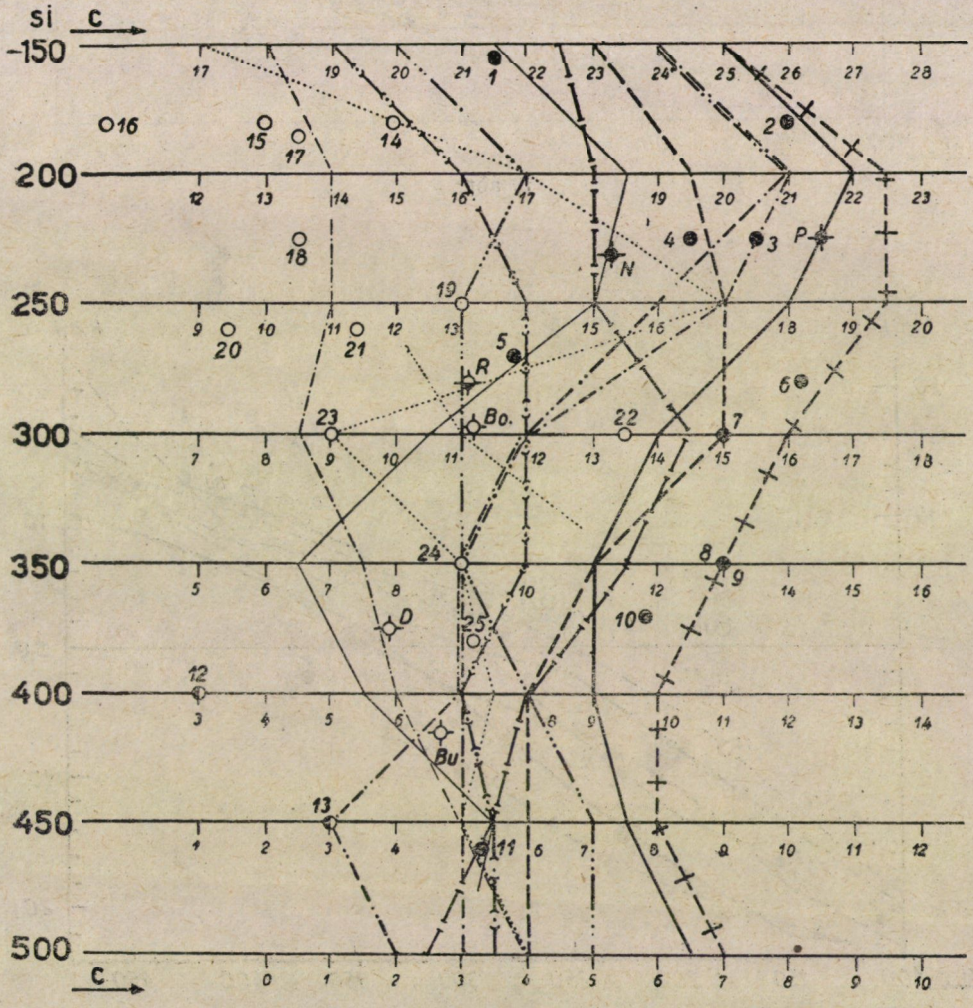
Az érctelepek anyagának származását és fémeinek dúsulását illetően statisztikai vizsgálatokat végeztünk a *Goldschmidt V. M.*-féle geokémiai eloszlási törvények alapján. Ilymódon a magma liquidmagmatikus vagy kristályosodási elkülönülései során beálló fémdúsulások lehetőségét tanulmányoztuk. A liquidmagmatikus elkülönüléseknél az elemek sziderofil, kalkofil vagy litofil sajátságaira építettünk, a kristályosodási elkülönülések során pedig az elemeknek a kristályrácsokba (ion- vagy atomrácsokba) való betelepülését tettük alcázott vagy nyomelem alakjában is statisztikai vizsgálódásunk tárgyává. E célból az egyes fém- és kőzettartományok »magma-középértékei« (a Bushveld tartományban az öveket és egyes telepeket különválasztva) alapján megállapítottuk a »főionokat« (illetve a »főatomokat«), s ezeknek »kiszűrő« hatását vettük szemügyre elsősorban az ion(atom-) sugár nagyságokra és töltésükre támaszkodva. Feltevésünk szerint ugyanis a kristályosodás korábbi fázisában egy elemnek a rácsba való beépülése vagy kiszűrése akár lényeges komponens, akár alcázott vagy nyomelem alakjában, nagytömegű kristálykiválás esetében későbbi fázisban való dúsulási lehetőségét nyilvánvalóan rontja vagy gyakorlatilag kizárja. A be nem épülő, »kiszűretlen« fémek az előbbivel ellentétben éppen a maradékban dúsulhatnak. A liquidmagmatikus telepek ásványaiban a »kiszűrt« elemek beépüléssel dúsulnak, de a kiszűretlenek dúsulása is lehetséges bizonyos feltételek mellett sziderofil viselkedés esetén *(Schneiderhöhn H.)* A *Goldschmidt*-féle vonalon megvizsgált fém- és kőzettartományok a következők: a pannóniai fiatal *Au*-tartomány, Cornwall *Sn*-tartományának dartmoori része, a bushveldi összlet *Pt*- és *Sn*-telepes része, Bolívia *Sn*-tartománya.

A »szűrőhatás« statisztikai vizsgálata számos esetben az ércesedésnek megfelelő eredményekre vezetett, de itt-ott mutatkoznak bizonyos nehézségek is. Ezeknek oka lehet pl. a használt statisztikai módszer átlagképet szolgáltató jellege, a könnyen illó komponensek telepképző szerepének figyelmen kívül hagyása, a magmák anyagi összetételének, történetének nem teljesen pontos ismerete stb.

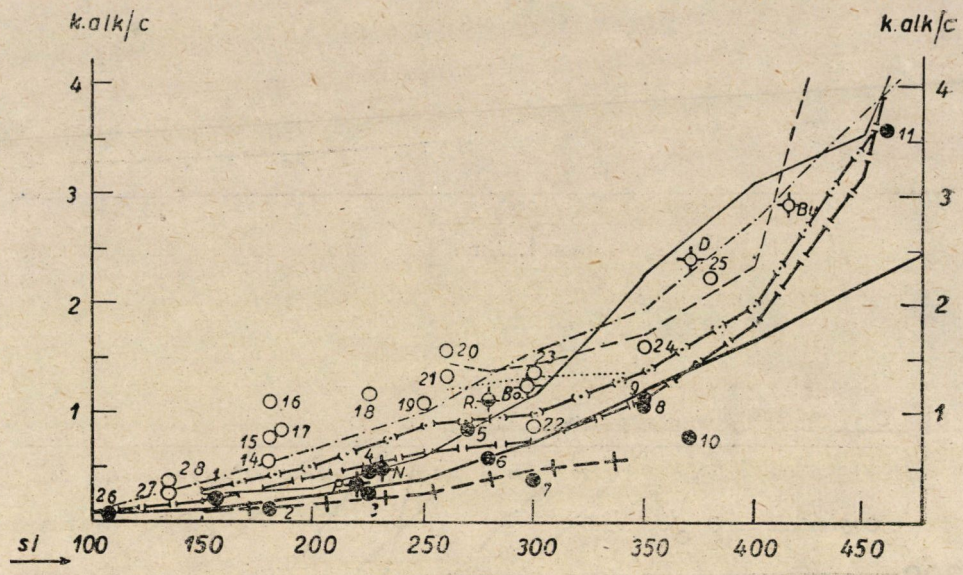
A hosszadalmas számítások elvégzésében nagy segítségemre volt *Frauenhoffer Kristóf* bányamérnök, egyetemi tanársegéd, továbbá *Nagy Károly* szig. bányamérnök, egyetemi demonstrátor és *Széchenyi Beatrix* okl. tanítónő.


Ércesedési fok
si
150
200
250
300
350
400
450

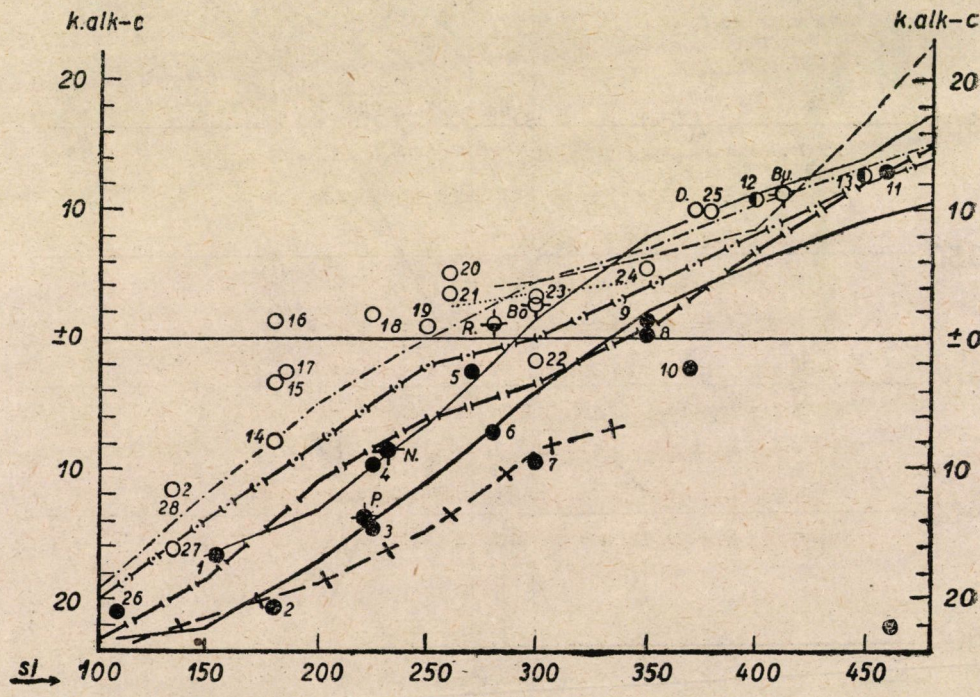
1. ábra.


si
c
-150
200
250
300
350
400
450
500
N
P
R
Bo.
D
Bu

2. ábra.


k.alk/c
k.alk/c
4
3
2
1
si
100
150
200
250
300
350
400
450
D
Bu
R.
Bo
N.
P.

3. ábra.


k.alk-c
k.alk-c
20
10
±0
10
20
si
100
150
200
250
300
350
400
450
D.
Bu.
R.
Bo
N.
P.

4. ábra.

Magyarázat az 2-4 ábrákhoz.

Au-kőzettartományok

Pelée-Lassen Peak tipus — + — + —

Electric Peak tipus ———————

Sierra Nevada (effuziv kőzetek) tipus —.—.—.—.—

San Francisco Mts. tipus ——..——..——

Yellowstone Park tipus —...—...—...—

Rosita tipus .....

Fiatal pannóniai tartomány ————————

Északamerikai Cordillerák —|—|—|—|—

Sn-kőzettartományok

Középnémet Variszcikum —.—.—.—

Dartmoor — — — —

Bushveld ————————

Bolivia ....

Az Au- és Sn-mezők elválasztó vonala —·—·—·—·—

● 1-11 és 26 Niggli pacifikus magmatipusai

◐ 12-13 Niggli atlanti magmatipusai

○ 14-25 és 27-28 Niggli mediterrán magmatipusai

⊕ P a pannóniai tartomány magmaközépértéke

⊕ N az Északamerikai Cordillerák magmaközépértéke

⊕ D Dartmoor Sn-tartomány magmaközépértéke

⊕ Bu a bushveldi „red rocks" magmaközépértéke

⊕ Bo a bolival Sn-tartomány magmaközépértéke

⊕ R Rosita Hills magmaközépértéke

5. ábra.

IRODALOM

[1]) *Vendel Miklós:* Studien aus der jungen karpatischen Metallprovinz. I. Teil. Zusammenhänge zwischen den Magmen und den jungen Gold-Silber- und verwandten Vererzungen. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der ung. Palatin Joseph Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften. Sopron, 16. 1944—1947. p. 194—319.

[2]) *P. Niggli:* Gesteins- und Mineralprovinzen. I. X—XVI. és 1—602. 1923.

[3]) *De Launay L.:* Traité de Metallogénie. Gites Minéraux et métallifêres etc. I. Paris et Liège. 1913.

[4]) *P. Niggli:* Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagerstätten. Abh. prakt. Geol. I. 1—69. 1925.

[5]) *H. Schneiderhöhn:* Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. I. 1—858. 1941.

[6]) *H. Schneiderhöhn:* Bildungsgesetze eruptiver Erzlagerstätten und Beziehungen zwischen den Metallprovinzen und den Eruptivgesteinsprovinzen der Erde. Metall und Erz. *22.* 267—274. 1925.

[7]) *A. F. Buddington:* Correlation of kinds of igneous rocks with kinds of mineralization. Ore deposits of Western States. Lindgren Volume. First Edition. New York. 1933. 350—385.

[8]) *W. Lindgren:* Mineral Deposits. 1932. Fourth Edition. 1—930.

[9]) *F. Wernicke:* Die primäre Erzverteilung auf den Erzlagerstätten und ihre geologischen Ursachen. Halle. 1—173. 1933.

[10]) *H. G. Ferguson* és *A. M. Bateman:* Geologic Features of Tin Deposits. Econ. Geol. 7. 209—262. 1912.

[11]) *J. Westerveld:* The granites of the Malayan tin-belt compared with tingranites from other regions. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam. *39.* 1199—1209. 1936.

[12]) *G. Berg:* Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Leipzig. 1929.

[13]) *W. Petrascheck:* Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. *141.* 195—242. 1932.

[14]) *W. Petraschek:* Die alpine Metallogenese. Jb. d. Geol. Bundesanst. 129—149. 1945.

[15]) *O. Friedrich:* Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Z. Berg-Hütten-, Salinenwesen *85.* 241—253. 1937.

[16]) *V. M. Goldschmidt:* Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. I—IX. Vidensk. Skrifter 1923—1939.

[17]) *V. M. Goldschmidt:* The principles of Distribution of Chemical Elements in Minerals and Rocks. Journ. of the Chem. Soc. I. 655—673. 1937.

[18]) *D. Gallagher:* Albite and gold. Econ. Geol. *35.* 698—736. 1940.

[19]) *H. L. Vogt:* Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationsprozesse in basischen Eruptivmagmata. Z. f. prakt. Geol. 4—11, 125—143, 257—284. 1893.

[20]) *P. Niggli:* Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. Leipzig. 1—272. 1930.

[21]) *P. Niggli:* Das Magma und seine Produkte. I. 1—379. 1937.

[22]) *E. Tröger:* Chemismus und provinziale Verhältnisse der variskischen Gesteine Mitteldeutschlands. N. Jb. f. Min. usw. Beil. Bd. *60.* Abt. A. 1—110. 1930.

[23]) *A. Brammall* és *H. F. Harwood:* The Dartmoor Granites: their Genetic Relationships. Quart. Journ. Geol. Soc. of London. *88.* 171—237. 1932.

[24]) *P. Niggli* és *B. Lombaard:* Das Bushveld als petrographische Provinz. Schweiz. Min. Petr. Mitt. *13.* 110—186. 1933.

[25]) *C. Burri* és *P. Niggli:* Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens I. Zürich. 1—654. 1945.

[26]) *R. Kozlowski* és *S. Jaskolski:* Les gisements argento-stanniféres d'Oruro en Bolivie. Arch. Min. Tow. Nauk. Warszawskiego. *8.* 1—100. 1932.

[27]) *Fr. Ahlfeld:* Die Erzlagerstätten in der tertiären Magmaprovinz der bolivianischen Zentralanden. N. Jb. f. Min. usw. Beil. Bd. *65.* Abt. A. 285—354. 1932.

[28]) *W. Lindgren:* Replacement in the tin bearing veins of Caracoles, Bolivia. Econ. Geol. 21. 135—144. 1926.

[29]) *C. Burri:* Chemismus und provinziale Verhältnisse der jungeruptiven Gesteine des pazifischen Ozeans und seiner Umrandung. Schweiz. Min. Petr. Mitt. *6.* 155—199. 1926.

[30]) *F. Wolff:* Der Vulkanismus. Halle 1929.

[31]) *W. Cross:* Geology of Silver and the Rosita Hills. Colo. XVII. nn. U.S.A. Rep. Geol. Surv. Part II. 263—403. 1895—1896.

[32]) *F. Quervain:* Die jungen Eruptivgesteine der pannonischen Senke und ihrer Umrandung. Schweiz. Min. Petr. Mit. *7.* 1—27. 1927.

[33]) *F. Beyschlag, P. Krusch* és *J. H. Vogt:* Die Erzlagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine usw. 2. Aufl., I. 1—578. 1914. II. 1—916. II 1921

[34]) *Náray-Szabó I.:* Kristálykémia. Budapest. 1—272. 1944.

[35]) *Szádeczky-Kardoss E.:* Erzverteilung und Kristallinität der Magmagesteine im innerkarpathicshen Vulkanbogen. Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der kgl. ung. Palatin-Joseph-Universität für techn. und. Wirschaftswissenschaften. Sopron. *13.* 273—306. 1944.

[36]) *H. Schneiderhöhn:* Erzmikroskopische und spektrographfische Untersuchung von platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bush v eld Igneous Complex, Transvaal. Chemie d. Erde *4.* 252—286. 1929.

[37]) *H. Schneiderhöhn* és *H. Moritz:* Spektrographische Untersuchungen über die Verteilung der Platinmetalle in den Mineralien der südafrikanischen Platinlagerstätten. Siebert-Festschrift, Hanau. 1—288. 1913.

[38]) *V. M. Goldschmidt* és *Cl. Peters:* Zur Geochemie der Edelmetalle. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-Phys. Kl. Fachgr. IV. Nr. 26. 377—401. 1932. Ref. N. Jb. f. Min. usw. I. 152—153. 1933.

[39]) *J. Ottemann:* Untersuchungen zur Verteilung von Spurenelementen, insbesondere Zinn, in Tiefengesteinen und einigen gesteinsbildenden Mineralien des Harzes. Zeitschr. F. angew. Min. *3.* 142—169. 1914.

[40]) *J. Ch. Brown:* Lagerstättliche und erzmikroskopische Untersuchung der Zinnergänge der East Pool-Mine bei Redruth in Cornwall. N. Jb. f. Min. usw. *68.* Beil. Bd. Abt. A. 298—336. 1934.

[41]) *Fersman A. E.:* »Az Unió geokémiai problémái. — Első ismertetés: Az Unió geokémiájának alapvonalai« 2-ik kiadás. Hasznos ásványok sorozat a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának kiadása. Leningrád, 1931. 39 lap, térképpel. A Szovjetunió geokémiai vázlata.

[42]) *Vendel Miklós:* Összefüggések a Kárpáthegyrendszer magmatikus származású fiatal arany-ezüst és rokon (szulfidos) ércesedései és magmái közt. Bányászati és Kohászati Lapok. 1947. *80.* 289—801.

[43]) *J. C. Sullivan:* Ore and granitization. Econ. Geology *43.* 471—498. 1948.

HOZZÁSZÓLÁSOK VENDEL MIKLÓS ELŐADÁSÁHOZ

FÖLDVÁRI ALADÁR egyetemi ny. r. tanár:

A magyar kőzettanban az utolsó évtizedekben ilyen nagyvonalú szintézist még nem hallottunk. Az elmúlt években az üledékes kőzetek vizsgálatával kapcsolatban többen végeztek úttörő munkát, azonban ebben a külföldön is igen nagy érdeklődést keltő témakörben magyar szerző ilyen nagyvonalú munkát eddig nem végzett. A legrégibb időktől kezdve keresték a bányászok és az érckutatással foglalkozó geológusok az ércelőfordulások törvényszerűségeit. Az új irányzatok, különösen a geokémiai irányzat, amelynek legjelentősebb képviselői a nálunk is jól ismert *Vernadszkij* és *Fersman* szovjet kutatók, kémiai irányban vezették az érctelepek előfordulásaival kapcsolatos vizsgálatokat. A kémiai rendszertant meglehetős részletességgel kiépítették, de az érctelepekre vonatkozólag csak minőségi vizsgálatokat végeztek. Az érctelepeknek pontos kémiai adatok alapján a kőzetek rendszerébe való besorolása eddig még nem történt meg. A két birodalom, a kőzetek és az érctelepek, belső kémiai rokonságának részletes kidolgozására ez az első próbálkozás. Egészen bizonyos, hogy ez az irányzat még évtizedekig fogja foglalkoztatni a kutatókat és meghaladja egy ember munkateljesítményét. A kőzetek kémiai rendszerének kiépítése a C. I. P. W.-rendszertől kezdve folyamatosan fejlődött a *Niggli*-féle rendszerig, ugyanígy a teleptani rendszereknek a kiépítése is hatalmas munkaterülete lesz a következő évtizedeknek.

Az előadó kifejtette, hogy a két birodalom összefüggése egészen biztos. Nemcsak elméleti jelentősége van e rendszer kiépítésének. *Vendel Miklós* akadémikus előadásában említette, hogy csak a két legtipikusabb példát a teleptani vonalon jól ismert ón- és aranyérctelepek előfordulásait dolgozta ki és nagy lelkierőt tanusító önmegtagadással rámutatott azokra a jelenségekre, ahol rendszerében még bizonyos hézagok jelentkeznek. Ezek azonban a további kutatások alapján szintén megoldást nyernek. A Rosita-hegységi ércesedések látszólag két kőzettartomány jellegeit mutatják és típuskeveredést jelentenek, amelyet talán kőzetek beolvasztása okozhatott. A kőzetek közt ezt a típuskeveredést — pl. mészkő stb. beolvasztásával pacifikus típusú magmáknak az atlanti típus felé való átmenetét — bebizonyították. Ha a vizsgálatok folyamán nemcsak ezt a két jellemző szélsőséges tartományt, hanem másokat is részletesen kidolgoznak kémiai szempontból, további részleteket fognak megvilágítani. A kőzetkémikusok is csak később kezdték finomítani rendszerüket. Lesznek azonban bizonyos érctelepek, amelyek átmeneti helyzete továbbra is eldönthetetlen marad. A vezérásványok például (»Leitminerale«) nem minden esetben fognak megjelenni. Kétségtelen, hogy az atlanti tartomány kőzetei

is, amelyekkel csak csekély ércesedés kapcsolatos, fognak jellemző ércteleptípusokat adni. Az erdélyi nefelin-szienit magmacsoportoknál pl. sikerült kimutatni ércesedést (molibdén, pirrhotin, kalkopirit társulást). *Vendel Miklós* kutatásai még az évtizedek óta megkövesedettnek látszó kőzetrendszerben is új feléledést indítanak meg. Az elmondottak *Vendel Miklós* előadásának elméleti részére vonatkoznak.

A gyakorlat szempontjából beláthatatlan következményekre számíthatunk. A bányászok és az érckutatással foglalkozó geológusok számtalanszor voltak abban a helyzetben, hogy bizonyos kőzetterületen nem tudták eldönteni, hogy megindítsák-e a kutatásokat vagy sem. Ez a kémiai rendszer igen sok esetben olyan ellenőrző számítást ad majd a kezükbe, amellyel előre megmondhatják, hogy egy-egy vidék bizonyos ércek szempontjából reménytelen-e vagy sem. Az érdekelt kutató kartársak nagy örömmel üdvözlik ezt a kémiai fegyvert, amelyet *Vendel Miklós* ad a kezükbe.

Nemzetgazdasági szempontból óriási jelentősége van annak, ha kutatásaink során befektetéseket meddő vidékre nem fordítunk, hanem valamennyi erőnket olyan vidékek átkutatására fordíthatjuk, ahol előreláthatólag eredményekre is számíthatunk.

TOKODY LÁSZLÓ egyetemi ny. rk. tanár:

Vendel Miklós két nagyobb munkában foglalta össze a magma és az ércesedés közötti kapcsolatok kiderítésére irányuló vizsgálatait. E fontos kérdés megoldása a kutatók széles rétegét foglalkoztatta, az elért eredményeket *Vendel Miklós* részletesen és kritikailag tanulmányozta és értékelte. Ezek behatóbb ismertetése jelen pillanatban felesleges, mert *Vendel Miklós* új utakat keresett.

Kutatásainak kezdetén a Kárpátok övezetén belül levő érces területek vizsgálatával foglalkozott. Kijelölte azokat az irányelveket, melyeket a magma és az ércesedés közötti összefüggések megfejtésére legalkalmasabbnak vélt. Ezeknek megfelelően dolgozta ki munkatervét. Ennek keretében igyekezett megállapítani a jelzett terület pacifikus (alárendelten mediterrán) jellegű riolitos-dácitos-andezitos-banatitos kőzettartományainak és a velük kapcsolatos elsődleges ércesedéseknek összefüggését.

E széles alapokon nyugvó, szerteágazó, de mégis egy csomópontba összefutó kérdésösszlet megoldása csak igen nagy anyag feldolgozása révén lehetséges. Éppen ezért a Kárpátok övén belüli eruptív tömegek kémizmusának tanulmányozására vetette a fősúlyt. Sorra veszi a Kárpátokon belüli terület ércelőfordulásait, rámutatva a terület különböző részein fellépő ércesedések részletkérdéseire, különösen az ércesedéseknek a kőzet kémizmusával, pontosabban a magma átlagos összetételével való összefüggésére.

A feladat megoldásához három tényezőre támaszkodik:

1. A kőzettartomány kőzeteit létrehozó magma kémiai megismerése.

2. A magma összetétele, elkülönülési és kristályosodása során az ércesedés lehetőségeinek megállapítása.

3. Az előbbiek szerint nyert adatok kiértékelése és szélesebb körű alkalmazása, illetve annak igazolása.

A feladat megoldása nagyon nagy területre terjed, ezért egyelőre csak az *Au*- és *Sn*-ércesedéseket vizsgálta.

Az említett ércesedések keletkezését bizonyos magmatípushoz köti és a kőzettartományok kőzeteire átlagos »magmaösszetételt« és »szétkülönülési átlagot« számít. A rendkívül nagy számadathalmazt grafikusan ábrázolta. A továbbiak során a *Goldschmidt*-szabállyal, a fő- és nyomelemek szerepével, valamint a diadoch elemekkel foglalkozik.

E vizsgálatok leglényegesebb eredménye, hogy a kőzet kémizmusa meghatározza az ércesedés ásványi anyagát, legalább is az arany- és az ónformációt illetően. Az eddigi adatokból következtetve megvan a remény a szabály alkalmazási lehetőségére egyéb érctartományokra is.

Vendel Miklós kutatásainak eredménye két fontos megállapításban nyilvánul meg.

Az egyik eredmény elméleti jellegű. *Vendel Miklós* az ércek vizsgálatát, előfordulását és keletkezését a kőzettartományok kémizmusával magyarázza. Ilymódon a teleptan kérdései és feladatai — legalább is nagy részben, nagy vonásokban — a kőzettan keretébe tolódnak át. Az ércesedés kőzettani problémává válik.

Érdekes lenne a továbbiak során annak a kiderítése, hogy a magmák és az ércesedések közötti összefüggések alkalmazhatók-e metamorf érctelepekre, közelebbről a metamorf kőzetek érctelepeire.

Másodszor: gyakorlati szempontból rendkívül fontosak *Vendel Miklós* megállapításai. Az eddigi vizsgálatok arra mutatnak, hogy az érckutatás új irányokban és új utakon haladhat. A kőzetek, kőzettartományok kémizmusából következtethetünk az ércesedés minőségére. Az eddigi vizsgálatok — természetesen — ismert kőzetekre és ércesedésekre vonatkoznak, ezentúl majd új ércelőfordulások felkutatása igazolhatná az elért eredményeket.

KŐZETÁTALAKULÁS ÉS SZÉNKŐZETEK

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR lev. tag

előadása az 1950 november 30-i osztályülésen

A földkéregben történő kőzetátalakulások kérdése a földtan és a bányászat egyik érdekes fejezete. E folyamatok közé tartoznak a kőzetté formálódás (diagenezis), a kőzetátalakulás (metamorfózis), a metaszomatózis, a migmatitképződés, anatexis és az ultrametamorfózis, valamint — tágabb perspektívában szemlélődve — a magma megmerevedésének összes folyamata a folyékony magmás állapottól a hidrotermális folyamatokig. A bányászat összes kívánt és nem kívánatos tárgyának, tehát a hasznosítható ásványi anyagoknak és a meddőknek képződése és sajátságai mind ezektől a folyamatoktól függnek.

E folyamatok legfontosabb meghatározó tényezői a nyomás és a hőmérsék.[1]) (Az egyéb tényezők fontosabbjait a kőszén-átalakulás esetében a következőkben felsoroljuk.)

Azt, hogy rendes körülmények közt milyen mélységben, milyen nyomással és hőmérsékkel számolhatunk, a kőzetek fajsúlyából, illetve a geotermikus gradiensből könnyen kiszámíthatjuk. A különböző feltevések szerint nyert adatok nem is térnek el nagy mértékben egymástól, legalább is a földkéreg külsőbb öveire vonatkozóan.

Sokkal gyengébb a kiindulási alap, gyérebbek, megbízhatatlanabbak és egymással kevéssé összeegyeztethetők az adatok arra a kérdésre nézve, hogy az *egyes kőzetek*, ércek milyen mélységben, illetve mily nyomáson (*p*) és hőmérséken (*t*) képződtek. Ha pl. azt mondjuk, hogy a szubvulkáni öv kb. 2 km, a hipabisszikus öv kb. 6—8 km mélységig terjed, így ez csak bizonytalan becsléseken alapszik. A kőzetátalakulás epi-, mezo-, és kata-öveire, illetve a különböző *Eskola*-féle ásványfáciesekre jellemző nyomás és hőmérsékek tekintetében eddig meghatározási alap is alig van. *Niggli*[2]) legújabban a magmás és metamorf kőzetek összekapcsolásával megkülönböztet általában kata-, mezo- és epitermális kőzeteket és ásványtelepeket, de egyáltalán nem szól arról, hogy ez övek milyen *pt*-viszonyoknál, illetve földkéreg mélységnél határolandók el. Ellenkezőleg inkább azt hangsúlyozza, hogy ilyen meghatározások sokszor egyértelműen nem is lehetségesek, mert a különböző rendszerekre nézve a *pt*-viszonyok változnak.

Bizonyos számértékeket egyes kísérletileg is ismert kőzetkémiai reakciókból, pl. a *V. M. Goldschmidt* által a nyomás és a hőmérsék függvényében számított

[1]) Vadász Elemér: *Kőszénföldtani tanulmányok*. Bp. 1940. p. 8.
[2]) *Gesteine u. Minerallagerstätten*, Basel, 1948.

$$CaCO_3 + SiO_2 \rightleftarrows CaSiO_3 + CO_2.$$

egyensúlyból (6. ábra), általában pedig az ú. n. geológiai termométer és manométer ásványátalakulásokból, főleg az ú. n. *a—b* átalakulásokból lehet megadni. Elsősorban ilyen alapon több-kevesebb biztonsággal tudjuk például, hogy a folyós magmás folyamatok a magmaösszetétel szerint 900—700° körül,, a pegmatitos folyamatok kb. 500°, a pneumatolitosak 370° körül zárulnak. Pedig nagy jelentősége lenne a kőzetátalakulások *pt*, illetve mélységi viszonyai számszerű ismeretének. Ez lehetővé tenné, hogy e folyamatokat földtanilag és hegységszerkezetileg konkrét esetekre méretezve rögzítsük, általában a földtani és kőzettani ismereteket szorosabb, mennyiségi szintézisbe összekapcsoljuk, a folyamatokat kísérletileg pontosabban kivizsgálhassuk. Lehetővé tenné, hogy a bányászat és a mélyfúrás állandó munkatárgyainak: a meddő kőzetanyagoknak minőségét, szilárdsági viszonyait előre, genetikai alapon, számszerűen meghatározhassuk.

Ebben a tekintetben elsősorban a *szénkőzetek* és az *agyagok* vizsgálatától várhatunk előrehaladást. Egyrészt ugyanis a szénkőzetek és az agyagok rendkívül érzékenyek a *pt*-viszonyok iránt. Másrészt a bányászatilag is jól ismert kőszenekre a legtöbb adat áll rendelkezésre.

Számos szerző közvetlenül meghatározni igyekezett részben a természeti megfigyelések kiértékelése, részben mesterséges szénítési kísérletek alapján azokat a *pt*-értékeket, amelyek valamely szénülési állapot eléréséhez szükségesek. A legfontosabb adatokat a következőkben foglaljuk össze:

A fekete-kőszén képződéséhez *Erdmann*[3]) szerint minimálisan 300—325° C szükséges. Ezt az adatot *Gropp* és *Bode*[4]) elfogadja. Mások, pl. *Petraschek*, sokkal alacsonyabb hőmérséket tartanak szükségesnek a fekete-kőszén képződéséhez. A szemiantracit képződéséhez Mc. *Farlane*[5]) 350—600° C minimális hőmérséket, *Dapples*[6]) 1400—2800 atm. nyomás mellett 200° C-nál kisebb hőmérséket tart szükségesnek. Az antracit képződéséhez *J. Roberts*[7]) 500—550° C hőmérséket és a légkörinél nagyobb nyomást, Mc. *Farlane*[8]) 600° C-t, *Le Graye*[9]) 350° C-ot, *Zwyerzycki*[10]) 160—350° C-ot, *H. Lessing*[11]) 300 °C-t, *E. Lewis*[12]) 450—500° C-t, *G. Hickling*[13]) 150—200° C-t, *E. C. Dapples*[14]) 300—350° C-ot és 1400—2800 atm. nyomást tart szükségesnek. Végül a koksz képződéséhez *Zwierzycki*[15]) 600—900° C-t, *Dapples*[16]) nagy nyomás mellett 460—500°, légköri nyomás mellett (amikor a gázok könnyebben eltávozhatnak), 350—380° C-t tart szükségesnek.

Ezek az adatok erősen ellentmondók, de a következőkben közelebbi értelmezésüket megvilágítani igyekszünk. Az antracit légköri nyomáson való

[3]) *Brennstoffchemie*, 1924/Bd. 5.177.
[4]) *Braunkohle*, 1932. [5]) *Econ. Geol.* 1929. [6]) *Econ. Geol.* 1939. [7]) *Panamer. Geol.* 1927. [8]) id. mű 1929. [9]) *An. Soc. Geol. Belge* 1930. [10]) *Miningenieur* 1930. [11]) *Gas Journ.* London 1932. [12]) *Coll. Guard.* 1932. [13]) *Coll. Guard.* 1932. [14]) id. mű 1939. [15]) id. mű 1930. [16]) id. mű 1939.

képződéséhez a fenti adatokból hozzávetőleges középértékként 383° C hőmérsék számítható.

Igen fontosak azok a természeti megfigyelések, amelyek a kőszénátalakulás mértéke és a fedőréteg vastagsága közti összefüggésre vonatkoznak. E megállapítások nagyobb szénülési fokú fekete-kőszenek esetében a kőszén illórész mennyiségéből indulnak ki. Ezeket az adatokat rendszerint a »*Hilt-féle szabály*« néven foglalják össze. Az adatok más része a csekélyebb szénülési foku barnakőszenek víztartalma és fedő rétegének vastagsága közti összefüggésre vonatkozik ; ezeket »*Schürmann-féle szabály*« adatainak nevezhetjük. Egyik szabály sem ad meg azonban abszolút *pt*, ill. mélységi értékeket, hanem csak viszonylagos értékeket jelent egy kisebb szénülési tartományon belül. Az, hogy valóságban milyen földkéreg-mélységnek milyen szénülési fok felel meg, e szabályokból nem derül ki, és így az elemző földtan számára e szabályok még nem sokat mondanak.

Az alábbiakban bizonyítani kívánjuk, hogy ezekben az adatokban a további kiértékelés lehetősége rejlik, amelynek alapján eljuthatunk a kőzetátalakulásra vonatkozó abszolút mélységi, illetőleg nyomási és hőmérséki értékek összefüggő sorához.

II. A kőszenek legvalószínűbb átalakulásának görbéje. Az ekvivalens átalakulási mélység

Képzeljünk el egy derékszögű koordináta rendszert, amelynek egyik tengelyére a szénülésfokot, a másikra a rétegvastagságokat visszük fel. Mit jelentenek az egyes *Hilt*-, illetve *Schürmann*-féle adatok ebben a diagrammban? Nyilván irányokat, hajlásszögeket a megadott tengelyekhez. Ez irányok egy összefüggő rétegvastagság-szénülésfok görbe egy-egy részleteként foghatók fel. Ha tehát a szénülési fokok sorrendjében ezeket a görbe-részeket egymáshoz kapcsoljuk, akkor egy összefüggő rétegvastagság-szénülésfok görbét kapunk. Ha pedig sikerül ennek a görbének határozott kiindulási pontot adni azáltal, hogy azt egészen a zéro szénülésfokig, azaz a tőzegállapotig kiterjesztjük, akkor a rétegvastagság-szénülésfok görbe határozott földkéreg-mélységekre rögzített mélység-szénülésfok görbévé válik. Így a kőszén átalakulásának abszolút értékekkel méretezett kifejezését nyerhetjük.

Természetesen e méretekben kifejezett »abszolút méretű« mélységek nem jelentenek minden körülmény közt érvényes, változhatatlan értékeket. Ugyanazon mélységben ugyanis változik a kőzetátalakulás mértéke a geotermikus gradiens változásával, valamint a különleges hegységképző nyomások hatásával. Ezen alapszik az ismert két szélsőség megkülönböztetése : az egyik uralkodóan a nyomás hatására történő *dinamometamorf-tektonikus* átalakulás, a másik az uralkodóan a hőmérsék emelkedésének, elsősorban tehát a magmának hőhatására történő, vagyis *kontaktmetamorf-termikus*, érintkezéses hőmérsékleti átalakulás.

Meg kell azonban különböztetnünk egy harmadik fajta átalakulást is : a kisebb kéregmélységbeli és rendszerint egyszersmind fiatalabb üledékeken, kisebb szénülésű barnakőszeneken észlelhető átalakulások többnyire egyszerűen a fedő rétegek nyomás- és hőmérsékemelő hatására mennek végbe minden külön tektonikai nyomás, »átmozgás« vagy különleges hőnövelő (pl. magmás) hatás nélkül. Ezt a következőkben *»rétegterhelési átalakulás«*-nak (Belastungs-metamorphose) nevezzük.

Az olyan átalakulás mélységeit, amelyekben a főtényező ez az egyszerű fedőréteg hatás, nevezzük a következőkben *ekvivalens átalakulási mélységeknek*, feltéve, hogy a kőzet valóban elérte e mélységnek megfelelő egyensúlyi állapotot.

Feltételezhető, hogy az ekvivalens mélységi átalakulás sokkal közelebb áll a dinamometamorf átalakuláshoz, mint a kontaktmetamorfózishoz, legalább is a kőszenek esetében. A fedőrétegek hatására ugyanis a kőszenek és agyagok, általában úgy látszik, az eredetileg nagy víztartalmú kőzetek jelentékenyen átalakulnak olyan mélységekben, ahol a hőmérsék rendszerint nem haladja meg az 1—200° C-t, de ugyanakkor a nyomás már megközelíti az 1000—2000 atm-t.

A barnakőszenekre vonatkozó *Schürmann*-féle adatok nagyrésze nem áll távol az ilyen egyszerű fedőréteghatásra történő átalakulástól. De a *Hilt*-féle adatok nagyrészénél már jelentékenyebb külön hő- és nyomáshozzájárulással kell számolnunk, mert ezek rendszerint régi geológiai korokra és orogén területekre vonatkoznak, és így e külön hatásoknak nagy a valószínűsége. A *Schürmann*- és különösen *Hilt*-féle adatok alapján számítandó görbe tehát nem az ekvivalens mélységeket, hanem a *legvalószínűbb, leggyakoribb átalakulás* esetét szemlélteti.

Minthogy a *Schürmann*- és *Hilt*-féle adatokban különféle és gyakran csak közelítő szénülésfok-meghatározások szerepelnek, szükséges, hogy e meghatározások számszerű jelentését kiértékeljük, egyrészt a nedvesség, másrészt az illórész mennyiségére és végül a közös bázisként alkalmazandó *COH*-alapra számított C %-okra.

Az 1. diagramm tartalmazza a nedvesség,- az illó- és fixkarbonmennyiségeket a *COH* alapú C% függvényében.

A 2. diagrammban foglaltuk össze a méterekben mért földkéregmélység és a *COH* alapú *C*%-okban mért szénülési fok összefüggésére vonatkozó adatokat. Talán nem felesleges megjegyezni, hogy ez adatok kiértékelésétől csak hozzávetőleges értékeket várhatunk, mert sok hibaforrással kell megküzdenünk. Ilyen hibaforrás elsősorban az, hogy a szénülési fokot rendszerint csak makroszkópos jelölés alapján adják meg, ha pedig valamilyen számadattal, pl. az illórész mennyiségével is jellemzik azt, úgy a kétféle adat sokszor nem egyezik kellőképen. Az ilyen adatokat diagrammjainkon — pont helyett — a kétféle értelmezés koordinátáit összekötő egyenesekkel ábrázoltuk.

A görbe kezdőpontjához kiindulási adatot éppen a magyar medencében könnyen találunk, ahol a nem, vagy alig gyűrt és a magmatömegektől is távoli területek mélyfúrásaiban aránylag gyakran harántoltak nem fényes barnakőszénrétegeket.

Ugyanitt felhasználhatjuk azt a *Petraschek*[17]) említette adatot is, amely szerint egyik magyarországi mélyfúrás pliocén rétegeiben 1255 m-ben fényes barnakőszenet találtak (diagramm 2. pontja). Ezekkel kb. egyezik az ugyancsak *Petraschek* által közölt morenii fúrási adat 780—870 m mélységben jelentkező palás-lágy és fénytelen-barnakőszénről (a 2. diagramm 1. pontja).

A következőkben az ú. n. *Schürmann*-féle szabályra vonatkozó adatokkal haladhatunk tovább, amelyek tehát a nedvességtartalom csökkenését adják meg a kőszenes rétegsor vastagságának függvényében. Pl. az alsórajnai földes barnakőszeneknél 1% nedvességcsökkenésnek 28,6 m, a Diósgyőr vidéki kemény, fénytelen barnakőszeneknél 1% nedvességcsökkenésnek 19, illetve 31,5 m rétegvastagság felel meg. A Petrascheknél felsorolt rendelkezésre álló adatokból a fénytelen-barnakőszenekből 1% nedvességcsökkenésre középértékben 27 m rétegvastagság számítható, vagyis 55% nedvességről 25% nedvességi értékre való csökkenés 800 m rétegvastagságon belül történik (a 2. diagramm 3. pontja). Az eddig felsorolt különböző adatokból nyert görbeirányok egymással kielégítően összevágnak.

A tulajdonképeni *Schürmann*-féle adat Kelet-Borneonak a kemény barnakőszéntől a gázkőszénig terjedő rétegsorára, vagyis 20—30% nedvességtartalomról 3—7% nedvességtartalomig való csökkenésére vonatkozik. Ebben a szénülési tartományban 1% nedvességcsökkenésnek 100 méter rétegvastagság felel meg (2. diagramm 4. pont).

A görbe következő szakaszában már az ú. n. *Hilt*-féle szabály körébe tartozó adatokat használunk fel. *Stainier*, *White* és *Petraschek* adataiból a következő középértékeket számíthatjuk: 1% illórész csökkenésének a lángkőszeneknél 32, a zsírkőszeneknél 60, a sovány-kőszeneknél pedig 85 m rétegvastagság felel meg. Ez azt jelenti, hogy a láng- és gázkőszenek közti 5% illócsökkenésnek átlag 160 m, a gáz- és soványkőszenek közti 20% illócsökkenésnek további 1200 m, a sovány-kőszenektől az antracittartomány közepéig levő 20% illócsökkenésnek pedig 850 m rétegvastagságnövekedés felel meg (5—7. pontok a 2. diagrammban). Ha ez adatokat az eddigi görberészlethez sorban egymáshoz kapcsoljuk, csak a lángkőszeneknél találunk gyenge törést, amit grafikusan kiegyenlíthetünk. Mindezen adatok sorozatos összekapcsolásából végeredményben megkapjuk a szénülési átalakulás legvalószínűbb görbéjét (2. ábra).

E görbe szerint a barna- és fekete kőszenek határát rendszerint kb. 1800 m maximális fedőrétegmélységben, az antracit állapotot kb. 4000 m mélységben érhetjük el. A görbét extrapolálva: a grafitállapothoz cca 6000—7000 m mélységben érkezünk. Ez tehát a legvalószínűbb szénülési görbe.

[17]) *Entstehung, Veredlung u. Verwertung der Kohle*, Berlin 1930. p. 18.

Nem tarthatnók azonban megbízhatónak ezt a görbét, ha más adatok alapján nem ellenőrizhetnők. Erre mód van: *Petraschek* ugyanis 1930-ban 41 adatot közölt egyes kőszénelőfordulásoknak általa kielégítő pontossággal megállapíthatónak tekintett egykori *maximális*, tehát ma már részben lepusztult fedőrétegeinek vastagságáról, s ezeket 1947-ben újabbakkal egészítette ki.[18]) Ezek az adatok természetesen nagyon szóródnak, mert nem homogén értékeket képviselnek,hanem szerepelnek köztük részben inkább dinamo-, részben inkább kontaktmetamorf, részben pedig egyszerű fedőréteg-terhelési hatásra történő átalakulás adatai (3. ábra). Ennek ellenére belőlük is kiértékelhetünk egy középértékgörbét és ez a görbe a *Schürmann—Hilt* szabályok adataiból nyert előbbi görbével egészen közel azonos lefutású.

Ilyen módon két különböző módszerrel és különböző adatok alapján állapíthattuk meg a leggyakoribb szénátalakulás görbéjét. *Egyed László* kartársam szíves volt vállalni ez adatoknak más módszerrel való kiértékelését, és ez az eljárás is ugyanerre az eredményre vezetett.

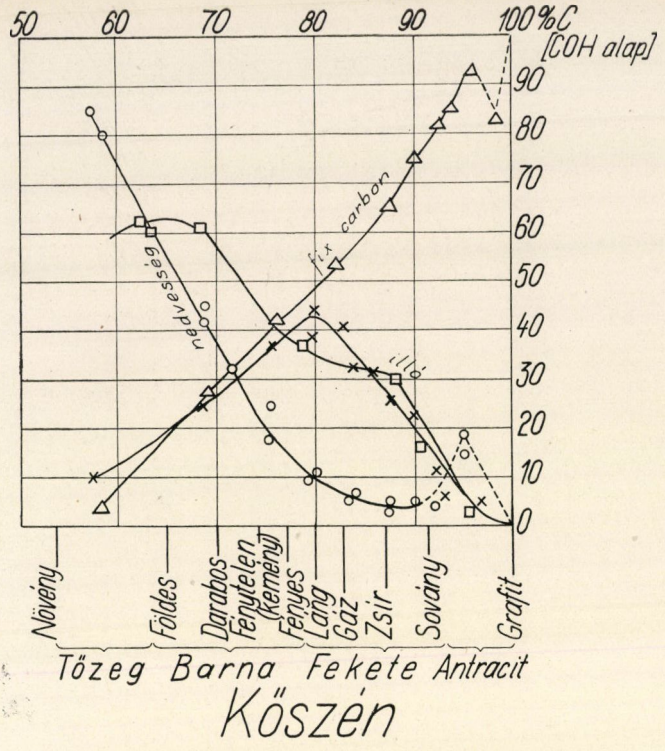
Ez a görbe azt mutatja tehát, hogy a kőszenek javarésze milyen szénülésfokot ér el a kérdéses mélységben. Az orogén területeken különleges tektonikus nyomás vagy magmás hőhatásra átalakuló kontakt és dinamometamorf kőszenek rendszerint ettől jobbra helyezkednek el, vagyis már kisebb mélységben aránylag nagy szénülésfokot elérnek. Az anorogén területeken, tisztán a fedőréteg hatására átalakuló kőszenek viszont a görbétől rendszerint balra helyezkednek el.

Ennek megfelelően a *Petraschek*-féle adatok szórásában is jellemző szabályszerűséget észlelhetünk. A legvalószínűbb görbétől jobbra ugyanis főleg a viszonylag idős, ettől balra viszont inkább a viszonylag fiatal kőszénelőfordulások adatait találjuk. A görbétől jobbra elhelyezkedő előfordulások ugyanis nagy geológiai koruk folyamán intenzívebb dinamo-, ill. kontakthatásokat szenvedtek. A görbétől balra fekvő, viszonylag fiatal kőszeneken ezek a hatások rendszerint csak kismértékűek voltak. (Abszolút értelemben azonban a kis szénülésű kőszenek túlnyomóan fiatalok, a nagy szénülésfokú kőszenek többnyire idősek.)

Balra, éspedig a tényleges kőszénadatok területének szegélyén halad a tulajdonképeni egyszerű rétegterhelési, vagyis az ekvivalens mélységi görbe. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a külön termikus- és dinamometamorf hatás nélkül, tisztán a fedőrétegek nyomás- és hőmérsékemelő hatására történő átalakuláshoz az összes esetek közt a legnagyobb rétegvastagságra van szükség.

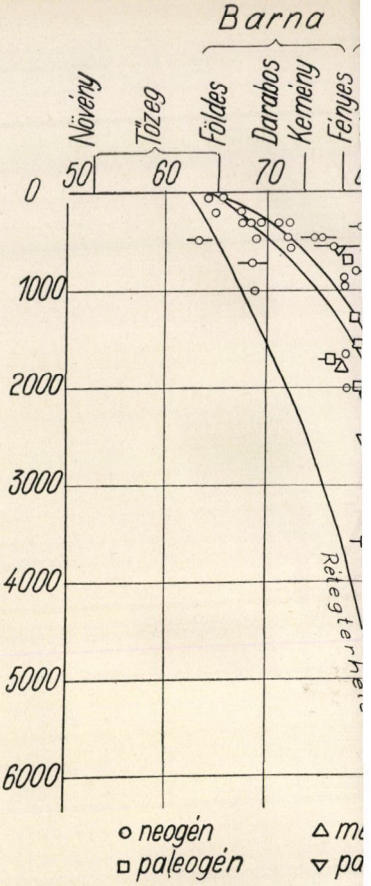
Ilyen módon hozzávetőleg meghatározhatjuk a kőszenek rétegterhelési átalakulásának görbéjét is (3. ábra). E görbe szerint a barna- és feketekőszenek határaként kb. 4000 m, a kőszén-antracit határaként kb. 11 000 m, és (a nagymértékű extrapoláció miatt aránylag bizonytalan adatként) a grafitállapot

[18]) id. mű p. 12.— *Sitzungsber. d. österr. Akad. Mat. Naturw. Klas. Bd.* 156, 1947. p 384—385.

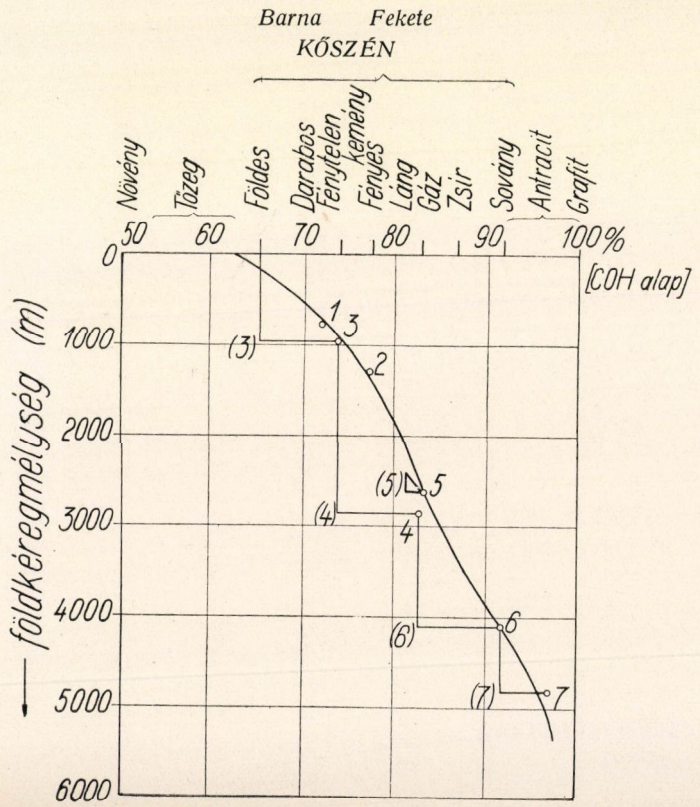


○ nedvesség × illó
△ fix carbon □ illó (hamu- és nedvességmentes szénre)

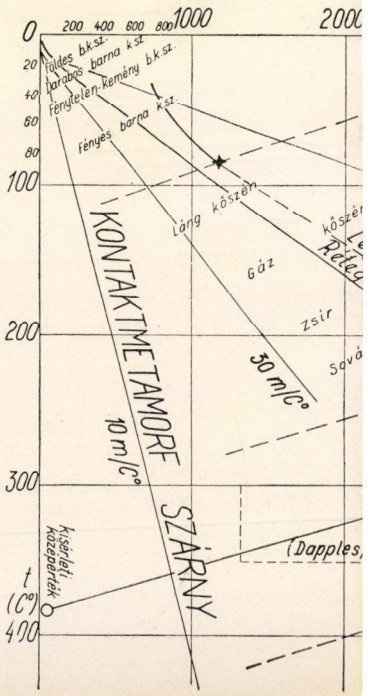
1. ábra.



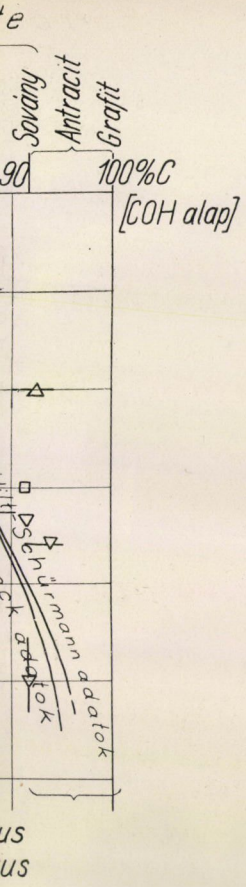
3. ábra.

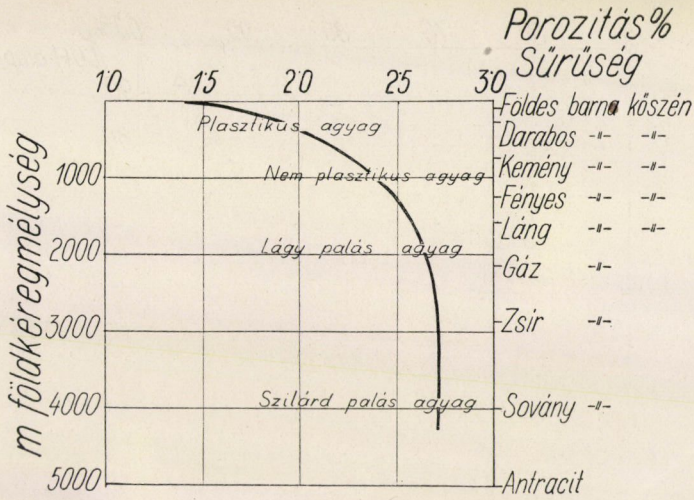


2. ábra.

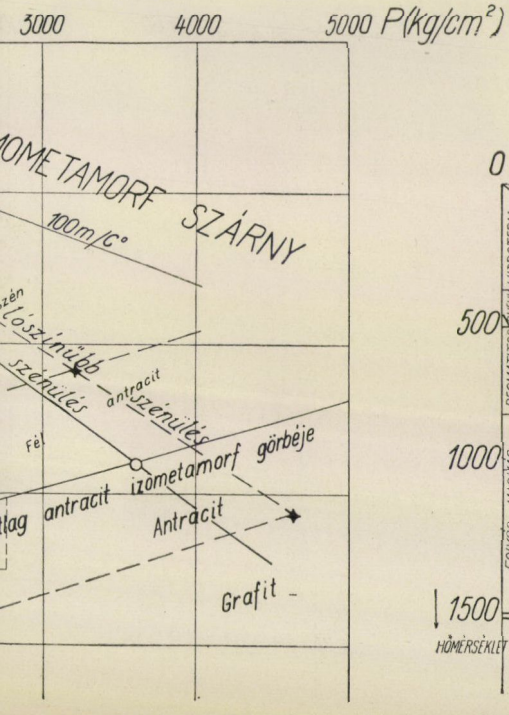


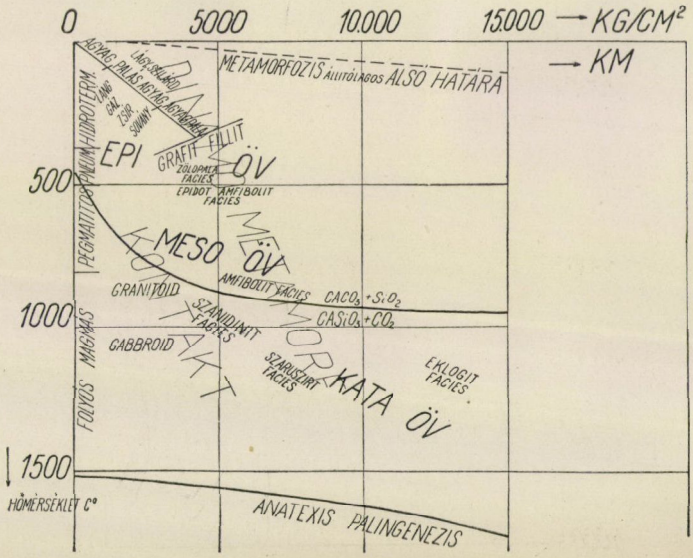
4. ábra.


Sovány
Antracit
Grafit
90
100%C
[COH alap]
Schürmann adatok
us
us


Porozitás %
Sűrűség
1·0
1·5
2·0
2·5
3·0
m földkéregmélység
1000
2000
3000
4000
5000
Plasztikus agyag
Nem plasztikus agyag
Lágy palás agyag
Szilárd palás agyag
Földes barna kőszén
Darabos -"- -"-
Kemény -"- -"-
Fényes -"- -"-
Láng -"- -"-
Gáz -"-
Zsír -"-
Sovány -"-
Antracit

5. ábra.


3000
4000
5000 P(kg/cm²)
OMETAMORF SZÁRNY
100m/C°
lószínűbb
szénülés
antracit
szénülés
Fél
tag antracit
izometamorf görbéje
Antracit
Grafit


0
5000
10.000
15.000 → KG/CM²
→ KM
METAMORFOZIS ÁLLITÓLAGOS ALSÓ HATÁRA
AGYAG PALÁS AGYAG AGYAGPALÁS
LÁGY SZILÁRD
LÁNG GÁZ ZSÍR SOVÁNY
HIDROTERM.
PEGMATITOS
FOLYÓS MAGMÁS
EPI
GRAFIT FILLIT
ÖV
ZÖLDPALA FACIES
EPIDOT AMFIBOLIT FACIES
MESO
ÖV
AMFIBOLIT FACIES
CACO₃+SiO₂
CASiO₃+CO₂
GRANITOID
SZANIDINIT FACIES
GABBROID
SZARUSZIRT FACIES
EKLOGIT FACIES
KATA
ÖV
500
1000
1500
HŐMÉRSÉKLET C°
ANATEXIS PALINGENEZIS

6. ábra.

eléréséhez hozzávetőleg 14 500—17 000 m ekvivalens földkéregmélység adható meg. Levezetésünk szerint tehát ezek a mélységek szükségesek ahhoz, hogy a kőszenek a megadott szénülési állapotba jussanak minden különleges hő- illetve kontakt vagy dinamometamorf hatás nélkül, tisztán a fedőrétegek nyomásának hatására: ez tehát az ekvivalens átalakulási mélységek görbéje.

III. Egyéb szénülési tényezők

Az ekvivalens mélységi görbétől tovább balra csak kivételes esetekben várhatunk természetes kőszenet. Kivételek jelentkezhetnek elsősorban olyankor, ha a nyomáson és a hőmérséken kívül más melléktényezők jutnak fontosabb szerephez. A lehetséges »mellék«-tényezők fontosabbjai a következők:

1. A kőszén még nem érte el a mélységnek megfelelő egyensúlyi állapotot. Ez különösen akkor valószínű, ha a szén *át nem eresztő rétegek közt* foglal helyet, amelyek a melléktermékek elvezetést akadályozzák, és így az átalakulási reakció a tömeghatás törvénye értelmében nem mehet végbe. Tudjuk ugyanis, hogy az áteresztő fedőrétegek, pl. homokok jelenléte elősegíti a szénülést, az át nem eresztő kőzeteké pedig hátráltatja.[19])

2. A szénülési reakciók azonban akadálytalan körülmények közt is valószínűleg *renyhén* folynak le, mert kis diffuzióképességű rendszerben, nagy molekulájú és részben hidrofób vegyületek szerepelnek. Ezért a szénülési egyensúly beállásához valószínűleg *geológiai* mértékben is jelentékeny *idő* szükséges. Termondinamikai számítások alapján *Bergius*[20]) 7—8 millió éves nagyságrendet kapott.

Lehetséges, hogy más esetekben reakciót gyorsító *katalizátorok* szerepelnek. Ezekre vonatkozóan természeti megfigyelések még nincsenek.

3. Lehetséges az is, hogy az ekvivalens mélységben nem jelentkezik a fedőrétegek tömegének, ill. fajsúlyának megfelelő nyomás. Ha ugyanis a fedőrétegek különböző szilárdságú kőzetekből állnak, akkor egyidejű nyomás esetében a különböző szilárdságú kőzetekben a nyomás különbözőképen oszlik meg, a nyomás nagyobb részét a szilárdabb kőzetek veszik fel. *White*[21]) 1925-ben ezen az alapon különböztette meg a kompetens és inkompetens rétegek fogalmát.

4. A kőzetek átalakulására a *törésvonalaknak* is nagy hatásuk van. A törés ugyanis elősegíti a szénülést, mert a melléktermékeket elvezeti, és mechanikai mozgást is lehetővé tesz. Másrészt azonban hátráltatja a szénülést, mert a nyomást lokálisan feloldja és a hőmérséket elvezeti. Ezek az ellentétes hatások a kérdést bonyolulttá, külön tanulmányra érdemessé teszik. Annyit azonban már itt megemlíthetünk, hogy döntő a törésnek a szénképződéshez viszonyított

[19]) Lásd pl. Campbell: *Econ. Geol.* I. 1905. p. 26.

[20]) *Die Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgangen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle.* Halle 1913.

[21]) *Progressziv regional carbonisation of coals.* Trans. Am. Inst. Mining and Met. Eng. LXXXI. 1925.

kora. Ha a törés alig fiatalabb, mint a szénadó növényi felhalmozódás, akkor az inkább csökkenti a szénülést, mert megakadályozza, hogy a mélységnek megfelelő nyomás és hőmérsék létrejöhessen. Viszont a maximális fedőrétegvastagság elérésekor és azután keletkezett törés a szénülést inkább elősegíti, mert elvezeti a melléktermékeket.

5. A szénülési átalakulás függ a *szénkőzet minőségétől*, kőzettani összetételétől is. A vitrit sokkal érzékenyebb a szénülési átalakulások iránt, mint a durit vagy — különösen — a fuzit. A hidrofob bituminitekben gazdag szaprolitok már eredetileg is kevés vizet tartalmaznak, tehát ezek a folyékony fázisban történő reakciók iránt érzéketlenebbek, mint a hidrofil elegyrészekből álló humolitok. E viszonyokról magam egy előbbi munkámban szólottam, kapcsolatban *Stadnikov* új utakon járó vizsgálataival.[22])

Minthogy a karbonmedencék rétegtanilag magasabb helyzetű, tehát viszonylag fiatalabb kőszén rétegei duritban gazdagabbak, ezért *Stainier* e fiatalabb rétegeknek kisebb szénülési fokát nem a csekélyebb fedőrétegvastagságra, hanem a nagyobb durittartalomra vezeti vissza. Hasonló felfogást találunk *Duparque*-nél is. Görbéink szerint ez a felfogás bizonyos mértékig helyes lehet, ugyanis az ekvivalens mélységi görbénél nagyobb szénülési értékeket képviselő legvalószínűbb szénülési görbe a (táv-) kontakt és dinamometamorf hatáson túl is feltételezni enged olyan tényezőt, amely a mélyebb helyzetű kőszenek erősebb szénülését elősegíti.

E felfogás nem áll magában. Már egyes régebbi kutatók is perdöntőnek tekintették a kiindulási anyagot a barna- vagy feketekőszén elkülönülésében és tagadták a tőzeg-barna-feketekőszén-antracit sor fokozatos átmenetét. Így *Donath* feltételezte, hogy a feketekőszenek fehérjében gazdagabb kiindulási anyagból származnak, mint a barnakőszenek. Újabban hasonlóképen *Terres* hangsúlyozta, hogy a feketekőszenek képződéséhez több szapropel-anyag szükséges, mint a barnaszénképződéshez. *Fuchs*[23]) a különböző felfogásokat azzal a feltevéssel igyekezett összeegyeztetni, hogy elismerte, hogy a tőzeg-barna-feketekőszén-antracit egymásba való fokozatos átmenete ma már sok közvetlen megfigyelés alapján bizonyított tény, de emellett lehetségesnek tartotta, hogy egyes feketekőszenek nem mentek át a barnakőszén állapoton. Ha arra utal ez a felfogás, hogy a legtöbb harmadkori barnaszén kiindulási anyaga a flóra fejlődése következtében is szükségképen más, mint a leggyakrabban karbonkorú feketekőszeneké, és így nem mehettek át a harmadkorú barnaszenekkel azonos állapoton, úgy kétségtelenül helyes is e megállapítás.

Végül itt kell megemlítenünk *Taylor* felfogását is, amely szerint a feketekőszenek gyengén lúgos anaerob, a barnakőszenek pedig gyengén savanyú

[22]) *Über Systematik und Umwandlungen der Kohlen-Gemengteile.* Bánya és Kohómérnöki Oszt. Közleményei, Sopron, XVII. 1948—1949. p. 176.
[23]) *Die Chemie der Kohlen.* 1935. Stadnikoff: *Chemie der Kohlen.* 1931. p. 481.

anaerob közegben keletkeznek. Ezt *Fuchs* azzal egészíti ki, hogy a barnaszénerdők pedig gyengén savanyú aerob körülmények közt képződtek.

Ugyancsak a kőzet minőségének a szénülés mértékére gyakorolt hatását jelenti az a *Romwalter Alfréd*[24]) kimutatta összefüggés, amely szerint a kéntartalom elősegíti a szén átalakulását. A kén u. i. bizonyos mértékig az oxigént helyettesíti, a szénülési folyamatok nagyrésze pedig oxidációs jellegű. Ezért a kénben gazdag kőszénfajták : a karszt-kőszenek és a paralikus eredetű kőszenek a valószínű szénülési görbétől többnyire jobbra helyezkednek el, amint az Arsakőszén esetében megfigyelhető (3. ábra).

6. Végül a földrengésekkel kapcsolatos esetleges *ultraszonikus* rezgéseknek a szénülést csökkentő hatását kell megemlítenünk. Erre *Volney* következtet *Szentgyörgyi*[25]) vizsgálataiból, aki ultraszonikus rezgésekkel a gumiarabikumot és a zselatint depolimerizálta, a cukrokat pedig egyszerű monosacharidokká, a keményítőt dextrinné lebontotta.

IV. A kőszénátalakulás nyomás- és hőmérsékviszonyai. Izometamorf görbék

Értékeljük ki a kapott ekvivalens mélységi görbét nyomási és hőmérséki adatokra. Az eredmény természetesen attól függ, hogy milyen geotermikus gradienssel számolunk. Minthogy az egyszerű fedőrétegterhelés átalakulási viszonyai főleg csak az anorogén területeken lehetségesek, ezért a legvalószínűbb értéknek a kb. 50 m-es gradienst tekinthetjük, megfelelően annak a szabálynak, hogy az anorogén területeken a gradiens 50—60 m-ig emelkedik, viszont az orogén területeken 30 m alá süllyed. Nagyobb mélységekben azonban a geotermikus gradiens közti különbségek mindinkább elenyésznek, és így az anorogén területek geotermikus gradiensei is csökkennek.

A nyomási értékeket természetesen az átlag kőzetfajsúlyokból számítottuk. A kontinentális táblák átlagos 2,7 fajsúlya a kéreg legfelső részeiben fokozatosan kb. 2,0-ig csökken az egyszerű rétegterhelési átalakulás fiatal, még laza üledékekkel borított területén.

Ily módon jutunk el a 4. ábra nyomás- hőmérsékdiagrammjához. Ebben tehát a szénülési fokokat már a nyomás és a hőmérsék függvényében tüntetjük fel.

Nyilvánvaló, hogy a *pt*-diagramm fedőrétegterhelési görbéjétől a nyomástengely felé a nagy nyomások és a viszonylag kis hőmérsékek területe, vagyis a dinamometamorf kőszenek szárnya fekszik. A fedőrétegterhelési görbétől a hőmérséklettengely felé pedig a kontaktmetamorf szárny található.

Ebből a görbéből természetesen még nem lehetne bármely tetszőleges nyomásra és hőmérsékre vonatkozó átalakulás mértékét kiértékelni. Elvben csak annyit tételezhetünk fel, hogy az egyenlő átalakulás görbéi : az *izometa-*

[24]) *Bánya- és Kohómérnöki Kar Közleményei*, Sopron 1948.

[25]) Szentgyörgyi : *Nature* 1933. vol. 131. P. 278. — Volney : *Econ. geol.* 1934. Vol. 29. P. 28.

morf görbék az egyszerű rétegterhelési görbe megfelelő pontjain keresztül kb. $p + t = konst.$ irányban haladnak. Más szóval, ha a kezdőpontot a diagrammunk szerint a baloldalon felül választjuk, akkor az izometamorf görbéknek jobbra felfelé emelkedő rendszert kell adniok.

Ha azonban a bevezetőben már felsorolt szerzőknek a kőszén és az antracit képződéséhez szükségesnek talált nyomási és hőmérséki adatait diagrammunkba bevisszük, pontosabban is megszerkeszthetünk egy izometamorf görbét. Ezen adatok közül nagyobb nyomást *Dapples* meghatározása vesz tekintetbe. Eszerint egy általa részletesen ismertetett antracit-előfordulás képződése kb. 300—325° C-on és 1400—2800 atm. nyomáson történt. Másrészt, ha a többi szerző által az antracitoknak jelentékeny nyomás nélkül, elsősorban nagy hőmérsék hatására történő képződéséhez szükségesnek megadott hőmérsék középértékeit kiszámítjuk (383°), akkor ez az adat szintén hozzávetőlegesként elfogadhatónak látszik. Ily módon az antracitképződés *pt*-viszonyaira három, egymástól független adatpárunk van. Az egyik az ekvivalens mélységi görbe adata saját görbéink szerint, a másik a hőmérséktengely közelében fekvő adata régebbi szerzők adatainak középértékeként, a harmadik *Dapples* adata az első kettő közti területen. Ha ennek a három adatnak a súlypontjait összekötjük, akkor az antracit hozzávetőleges izometamorf görbéjét kapjuk meg. Ez a görbe — előbbi meggondolásunkkal összhangban — valóban jobbra felfelé halad, sőt a három adat kb. egyetlen egyenest alkot. Úgy hisszük, hogy e két körülmény egyben némi bizonyíték az előbbi levezetések gondolatmeneteinek helyességére.

Az antracit ily módon nyert izometamorf görbéjével hozzávetőleg párhuzamosnak tételezhetjük fel a kisebb szénülésű kőszenek izometamorf görbéit is úgy, ahogy diagrammunkban fel is tüntettük.

Az izometamorf görbék a vizsgált tartományon belül hozzávetőleg a

$$33\ t + p = \text{konst.}$$

egyenlettel fejezhetők ki. Ez azt jelenti, hogy a szénülési fok sokkal hatásosabban növekedik a hőmérsék, mint a nyomás hatására. 1° C hőmérséknövekedéssel 33 atm. nyomásnövekedés egyenértékű. E kísérleti adatok ellenőrizhetők lesznek termodinamikai számításokkal, amelyek elvégzésétől néhány fontos további kérdés tisztázását reméljük.

Itt kell megemlíteni azonban, hogy a természetben a kontaktmetamorf, vagyis hőmérséknövekedéssel történő szénülés csak lokális hatású. Nagy területekre kiterjedő szénülési különbségeket főleg a terhelési és dinamometamorf hatás eredményez, mint azt például a pennsylvaniai szénmezőn *Stadnicsenko* kimutatta.[26])

Az izometamorf görbék ismeretével kiszámíthatjuk hozzávetőlegesen a »legvalószínűbb átalakulási görbé«-nek megfelelő nyomásértékeket is. A legvalószínűbb átalakulási görbe szénülési fokait ugyanis az izometamorf görbékkel

[26]) Stadnicsenko T.: *Econ. Geol.* Vol. 29. 1934. p. 511.

vihetjük át a *pt*-diagrammba, a mélységi adataiból pedig a megfelelő geotermikus gradienssel számítva kielégítő pontossággal megállapíthatjuk az átalakulási hőmérséket. E görbe főleg gyengébben orogén területek alig metamorf üledékeire vonatkozik, s így kb. 20 m-es geotermikus gradienssel számolhatunk. (Diagrammunkban feltüntettük a megfelelő kéregmélységeket a 10—20—30—50—100 m-es geotermikus gradiensek esetére.) A legvalószínűbb átalakulásnak ily módon a nyomás-hőmérsék diagrammba áttett görbéje nyomási koordinátái megadják a legvalószínűbb kőszénátalakulás nyomásviszonyait.

E görbe szerint a kőszenek leggyakoribb átalakulása rendszerint az egyszerű rétegnyomásnál valamivel nagyobb nyomáson (és ennek megfelelően az ekvivalens átalakulásnál kisebb hőmérséken) történik. A leggyakoribb átalakulás görbéje ívesen gyengén hajlik. Ha a görbe különböző részeinek irányát összehasonlítjuk az egyszerű rétegnyomásra számított geotermikus gradiens-görbékkel, láthatjuk, hogy a leggyakoribb átalakulás eleinte főleg kb. 30 m-es geotermikus gradiensen, majd magasabb szénülési fokoknál mindinkább növekedő (pl. a sovány-kőszén-antracit állapotnál kb. 60 m-es) geotermikus gradiensen történik.

Itt végül felmerül a kérdés, milyen mértékig lehet *izometamorfózisról* beszélni a kőszenek esetében, vagyis arról, hogy a nagy nyomás bizonyosmértékig helyettesíti a nagy hőmérséket. A kérdés tehát az, hogy vajjon ugy nazt a szénkőzetet kapjuk-e, ha akár nagy nyomáson kis hőmérsék mellett történik az átalakulás, akár pedig fordítva: kis nyomáson és nagy hőmérséken. Más szóval: van-e különbség a kontakt és a dinamometamorf szénkőzetek közt?

E kérdést *Petraschek*[27]) vizsgálta, és nem talált lényeges különbséget a két különböző kőszénfajtasor kémizmusa közt. A *Dolch* által végzett elemzések alapján legfeljebb a gázfrakciók mennyiségében lehet szerinte némi különbséget gyanítani. Azonban különbözik *Petraschek* szerint a kétféle kőszénsor szerkezete, amennyiben a tektonikusan átalakult kőszenek rendszerint szabályos, meghatározott irányú hasadékosságot, a kontakt kőszenek viszont szabálytalan hasadékosságot, pl. a tektonikai viszonyoktól független oszlopos elválást mutatnak.

Tudavalevő ezzel szemben, hogy más kőzeteknél, pl. az agyagoknál a kontakt és a dinamometamorf hatás lényegesen különböző kőzetfajtákhoz vezet. A kétféle átalakulás kezdő stádiumaiban azonban a különbségek még itt is alig ismerhetők fel, vagyis a kisfokú kontakt-metamirfózis ugyanolyan palás agyagot hoz létre, mint a kisfokú dinamometamorfózis. Mindkét esetben a keletkező kőzet csak csekélyebb víztartalmában és valamivel nagyobb szemnagyságában különbözik a közönséges agyagoktól. A metamorfózis magasabb stádiumaiban viszont már egymástól élesen elkülönülő kőzeteket nevezetesen a kontakt hatásra a kornubianitot, dinamometamorf hatásra pedig a pillámpalát kapunk (6. ábra).

[27]) *Sitzungsberichte der Akad. Wiss* Wien. 1947. p. 350.

V. Az agyagos kőzetek átalakulási görbéje. A kőolajok átalakulásának White-féle feltevése

Vizsgáljuk meg tehát az agyagos kőzeteknek átalakulását az ekvivalens mélységekben, vagyis különleges kontakt és dinamometamorf hatás nélkül. Az agyagok átalakulása bányászatilag, t. i. *bányaművelési* szempontból is fontos, mert a kőszenek leggyakoribb mellékkőzetei agyagok és átalakulási termékeik, és a kőzetek szilárdsága és a szénbányászatban annyira fontos duzzadó képessége nagymértékben függ az átalakulástól. A kőszenek és a kísérő agyagos kőzetek szilárdságváltozásai részben ellentétesek. Az átalakulás mértékével az agyagsor szilárdsága növekedik, viszont a kőszeneké eleinte (a barnakőszén-állapotban) nő, de azután újból csökken, úgyhogy kb. a zsírkőszénállapotban újabb minimumhoz ér el. Már pedig a fejtési eljárást, különösen a frontfejtések és fejtőgépek hatásfokát nagymértékben befolyásolja a (leggyakrabban agyagos jellegű) főte szilárdsága. Minthogy a szénülésfok nemcsak a különféle kőszénterületeken, de ugyanazon kőszénterület különböző részein is erősen változik, éspedig a mondottak szerint részben ellentétes irányban, ezért is érdemes a kőszénén kívül az agyagos kőzetek szilárdságát is kiértékelni az átalakulás függvényében. Ezáltal u. i. a leggazdaságosabb fejtésmód előre számíthatóvá válik.

Az agyagok átalakulásának jelentékeny irodalma van. *White* és *Petraschek* utalt arra, hogy az agyagok is érzékenyek a nyomás és a hőmérsék iránt. Feltételezték, hogy az agyagos kőzetek keménysége, víztartalma, térfogatsúlya, porozitása az átalakulással arányosan változik.

Petraschek, B. Wilserrel[28]) igyekezett e tényezőket, különösen a víztartalom és az átalakulás foka közti összefüggést megállapítani, éspedig a párhuzamos szénülés mértékével kapcsolatban. Határozott összefüggést még nem találtak.

Agyagfajta	Térfogat súly	Hézag-térfogat (%)	Karcolási keménység	Nedvesség ill. izzit. veszt. (%)				Kőszénfajta	Koksz illó része
				légszáraz	110°	210°	670°		
Plasztikus agyag	1,4—1,9	26(—43)	2—10	16—18	1,3—4,4	0,5	7	földes barna kőszén	0,3—0,7
Nem plasztikus agyag	2.3 2,0—2,7	12(2—18)	30	1,9—16	1,1—2,6	0,4	4	fényes barna-, láng kőszén	1,0—1,7
Lágypalás agyag fellevelező ...	2.4 2,1—2,7	0,8—18	30—40	0,5—5	0,4—1,3		3	láng-gáz-kőszén	—1,2
Lágypalás agyag nem fellevelező	2.5 2,3—2,7	1—9	40—70	—0,9	0,4—1,4	0,12	4	zsírkőszén	1,5—4,0
Szilárd palásagyag ...	2,6	—	70—100	—0,8	0,3—1,4		3	soványkőszén	5,0—6,0
Agyagpala ...	2,5—2,7	0,4—6,0	40—200	—0,4	0,1—1,6		3	antracit	
Fillit	2,6—2.7							grafit	

[28]) Berg- u. Hüttenm. Jahrb. Leoben, 74. Bd. 1925. p. 57.

Ma már tudjuk, hogy ilyet a víztartalomra nézve nem is várhatunk, mert a víztartalom nemcsak a kőzet átalakulásától, hanem elsősorban a kiindulási kőzet agyagásványainak közelebbi ásványtani összetételétől függ. *Petraschek* és *Wilser* tanulságos eredményeit középértékelve a következő táblázatban foglalhatjuk össze.

Újabban *Athy*-nek[29]) sikerült pontosabb összefüggést találnia az agyagok porozitása és térfogatsúlya, valamint az ebből számított tömörülése és a fedőrétegek vastagsága között. Egy oklahomai olajterületen végzett fúrás anyagának feldolgozása alapján kapott összefüggést az 5. diagrammba felvettünk. A térfogatsúly, illetve a látszólagos sűrűségi adatok jól egyeznek a *Petraschek—Wilser*-féle mérésekkel.

Az igazi agyagpala területére az *Athy*-féle mérések már nem terjednek ki. Diagrammunkban ennek határait úgy állapítottuk meg, hogy feltételeztük, hogy az agyagpalaállapot után lényeges tömörülés már nem történhetik ; tehát az agyagpala területe ott kezdődik, ahol a kőzet fajsúlya megközelíti a fillitek átlagos fajsúlyát, a 2,7-et.

Tanulságos ezekből az adatokból az is, hogy a laboratóriumban kapott értékek az agyagok esetében nem hasonlíthatók össze közvetlenül a természetben kapott adatokkal, mert a természetben a víztelenedés sokkal lassabban megy végbe, mint a laboratóriumban. A laboratóriumban pl. 1,72 fajsúlyú agyagból 2,22 fajsúlyú kőzet állítható elő már a 8 kg/cm² nyomással (nyilván a kipréselt nedvesség állandó eltávolításával), holott ehhez a természetben *Athy* adataiból számítva kb. 135 kg/cm² nyomás lenne szükséges.

Távolabbi perspektívához jutunk el az agyagátalakulási adatok alapján akkor, ha az 5. diagramm görbéjét összekapcsoljuk a szénkőzetekre nyert görbéinkkel. Az oklahomai vizsgálati terület nem állhat messze a »legvalószínűbb kőszénátalakulási« görbéink jelezte viszonyoktól. Ugyanis itt is fiatal üledékekkel fedett, uralkodóan idősebb (kréta-perm) területről van szó. Ezért a kérdéses agyagátalakulás közvetlenül összevethető a »legvalószínűbb kőszénátalakulás«-sal.

Az agyagátalakulási diagramm földkéregmélységi tengelyén e célból feltüntettük a megfelelő szénülési fokokat a legvalószínűbb kőszénátalakulási görbénk adatai alapján. Minthogy pedig a legvalószínűbb kőszénátalakulási görbe hozzávetőleges helyzetét megállapítottuk a *pt*-diagrammban, ezért a diagrammból ugyanazon görbe mentén megszerkeszthetjük az agyagátalakulási görbét is. E görbe helyzete a *pt*-diagrammban tehát hozzávetőlegesen meghatározza az agyagátalakulás fokozatainak nyomás és hőmérséki adatait is.

A teljesség kedvéért megemlítjük a kőolajok átalakulásának *David White*-féle elméletét is. Ez az elmélet *Rogers* 1860. évből származó feltevésére vezethető vissza, amely szerint a kőolaj csak bizonyos mélységi határok között talál-

[29]) Amer. Assoc. Petr. Geol. ol. 14. 1930.

ható, éspedig ott, ahol az átalakulás oly mértékű, hogy a kőolajjal együtt előforduló kőszénrétegek szénülése egyrészt a sovány és a zsírkőszén, másrészt a fénytelen és fényes barnakőszén határai közt fekszik. E tartományon belül is fokozatosan könnyebbé, kisebb fajsúlyúvá válnak a kőolajok, amint a növekvő átalakulás irányában haladunk. (Lásd a következő táblázatot!)

Kőszénfajta	Fix-carbon	Kőolaj
Barna és lángkőszén	50	Nehéz olaj
Gázkőszén (lowrank bituminous coal)	50—55	Közép olaj
Gáz-zsírkőszén (medium rank bituminous coal)	55—60	Könnyű olaj és gáz
Zsírkőszén	60—65	Olaj ritka, gáz gyakori
Alacs. szénül. fokú sovány szén (lowrank semibituminous coal)	65—70	Olaj és gáz csak nyomokban Holt vonal
Magasabb szén. fokú sovány szén	70	Nincs olaj

Petraschek ezt a feltevést eleinte a *Franz Fischer-*, *Broche-*, *Strauch*-féle szénbitumen-elméletből igyekezett magyarázni, olyan módon, hogy a szénolajok azért volnának bizonyos magasabb fokú átalakuláshoz kötve, mert a szénbitumennek az olajbitumenes része a szilárd bitumenből fokozatosan keletkezne a diagenezis hatására.

Később maga *Petraschek*[30]) ezt a feltételezett összefüggést már oly módon értelmezte, hogy minél szilárdabb a mellékkőzet, annál áteresztőbbé válik, tehát annál inkább diffundálhat belőle a gáz és olaj.

A *White*-féle elméletet legtöbben ma kételkedéssel fogadják.

A kételyek elsősorban a mélységi adatokat illetően merülhetnek fel jogosan. Azonban a *White*-féle felfogás végeredményben egy fontos alapelvre utal: arra, hogy a kőolaj üledékes kőzet, és így a metamorf övben nem fordulhat elő. Ott vagy grafittá alakul át, vagy a *White*-féle felfogás értelmében előzőleg már gázalakú termékekké bomlik.

Görbéink alapján hozzávetőleg megadható az a földkéregmélység is, ameddig a *White*-féle felfogás alapján kőolaj egyáltalában előfordulhat. *White* szerint ugyanis a kőolaj »holtvonala«, vagyis előfordulási lehetőségének elvi alsó határa egyenértékű a szénátalakulási sorban a soványkőszén állapottal. 3. sz. diagrammunkból leolvasható, hogy ez a szénülésfok a legvalószínűbb átalakulások esetében kb. 4000 m mélységben jelentkezik. Viszont ha semmiféle különleges tektonikai nyomás vagy hőhatás nincs a fedőréteghatáson kívül (ekvivalens mélység: egyszerű rétegterhelési görbe), úgy 3. diagrammunk szerint kb. 10 000 m mélységig lehetséges a kőolaj előfordulása. Ez utóbbi

[30]) *Sitzungsberichte der Akademie*, Wien 1947. p. 381.

eset leggyakrabban fiatal üledékekkel fedett területen várható, mint amilyen a magyarországi medencék területe is.

VI. A kőzetátalakulás, a metaszomatozis és a magmás folyamatok összefüggése a nyomási és hőmérsék viszonyok alapján. A vonatkozó kísérletek terve

Az agyag-agyagpala átalakulás *pt*-értékienek hozzávetőleges kiértékelése már a szorosabb értelemben vett kőzetátalakulás (metamorfózis) területére és pedig a kristályos palák tartományába, a nagynyomási dinamometamorf-szárnyba vezet. Viszont ismeretesek hozzávetőleg a magmás folyamatok hőmérséki adatai is a likvidmagmás tartománytól a hidrotermális tartományig. Ezek az adatok a kontakt-metamorf szárny peremét képviselik a hőmérséki tengely oldalán. Mindezek alapján hozzávetőleg levezethetjük az endogén kőzetátalakulások teljes áttekintő diagrammját (6. ábra).

Diagrammunk alapján mindenekelőtt megállapíthatóvá válik az egyes üledékes kőzetek maximális előfordulási mélységének határa. Mai tudásunk szerint kb. az antracit-grafit átalakulási határnál feltételezhetjük a legtöbb »üledékes kőzet«-nek a szokásos értelemben vett metamorf kőzetté való átalakulását. (A tárgyalandó kísérletek a különféle kőzetek pontosabb izometamorfiáját is rendszeresen megállapíthatóvá teszik.) Minthogy pedig az ekvivalens átalakulás görbéje szerint az antracit-grafit határ kb. 16 000 m mélységben van, feltételezhető, hogy kb. ez az »üledékes kőzetek« előfordulásának mélységi maximuma. Itt kell azonban megjegyeznünk, hogy az »üledékes« és »metamorf« kőzetek elhatárolása konvenció dolga, s a kettő közt fokozatos átmenet van. Ha üledékes kőzetnek valóban csak azt neveznénk, ami csupán a szorosabb értelemben vett kőzetté formálódáson, diagenezisen ment át, de mélységi hatáson nem, úgy diagrammjaink szerint a legtöbb ú. n. üledékes kőzet, így pl. a kőszenek és az agyagok túlnyomó része metamorf kőzetnek minősülne, mint ahogy a szovjet kutatók, így *Porfirjev*, *Zsemcsujnikov* és nálunk *Vadász* professzor régóta hirdetik.

A legtöbb tan- és kézikönyv az üledékes kőzeteknek az üledékekből való képződését *diagenezis* néven különíti el a kőzetátalakulástól, a metamorfózistól. Eszerint a diagenezis — *Vadász* találó kifejezésével: a kőzetté formálódás — nagyobb nyomás- és hőmérséki hatás nélkül, csupán az üledékképződés, ill. a lerakódás tényezőinek hatására történik, és a lerakodás után viszonylag korán befejeződik. Meg kell állapítanunk, hogy az üledékes kőzetté formálódás folyamata sok esetben valóban az ilyen értelemben vett diagenezis hatására megtörténik, pl. kimosás, oxidáció, bizonyos cementációs és konkrécióképződési folyamatok, valamint a dolomitosodás egy része. De azt is meg kell állapítanunk, hogy a diagenezisnek tulajdonított folyamatok jelentékeny, talán éppen legjellemzőbb és legfontosabb része: a víztelenedés és az ezzel kapcsolatos ásványkémiai átalakulás az agyagokban és a kőszenekben elsősorban a réteg-

terhelési átalakulás, tehát geológiailag is hosszú ideig tartó nagyobb nyomás és hőmérsék, nem pedig a diagenezis hatására történik. Minthogy az üledékek más része, így a meszes és homokos üledékek, a rétegterhelési nyomás iránt eleinte meglehetősen érzéketlenek, ezért rögzítődhetett oly tartósan az a felfogás, hogy az üledékek általában az egyszerű diagenezis hatására válnak üledékes kőzetté.

6. diagrammunk megszerkesztését főleg a kalcit-kvarc-wollastonit rendszer egyensúlyára vonatkozó *V. M. Goldschmidt*-féle számítás és a mélységi kőzetövek ebből levezetett diagrammja tette lehetővé. E diagrammban a kristályospalaövek kb. a 30 m-es geotermikus gradiens, illetve az egyszerű rétegnyomás vonalán helyezkednek el. Ebben az elhelyezkedésben az nyer kifejezést, hogy a tektonikai mozgások, illetve különleges tektonikai hatások főleg csak a földkéreg külső öveire korlátozódnak : vagyis ez a felső kéregrész a »tektonoszféra«. Viszont ezek a hatások a mélyebb kéregrészekben mindinkább elenyésznek a növekvő rétegnyomás hatásával szemben. A dinamometamorf szárny tehát az átalakulás mértékének előrehaladásával mindinkább eltolódik a nyomástengely közeléből a nyomás- és hőmérséktengelyek középvonala felé, tehát az ekvivalens átalakulás görbéjének jobboldaláról e görbe folytatásának baloldalára.

Megkísérelhetjük ebben a diagrammban nemcsak az epi-, mezo-, kataövek, hanem az Eskola-féle ásványfáciesek területeit, azaz számszerű nyomás- és hőmérséki viszonyait megállapítani, továbbá a metaszomatozisok, a spilitreakció *pt*-állapotait feltüntetni. (A mellékelt diagrammban ez még csak részben és feltételesen történt meg.)

E diagrammban megadható ma már a legtöbb *ércformáció* optimális helyzete, illetve képződési nyomás-hőmérsék területe is. A magmás ércformációk nagyrészét ugyanis egyrészt a magmaműködés fázisával (folyós magmás, pegmatitos, pneumatolites, hidrotermális), másrészt a kapcsolatos magmatömeg mélységi jellegével (pl. hipabisszikus, szubvulkáni, vulkáni) jellemezhetjük. A magmaműködés fázisa nyilván hőmérséket, a kapcsolódó magmatömeg mélységi jellege pedig ez esetben elsősorban nyomást jelent. A diagrammban feltüntethetők az egyes kémiai elemek történetének, oldódásának és kiválásának nyomás-hőmérséki viszonyai is. Ilyenmódon a geokémiai elemvándorlások közelebbi körülményeinek megvilágítását is remélhetjük. De míg a hőmérséki viszonyokra az ásvány-földtani megfigyelések alapján már meglehetősen tájékozva vagyunk, a nyomásviszonyok ily megfigyelések alapján sokkal kevésbbé állapíthatók meg, és így ezekre főleg a következőkben ismertetendő nagynyomású kísérletek vannak hivatva fényt deríteni.

Természetesen ez a szintézis még kezdeti stádiumban van. Nem volt és nem is lehetett még célunk a különböző átalakulási hőmérsékek és nyomások pontos számítása. Vizsgálataink mai állapotában első feladatunk csak a módszer kidolgozása volt ; egyelőre utalni kívántunk arra a lehetőségre, hogy elsősorban a kőszenek és az agyagok pontosabb vizsgálatával és ezen vizsgálatoknak

a bemutatott úton való kiértékelésével támpontot nyerhetünk a kőzet- és földtan alapvető kérdéseinek *kvantitatív megoldásához.*

Tudomásunk van arról, hogy a Szovjetunióban ezen a téren is hatalmas tudományos tevékenység folyik, amelynek eredményei szovjet kartársaink oly sokszor tapasztalt segítségével rövidesen kellőkép tekintetbe vehetők lesznek.

Miért éppen *magyar* kutató veti fel a kőzetátalakulás kérdését ebben a formában? Azért, mert a hazai munkaterület különösen alkalmas e vizsgálatokra. Mélyfúrásaink rétegsorait egészen fiatal és igen gyors, különleges tektonikai hatástól alig befolyásolt üledékképződés jellemzi. Mélyfúrásaink nagyobb mélységeiben már aránylag erősen átalakult üledékes kőzetek is vannak, amelyekre azonban nem hatottak jelentékeny mértékben az ismeretlen nagyságú különleges tektonikai erők. Az innen kikerülő üledékes kőzetek átalakulását csupa viszonylag könnyen kiszámítható erő eredményezte. Átalakulásuk az egyszerű rétegterhelési átalakulástól mindössze az eltérő, de szintén könnyen mérhető geotermikus gradiensekben különbözik. De nekünk ezeknek az átalakulásoknak ismeretére különös szükségünk is van bányászati szempontból, mert kőszénbányászatunk különös nehézségei a mellékkőzetek csekély átalakulásával kapcsolatos kis szilárdságából és duzzadékonyságából adódnak.

A vizsgálati eredmények azonban szegényesek lennének, ha csak az egyetlen terület *pt*-változásai által jellemzett átalakulásokat vennénk tekintetbe. A *pt*-viszonyok jelentékeny kísérleti változtatásával az egyszerű rétegterhelési viszonyokon kívül megismerni igyekszünk a dinamometamorf és a kontakt szárnyat. Így eredményeinket a magmás kőzetek felé is kiegészíthetjük.

Ezeket az átalakulási folyamatokat kísérletileg *nagynyomású laboratóriumban* vizsgálhatjuk. A magyar szocializmus hatalmas fejlődése és tudománytámogatása lehetővé teszi, hogy ilyen nagynyomású kísérletek hazánkban is komolyan szóba kerülhessenek.

A tervbevett nagynyomású kőzetátalakítási vizsgálatok terén sem járhatunk azonban az eddig szokásos úton. Az ilyen jellegű eddigi kísérleteknek ugyanis csaknem állandó hibája volt az, hogy a természetet híven utánozni igyekezve, a nagynyomású kísérleteket teljesen *zárt rendszerben* végezték. Ez azonban megakadályozta a kémiai reakciók folyékony és gázalakú melléktermékeinek eltávozását is, így a tömeghatás törvénye értelmében a reakciók tökéletlenül folytak le. Félreértették a földkéreg mélyének ú. n. zártságát. A földkéregben a rendszerek ugyanis csak látszólag zártak, a valóságban félig zártak, mert a mellékkőzetek részben porozusak s így azok a hosszú földtani idők folyamán végső fokon csaknem korlátlanul képesek felvenni a folyékony és gázalakú melléktermékeket.

Még akkor sem zárt a földkéregbeli rendszer, ha az átalakuló kőszéntartalmú rétegsorban alig is van porozus, pl. homokos réteg. Ugyanis ilyenkor is a vető- vagy törésvonal, sőt akár a legegyszerűbb kőzethasadék, másrészt pedig a réteglapok, sőt egyetlen vékony porozusabb réteg is elégséges arra, hogy

a geológiai korok folyamán fokozatosan és teljesen elvezesse a keletkező melléktermékeket távolabbi porozusabb rétegekbe. Egyetlen vékony porozusabb réteg ugyanis a rajta áthaladó hasadékrendszerrel már távoli diffuziós összeköttetést létesít az évmilliós folyamatok számára.

A tervezett nagynyomású *kőzetátalakítási kísérletekben tehát félzárt rendszerrel* való munkát óhajtunk bevezetni, olyan módon, hogy az átalakítandó kőzetek közé porozus homokréteget iktatunk a melléktermékek elvezetésére. Sokszor tartós, többhetes kísérletre is szükség lesz, mert pl. az agyagátalakulás lassú folyamat.

Mindenekelőtt a különböző összetételű kőszenek ilyen rendszerben való sorozatos átalakítási kísérleteit kell majd elvégeznünk. Ezeknek a vizsgálatoknak először is jelentékeny gyakorlati céljai vannak. Említettük, hogy a szénbányászati *fejtési viszonyok* szempontjából milyen nagy jelentősége van a kőszén és agyagos mellékkőzetei szilárdsági viszonyainak. Ezek határozzák meg az agyag duzzadó képességét s így a talpduzzadás lehetőségét is. A fejtés legkedvezőbb módját előre megállapíthatjuk, ha ismerjük hogy a szénülés sokszor gyorsan változó mértékével miként változik a mellékkőzet szilárdsága. A legerősebb változások éppen a hazai területen uralkodó csekély szénülésfokú szénösszletekben észlelhetők, ahol a kis szilárdságból fakadó veszélyek is a legnagyobbak. E bonyolult összefüggést azonban a tényezők nagy száma (nyomás, hő, eredeti összetétel stb.) miatt egyszerű természeti, bányabeli megfigyelés alapján nem vezethetjük le. Ezért a kísérlet tetszőlegesen változtatható feltételeire van szükség.

Másrészt hazai kőszeneink nagyrésze éppen csekélyebb szénülési fokában különbözik a nagyobb értékűnek tekintett külföldi kőszenektől. Ha tehát bizonyos barnakőszeneinket az üzemi feldolgozáskor különböző szemnagyságú és fajsúly szerinti frakciókra szétválasztjuk, úgy egyes frakciók kisebb tömegű koncentrátumait nagygyomáson és hőmérséken akár üzemi mértékben is átalakíthatjuk »nemes« széntermékké.

A nagynyomású *kőszénátalakítási* kísérletekkel rendszeresen megismerhetjük az egyes szénelegyrészek viselkedését nyomás és a hőmérsékváltozással szemben. Ezekben a vizsgálatokban a szénkémikus és a szénpetrografus együttműködése elengedhetetlenül szükséges.

E kísérletekkel párhuzamosan egyszersmind más kőzetek, elsősorban agyag és a kőszénösszletek többi fontosabb mellékkőzetei, továbbá bentonit, bauxit, homokba zárt kőolaj és fémes érctartalmú kőzetek átalakítását is vizsgálhatjuk, ugyanazon próbatestben elhelyezett különböző kőzetsávok alkalmazásával. Az átalakított kőzetfajokat azután több kutatóból álló gárda rendszeresen vizsgálná szilárdság, kőzetszövet, ásványtani és kémiai összetétel, a nyomelemek vándorlása és koncentrálódási feltételeinek megállapítása szempontjából. E kísérletek fokozatosan kiterjednének a metaszomatikus elemvándorlásra és az *ércképződéssel kapcsolatos geokémiai folyamatok* kérdéseire

is. Itt geológusok, petrografusok és szénbányászok együttműködésére van szükség.

Befejezésül mindezek alapján javaslom egy *Akadémiai Földtani-Geokémiai Intézet* létesítését, amely karöltve dolgozzék a felállítandó Országos Nagynyomású Laboratóriummal, a most egyirányban körvonalazott kísérleti terv alapján.

HOZZÁSZÓLÁSOK SZÁDECZKY K. ELEMÉR ELŐADÁSÁHOZ

KERTAI GYÖRGY geológus

Szádeczky Elemér akadémikus előadásának azon részéhez kívánok hozzászólni, melyben az olaj és a kőszén előfordulásának a nyomás- és hőállapot függvényében való szabályszerűségére utal.

Elismerve az általa grafikusan igazolt exisztencia-feltételeket, a kőszénben levő olaj számára, rá kell mutatnom az ú. n. »*White*-féle« elméletnek a kőolaj keletkezésére vonatkozó kutatások eredményei között elfoglalt jelenlegi helyzetére.

A szénarány elmélet gyökerei olyan régiek, mint maga az olajkutatás. *Rogers* 1859-ben a pennszilvániai Pittsburg vidékén egy progresszivitást vélt felfedezni a terület illékony alkatrészekben dús kőszene és az antracit között. *White* a hamumentes anyagra számított »fix szén szám«-ot tartja a pusztuló szerves anyagrendszer elválasztó bélyegének a kőolaj és a kőszén között. A nyomás- és a hőmérséklet növekedése az üledéksoron belül — ugyanúgy az olajfajsúly növekedéséhez vezet, ahogy a szénülés fokozódását mutatja a *Hilt*-féle törvény.

A *White*-féle »izokarbon«-ok, mint határoló vonalak azonban már azon alapvető különbség miatt sem jelenthetik a döntő különbséget a szénülés és az olajjá válás között, mert a nagyobb dinamotermális hatást szenvedett kőszén is sokkal hívebben őrzi az eredeti szervezetek strukturáját, mint a kőolaj. A kőolajok keletkezésében és genetikai fázisaiban tehát nem a nyomás- és a hőmérséklet, hanem katalizált kémiai és biokémiai folyamatok játsszák a főszerepet. Erre utalnak *Porfirjev* megállapításai (1941), aki *Stadnyicsenko* és *Kogerman* szovjet szerzők és *Trask* amerikai szerző vizsgálatai alapján kimondja, hogy a bitumenes anyakőzetek szenes tömegének elbomlásakor nagymértékű gázkiválás csak 300°-nál magasabb hőmérsékleten jelentkezik. 200° és 300° között a gázkiválás jelentéktelen. Ebben a 200°—300° közötti gázban is még csak 0,8% a szénhidrogén, a többi uralkodólag nitrogén.

Egy ilyen gáznak természetes kőolajjá történő kondenzációja nyilvánvalóan nem volt lehetséges. Különösen cáfolja ennek lehetőségét, hogy az olajokban jelenlevő porfirinek 250°-on bomlanak el.

A kőolaj- és kőszénelőfordulások földtani viszonyai is cáfolják a közös eredet és eltérő fiziko-kémiai sors lehetőségét: sehol nem fordul elő azonos fáciesen belül — nyomás izobárral elválasztott olaj- és kőszéntelep. *Szádeczky* előadásában az olajos alkatrészekre vonatkozó megállapítások tehát a kőszeneket kísérő olajokra és zsírokra vonatkoznak.

EGYED LÁSZLÓ geofizikus

A természettudományok fejlődésük során kezdetben tisztán a jelenségek leírására szorítkoznak, majd a megfigyelési adatok növekedésével először minőségi, majd mennyiségi összefüggéseket keresnek a jelenségek között. A mennyiségi összefüggések tartalmazzák mindazokat a tényezőket, amelyek a jelenség lefolyására hatnak. A földtan néven összefoglalt tudományok folyamatait az jellemzi, hogy rendkívül sok és nehezen szétválasztható tényező befolyásolja őket. Ez az oka annak, hogy míg csaknem minden természettudomány óriásit haladt a minőségileg megfogalmazható törvényszerűségek terén, addig a földtan ennek még csak a kezdetén jár. Itt minden ilyenirányú eredmény úttörő jellegű. Ezért is nagyjelentőségűek *Szádeczky-K.* Elemér akadémikus szaktársunk most elhangzott előadásának eredményei. Az a felismerés, hogy a szénülés foka a mélység egyszerű függvényének adódik, míg az attól való eltérés minőségileg is magyarázható, az orogén területek különleges nyomás- és hőmérsékleti viszonyaival, a jelenségcsoport lényegének a megragadását jelenti, és a befolyásoló tényezők ismeretével lehetővé teszi, hogy a jelenség pontos összefüggésének igazolását laboratóriumi vizsgálatok alapján is meghatározzuk. Az a tény, hogy a szénülés statisztikailag függvénye a mélységnek, ismét egyik bizonyítékát szolgáltatja annak, hogy a szénülés folyamata a tőzeg-antracit folytonos vagy csaknem folytonos átmenet alapján történik.

Érdekesnek tartom megemlíteni, hogy a *Petraschek*-féle adatokat az előadó felkérésére más módszerrel, s a *Szádeczky*-féle adatoktól függetlenül magam is átdolgoztam, s az eredmény teljesen igazolta *Szádeczky* eredményeit. Ugyancsak érdekesnek tartom azt is megemlíteni, hogy szoros az analógia az *Athy*-féle üledéksűrűség-mélység összefüggés, mely utóbbi az előadás eredményei szerint jórészt az agyagok átalakulásának eredménye és a szénülésfok-mélység összefüggés között. Itt is felírható egy ilyesféle összefüggés:

$$y = C(1 - e^{Ax - B}),$$

ahol y a szénülésfok, x a mélység. Az egyenletben levő adatokra azt kaptuk, hogy $C = 100$, $A = 2{,}167$, $B = 1{,}285$, ha a mélységet méterekben mérjük.

A most megadott elméleti görbe a kezdeti részektől eltekintve, igen jó közelítéssel szolgáltatja a mélység-szénülésfok viszonyt.

Jelentőségük lehet *Szádeczky* professzor eredményeinek a geofizika szempontjából is. A geofizikust érdekelheti egy gyakorlati szempont, és érdekelheti egy elméleti szempont. A gyakorlati szempont az, amelyet az agyagokkal kapcsolatban kihozott, hogy az *Athy*-féle sűrűségeloszlás mindig elő fog állni, mégpedig olyasfélekép, hogy a mélystruktúrák gravitációs hatását lesimítja, mivel a szinklinálisok felé a vastagabb üledéksor alja erősebb átalakulással jár.

Az elméleti szempont pedig a következő: A földkéreg szerkezetével kapcsolatos fizikai megfigyelések mindig a mai állapotra vonatkoznak, de rendkívül nagyjelentőségű volna, ha pl. a hőmérsékleti viszonyokról vagy a

nyomásviszonyokról előző korokra is kaphatnánk adatokat. És éppen ezzel kecsegtetnek ezek az eredmények. Mert gondoljuk meg, ha a laboratóriumi kísérletek megadják reprodukálhatólag a szénülésfoknak nyomás- és hőmérséklettől való szigorú függését, akkor két egymás fölé települt, de azonos korú kőszénréteg szénüléséből ki tudnánk számítani a geotermikus gradiens nagyságát, hiszen a szénülés a hőmérsékletre sokkal érzékenyebb, a rétegnyomási viszonyok kiértékelhetők, a tektonikai nyomások pedig egyformáknak ekinthetők. A geotermikus gradiens időbeli változásának ismerete rendkívüt nagyjelentőségű volna a földkéreg mechanikájának megismerése szempolntjából. Ugyanilyen alapon esetleg lehetséges a szénülés mértékéből a tektonikai nyomásoknak a meghatározása is, egyes földtani korokra.

Mindezek gondolatok, amelyeknek kivizsgálása a jövő feladata lehet, de jelzik az elhangzott eredmények kilátásainak méreteit.

MÜLLER LÁSZLÓ bányamérnök

Szádeczky professzornak a bányászat részére számtalan új gondolatot és magyarázati lehetőséget adó előadásához bányászati vonatkozásban kívánok hozzászólni. Az előadásban ismertetett összefüggések kőszénbányászatunkra annál inkább jelentősek, mert kőszéntermelésünk, mint ismeretes, mindinkább a gyengébb minőségű, fiatalabb korú kőszénfajták felé tolódik el, amelyeknél tehát, az előadásban felvetett problémák két oknál fogva is különös jelentőségűek lehetnek.

A nagyvonalú előadásból és a közölt diagrammokból világosan látható, hogy már földtani és hegységszerkezeti előzetes vizsgálatok alapján is előre milyen következtetéseket vonhatunk a feltárandó kőszenek szénülési fokára, tehát egyik legjellemzőbb minőségi tulajdonságára. A minőségi kérdés tisztázásának ilyen lehetősége megkönnyítheti többek között a kitermelendő kőszén előkészítésének, valamint felhasználásának előre történő megtervezését. Más előkészítési, illetve felhasználási módjuk van ugyanis, eltekintve most egyéb minőségi tulajdonságuktól, a különböző szénülési állapotú kőszeneknek.

A közölt diagrammok alapján mód van arra is, hogy a kőszéntelepek egyik jellemző kísérő kőzetének, az agyagoknak várható tulajdonságaira előre következtethessünk tervező munkálatoknál. Hogy a kísérő agyagok kedvező, vagy kedvezőtlen, azaz az átalakulások mértékétől függő tulajdonságai, milyen nagy befolyással vannak a bányászati műveletekre, főleg a fejtésekre, azt a képlékeny, duzzadó agyagok sokszor alig megoldható nehézséget okozó problémájával világíthatom meg. Az ezzel kapcsolatos ismeretek kiterjesztése annál inkább előnyös a bányászatra, mert mint említettem, a mennyiségi termelés a viszonylag fiatalabb korú kőszénminőségek felé tolódik el, amelyeknél éppen az ilyen kedvezőtlen tulajdonságú agyagok jelenlétével és azok következményeivel kell számolni. Eddigi ismereteink viszont az erre vonatkozó vizsgálatok hiányában e téren nem voltak kielégítők.

Természetesen a rendkívül érdekes és a gyakorlati bányászat részére az előadottak nagyvonalúsága mellett is hasznosítható eredmények még további számtalan gyakorlati, illetve kísérleti adat felhasználásával finomíthatók oly mértékben, hogy exaktabb értékek megállapítására is alkalmasakká válnak a kiegészítendő diagrammok, mint amelyeket az előadó javaslatában említ.

Az elmondottakkal kapcsolatban, mint gyakorlati bányász, két kivizsgálandó példát szeretnék megemlíteni.

A középső miocén alsó részéhez, a helvéti emeletbe tartozó kőszénelőfordulásaink közül a várpolatait már a mult század hetvenes évei óta művelik. Az ugyancsak a középső-miocén alsó részéhez, annak helvéti emeletébe tartozó hidasi előfordulás rendszeres bányászata viszont csak most van megindulóban. E két kőszénterület közül a várpalotai anorogénnek mondható területen, míg a hidasi orogén területen fekszik. A két azonos korú kőszéntelep ennek megfelelően szénülési fokában eltérést mutat egymástól. A várpalotai csaknem egynemű, fás szerkezetű, amilyennek az ekvivalens mélységi átalakulásnak megfelelő görbe szerint lennie is kell. A hidasi lágy barnakőszén nem egynemű, hanem a különböző kőszén-elegyrészeknek megfelelően egymástól eltérő, de megállapíthatóan valamivel magasabb szénülési fokon levő kőszénfajta, amelynek görbéje az ekvivalens mélységi görbétől nyilvánvalóan jobbra fekhetik. Ezt a minőségbeli különbséget a hidasi kőszén jövőbeli előkészítésénél és felhasználásánál nem szabad figyelmen kívül hagyni. Kérdéses kőszénminőségek részletesebb vizsgálata értékes adatkiegészítéseket adhat az előadás anyagához. De fontos volna a mindkét kőszénelőfordulás telepéhez közel fekvő agyagok tulajdonságainak részletes vizsgálata is. Így a hidasi mélyebben fekvő és ma még ismeretlen kísérő kőzetviszonyokra kaphatnánk az előtervezéseknél figyelembe vehető támpontokat.

Megemlítem további példaképen a salgótarjáni medence alsó miocénkorú kőszeneinek minőségében és a kőszéntelepeket kísérő agyagok tulajdonságainak eltérésében észlelhető lényeges különbségeket. Az egész salgótarjáni medence tektonikai viszonyai nagyjából egyezőek és ismeretesek. Itt a kőszén minőségét és a telepet kísérő agyagot befolyásolható két tényezőt emelhetek ki. Az egyik a kőszénképződés után a tortonai emelet határán bekövetkezett orogenetikus folyamattal kapcsolatos, mely a kőszéntelepes rétegcsoportot a felette levő helvétiai emelet rétegcsoportjával együtt meggyűrte, és a medencében jellemző ÉNy—DK-i és ÉK—DNy-i irányú vetőrendszert hozott létre. Az orogenetikus hatás tehát az egész medencében közel azonosnak feltételezhető. Az orogenetikus hatással egyidejűleg azonban olyan vulkáni tevékenység éledt újra, amelynek következményeképen piroxénandezit rétegvulkánsor keletkezett. A hatalmas extruziós és intruziós magmatömegek a medence egy részében, nevezetesen annak délnógrádi részében, a kőszén minőségében jelentős változást idéztek elő. Ezek az érintett délnógrádi kőszenek elég kiterjedt területen termikus metamorfózison mentek át, úgyhogy magasabb szénülési stádiumba kerültek, mint

a medence ilyen hőhatásoknak ki nem tett kőszenei. Igen hálás és hasznos eredményeket adó vizsgálatsorozat volna tehát elvégezhető a különböző kőszéntulajdonságok részletes megállapításával. Megemlíthetem, hogy gyakorlati vonatkozásban épp ezen eltérő kőszéntulajdonságok miatt van folyamatban a délnógrádi kőszenek előkészítésére és felhasználására vonatkozó egészen újszerű részletterv kidolgozása.

A kőszéntelepeket kísérő agyagok is, úgylátszik, a dinamometamorf és termikus kontakt hatásoknak megfelelően ugyancsak észlelhető különbségeket mutatnak. Ezt a gyakorlati bányász, a sok helyen, de nem mindenütt azonos módon fellépő agyagduzzadás következményeképen észlelheti, kellemetlen következményeivel együtt. Az agyagoknak az előadás szellemében történő vizsgálata, részleteredmények szolgáltatásával, alkalmas lehetne az ismertetett diagramm-sorozatnak megfelelő finomítására.

A felszólalás rövid időtartama nem engedi meg, hogy *Szádeczky* professzor előadásának az ércbányászatra vonatkozó, általa érintett és véleményem szerint nagyjelentőségű megállapításaival foglalkozzam. Ezeket tudo másom szerint amúgyis külön ismertetik. Ezért befejezésül még csak annyit tartok szükségesnek hangsúlyozni, hogy elméleti eredmények részletvizsgálatok nélkül is alkalmasak lehetnek hasznosítható gyakorlati következtetések levonására. De az előadásból azt a következtetést is levonhatjuk, hogy számtalan gyakorlati, kísérleti vizsgálat szükséges még ahhoz, hogy pontosabban meghatározható olyan értékeket kaphasson a gyakorlati bányászat, amelyet nemcsak általánosságban, de részletkérdésekben is eredményesen felhasználhat. Ezért azt kell javasolnom, hogy a létesítendő nagynyomású kísérleti intézet mellett, amely valószínűen az ércbányászati problémákkal fog elsősorban foglalkozhatni, a Szénbányászati Ipari Kutató Laboratórium, mely kisnyomású présekkel is rendelkezik, a már megindított és a kőszéntelepeket kísérő mellékkőzetek tulajdonságaival is foglalkozó kutató munkáján, a szilárdsági vizsgálatokon fellül végezzen a kísérő kőzetekre vonatkozóan további vizsgálatokat is.

E vizsgálatoknak a kőszéntelepek mellékkőzeteinek további fizikai tulajdonságaira, így a porozitás, a sűrűség, a térfogatsúly, a vízfelvevő képesség stb. vizsgálatára kell kiterjednie.

Az említett vizsgálatok eredményei *Szádeczky* professzor rendkívül értékes előadásának megállapításait és tanulságait hasznosan fogják oly módon kiegészíteni, hogy a bányászat hatalmas feladatainak megoldásánál jelentős segítséget kap.

VADÁSZ ELEMÉR geológus

Szádeczky professzornak a szénkőzetek és egyéb üledékes kőzetek átalakulási folyamataira vonatkozó mintaszerű dialektikus okfejtéssel felépített elgondolásai tárgyi kiegészítésre vagy további igazolásra alig szorulnak. Bevezetőjé-

ben a kérdés megállapításával vázolta az eddigi vizsgálatokat, s azoknak továbbépítésével, az élenjáró szovjettudomány mintájára jelölte meg a vizsgálatok további menetét. Nem lesz érdektelen talán, ha ennek a nagyjelentőségű kérdésnek tudománytörténeti előzményeiről is szólunk.

Szádeczky professzor a kőzetátalakulási módok, folyamatok nyomás- és hőviszonyainak vizsgálatában a kőszénfajtákból indult ki, s ezekre vonatkozó megállapításait vezeti tovább egyéb üledékes kőzetek átalakulási mélységi- és hőviszonyaira. Az átalakult kőzetek tudvalevőleg a legújabb idők kőzetgenetikai vizsgálatai nyomán, egészen új megvilágítást nyertek, s azokat a külső erők kéregmozgásos jelenségeivel hozzuk kapcsolatba. A kőzeteknek ebbe a csoportjába, az ásványtani és kőzettani alapon megállapított átalakulási folyamatok szerint, általában csak a kristályos palák gyüjtőneve alá foglalt kőzeteket sorolták.

A kőszén azonban üledékes kőzet, amely — keletkezésének fokozatos megismerésével — mindinkább különállóvá vált a többi biolit, sőt az összes üledékek között. A mintegy három évtized óta hatalmas méretűvé fejlődött, új módszerű kőszén-kőzettani jellegek részletes megismerése, főként azoknak a fizikai, vegytani sajátságokkal való földtani egyeztetése, a kőszénfajtákat az eredeti üledékből, a növényi fölhalmozódás anyagából többé-kevésbbé egészen megváltozott, valósággal átalakult anyagnak ismerte fel. A szénkőzetek helyét tehát az átalakult, metamorf kőzetek csoportjában kellett kijelölni. Ez a gondolat mintegy négy évtizeddel ezelőtt, talán *White*-nél vetődött fel először, aki a kőszenet a metamorfizmus legalacsonyabb fokán levő kőzetnek minősítette. A kőzettan akkori leíró irányzatában természetesen elképzelhetetlen volt a csillámpalák és a gneisz vagy akár a kristályos mészkő mellett a szénkőzeteket is a metamorf kőzetek közé helyezni. De a kristályospalák kőzetgenetikai vizsgálata és a kőszén-mikroszkópia, valamint a kőszén-vegytan jól összeegyeztethetővé teszi a legkülönbözőbb alkatú és anyagú kőzeteket az átalakulás, a metamorfizmus sokrétű folyamatában.

A nyugati irodalomban ez a határozott állásfoglalás még bizonytalan. A szovjet tudomány azonban kezdettől fogva ezen az alapon áll, és különösen geokémiai vonalon igen nagymértékben tisztázta a tőzeg-barnakőszén-antracit-grafit sorozat genetikus összefüggését és átalakulási menetét. Elég, ha az erre vonatkozó gazdag irodalomból csak *Stadnyikovnak*, *Porfirjevnek* és *Zsemcsujnyikovnak*, *Szádeczky* professzortól is említett összefoglaló munkáira utalok. *Porfirjev* a kőszenek metamorfizmusáról szóló, 1948-ban megjelent könyvében rámutat arra, hogy a kőszén keletkezésének minden részletében való megismerése gyakorlati tekintetben nagyon fontos, mert a kőszén feldolgozásában új technológiai módszerek létesítésére vezet. Megállapítja továbbá, hogy az erre vonatkozó eddigi elméletek és vizsgálatok többnyire a földtan, kőzettan, fizika és kémia oldaláról csak különállóan történtek, és a földtani főtényezőket, a hő, a nyomás és az idő hatását, rendszerint egymástól elválasztva tárgyalták.

Porfirjev a kőszén-metamorfizmus kérdését, *Stadnyikov* és *Orlov* vizsgálatai szerint, a felhalmozódó növényi anyagok vizsgálatával kezdi. Ezeknek bomlásából, a tőzegesedés folyamatában a ciklikusan polymerizálódó, majd kondenzálódó vegyületek vesznek részt, telítetlen zsírsavak, fehérjeszármazékok, lignin, sőt *Berl* szerint a cellulóze is, amely fenol-karbon-savakon keresztül átalakulhat ligninné. A ligninből bakteriális hatásra huminsav keletkezik. Így alakul ki biokémiai tényezők hatására a tőzeg, amely félig szétbomlott növényi részekből áll. Ezeket huminsavak és zsírsavak tapasztják össze. A kolloidális öregedés folyamán ezek a savak egyre szilárdabb halmazállapotba kerülnek.

A tőzegstádiumból, amelyet még szénhidrátok jelenléte jellemez, főleg a kolloidális öregedés hatására alakul ki a barnakőszén-stádium. Szénhidrátok már nincsenek jelen, a huminsavak még carboxyl-csoportot tartalmaznak. Biokémiai reakciók már nincsenek, mert a szénülő anyagot többé-kevésbbé vastag üledékes réteg borítja, ugyanakkor a víztelenedés és a fokozódó sűrűsödés lehetetlenné teszi anaerob mikrobák működését is. A nyomásnak még nincs nagy szerepe, legfeljebb elősegíti a kolloidális öregedést.

A következő *kőszén-stádiumban* a carboxyl-csoportok leszakadnak a huminsavakból. Döntő szerepe van ebben a hőnek, míg a nyomás legfeljebb megakadályozza a hőokozta bomlás termékeinek eltávozását.

Az eddig vázolt folyamatban az összes növényi anyagok résztvehetnek. A további átalakulásban, az eddigitől minőségileg is eltérő magasabb fokú karbonizációban csak az olvadékony, zsírsavakat is tartalmazó anyagok vesznek részt. Ezt a *grafitoid stádiumot* a szerves oldallánc-vegyületek hiánya jellemzi, grafit-kristallitok és szénatomok üvegszerű konglomerátumával. Ennek a szakasznak kezdete az *antracit-fázis*. A szerves vegyületek mind szétbomlottak, a grafitkristallitok tömörülnek és egymásh oz orientálódnak. A zsírnemű anyagok származékai részben felolvadnak. Ennek a folyamatnak létrehozásában a *nagy nyomás és a hőmérséklet* vesz részt. Ennek eredménye a *grafit-fázis*, teljes karbonizációval és a makro-kristályok kialakulásával.

A makro-kristályok kialakulása újrakristályosodással történik. Az anyagnak ilyenkor üvegszerű felépítése van. Ebben a magasabb karbonizációban csak az olvadékony kőszenek vehetnek részt.

A szénkőzeteknek ilyen átalakulását Porfirjev a kristályképződés röntgenfelvételeivel is szemlélteti, s rámutat a további kiegészítő vizsgálatok szükségességére. A folyamatnak ilyen levezetése, a legkonzervatívabb petrografus-mineralógusokat is meggyőzheti a szénkőzetek metamorf jellegéről, mert itt anyagban, alakban, szerkezetben, sőt még kristályosodásban is, a metamorf jelenségek megtalálhatók.

Itt kapcsolódnak be a *Szádeczky* professzortól előadottak az átalakulás kérdésébe a hő, a nyomás, és az időtényezők együttes szerepének vizsgálatával. Ezek a grafikonok a minőségi változások megállapított tényeit mennyiségi összefüggésben szemléltetik. Az elméleti elgondolás bizonyítására aligha lehetne

a kőszénnél jobb anyagot találni, mert ennek a kiinduló anyag különbözőségeiből és az átalakulás különböző mértékéből adódó sokfélesége a lefolyt jelenségekre való visszakövetkeztetést elősegíti. A kőszén metamorfózisa földtanilag ugyanolyan hő- és mozgásjelenség, mint valamennyi többi metamorf kőzeté. Az átalakulás végterméke, az átalakult kőzetek különbsége az anyagok eltérő voltából és az átalakító hatásokkal szemben eltérő viselkedéséből adódik. Nyilvánvaló, hogy ugyanazon hatásokra másként reagál a mészkő, mint a homokkő, és másként az agyag vagy a bauxit és a kőszén. Szükség van tehát valamilyen összehasonlító alapra, amelynek felhasználásával a különböző elváltozásokat vonatkoztassuk, közös nevezőre hozhassuk. Ilyen összehasonlításra alkalmasnak igérkezik a Szádeczky megállapította „ekvivalens mélységi alakulás« mértéke.

A kőszén termikus és dinamikus átalakulásában vegyi megkülönböztetés ed dig nem volt. *Porfirjev* vizsgálatai szerint ez is adva van. *Szádeczky* szerint a barnakőszénfajták víztartalma az »ekvivalens mélységi alakulás« görbéiben azonosítható módon érzékelődik. A feketekőszén-antracit-grafit átalakulásban már a hő és a nyomás érvényesül az illó alkatrészek mennyiségének *Hilt*-szabály szerinti magyarázatában.

A dinamometamorf folyamatok kőszénátalakító hatásának igazolt ténye azonban még ismeretlen tényezők közreműködéséből következő, vitatható ellentmondásokat tartalmaz. Az utóbbiak között elsősorban vitatott a hőfok nagysága és az átalakulási időtartama. Egyes kőszénvegyészek által feltételezett többszáz fokos hőmérséklet alig képzelhető. Ez így a karbon-összletek rétegterhelési mélységi adatából elfogadhatóbban kiadódik. A földtani tények mindenesetre arra utalnak, hogy a nyomás a regionális átalakításban lényegesen nagyobb jelentőségű a kőszénátalakításban, mint a hő. Erre utal az a sokszoros megfigyelési adat, mely ugyanazon településszlet tektonikailag erőteljesebb mértékben érintett részeiben, nagyobb átalakulási fokon levő kőszénfajtát eredményezett, mint a telep zavartalanabb szakaszain.

Az időtényező alárendeltebb szerepének közismert példája a Moszkvai-medence alsókarbon barnakőszén fajtája. Sok kőszénösszletben a telepek közvetlen homokkő fedőrétegében a legközelebbi telep anyagával kőszén-kőzettanilag azonos jellegű, valóságos kőszénkavicsok vannak. Ezeknek kőszénné alakulása a homokkőbe zártan alighá történhetett epigenetikus módon, ami viszont a kőszenesedés lefolyását érthetetlenül rövidre szabja, szinte diagenetikus méretekre csökkenti.

Mindezek az ellentmondások áthidalhatók lesznek, ha az átalakulás mennyiségi értékét nemcsak a kőszénre, hanem a kőszénösszlet egészére, s különösen annak valamennyi kőzetfajtájára nézve, a *Szádeczky* által felvetett módon kiértékeljük és együttesen vizsgáljuk. Az üledékes kőzetek átalakulási nyomás- és hőviszonyának ismerete pedig átvezethet a metamorf kőzetek intrakrusztális keletkezésének közelebbi mennyiségi értékeléséhez az így nyert értékek kísér-

leti ellenőrzésének lehetőségével. Új gyakorlati jelentőségű eredményeket várhatunk itt medencéink nagy vastagságú üledékeinek átalakultsági megítéléséből, azok mélységi helyzetének számszerű értékeléséből.

Összefoglalva a mondottakat: az erre vonatkozó vizsgálatok és kísérletek céljából javasolt földtani-geokémiai kutató intézet létesítését nagy örömmel vennénk és szükségesnek tartjuk. Szükségesnek, mert ezzel hazai barnakőszénfajtáinkon végrehajtott vizsgálataink szervesen bekapcsolódnának a szovjet tudomány ezen a téren is úttörő vizsgálati módszereibe, és az általuk kijelölt úton kiegészítjük, földtanilag teljessé tesszük eddigi kőszénvizsgálatainkat. Részemre személyes elégtétel ennek a vizsgálati iránynak a megvalósulása. A hivatalos tudományból kiközösítve, a kapitalizmus sovány zsoldján, eszközök és tudományos kutatási lehetőségek nélkül, negyedszázadon át hiába ábrándoztam a magyar kőszénfajták sürgető, korszerű vizsgálatáról. Örömmel állapíthatjuk meg, hogy ezt most népi demokráciánk tudománypártolása megvalósításra juttatja.

A BÁNYÁSZAT KORSZERŰSÍTÉSÉNEK KÉRDÉSEI

VARGHA BÉLA
bányamérnök, a Bányatervező Iroda műszaki vezetője
előadása az 1950 november 30-iki osztályülésen

A szénbányászat termelésének mennyiségét az ország szénszükséglete szabja meg. A nehézipar, a közlekedés, a villamosítás, az általános ipar és mezőgazdaság rohamos fejlődése, az előirányzott tervek túlteljesítése, a szénbányászattól is ugrásszerűen fokozódó termelést követel.

Szénbányászatunk az utolsó békeév termelését a hároméves terv végével 143%-ra emelte, az ötéves terv végén pedig már a 280%-ot is meg fogja haladni.

Vasércbányászatunk távolról sem tudja biztosítani mennyiségileg, de minőségileg sem az ország szükségletét. Feladata arra irányul, hogy a hazai adottságok kihasználásával a maximális mértékre fejlődjön, és ezzel a külföldi behozatalt csökkentse. A fejlődés az utolsó békeévhez viszonyítva a következő:

a hároméves terv végén	91,1%
az ötéves « «	184,8%

Mangánbányászatunk fedezi a szükségletet, sőt exportra is képes. Nemesfémbányászatunk kutatásra korlátozódik, csak az egyik üzem tért át napjainkban a rendszeres művelésére.

A vegyes bányászatunk hatáskörébe tartozó kaolin, kvarcit, kovaföld, ipari mészkő, földpát, üveghomok, puccolán, bentonit, talkum, tűzálló agyag bányászata még a műszaki szervezés stádiumában van. Már rövid néhány hónapos multja is arra utal, hogy ez az eddig teljesen elhanyagolt bányászati ág, szakszerű és egységes vezetés mellett, a használható ásványok egész sorát tudja népgazdaságunk rendelkezésére bocsátani. Kis volumenje mellett is már igen figyelemreméltó eredményeket mutat fel. Azáltal, hogy az eddig importált anyagok egy részét hazai bányákból tudja előállítani, sőt egyes, világviszonylatban is kiváló termelvényeivel (puccolán, kovaföld, bentonit) fokozódó exportra is képes, fejlődése a legszebb reményekre jogosít.

Tőzegbányászatunk is átszervezés alatt áll. Fejlődésének elején még a mezőgazdaság szükségletét is alig tudja biztosítani.

A rendelkezésre álló készlet és a kitermelt tömeg tekintetében a szénbányászat adja a túlsúlyt. A kitermelt érték százalékos megoszlása jelenleg az egyes bányászati ágakban a következő:

szénbányászat	92,8
ércbányászat	4,0
vegyes bányászat ..	2,4
tőzegbányászat	0,8

A szénbányászat túlsúlya korszerűsítési kérdések túlsúlyában is jelentkezik, ezért főleg ezzel a bányászati ággal foglalkozunk. A problémák azonban értelemszerűen a társbányászati ágakra is vonatkoztathatók.

Az ország geológiailag becsült szénvagyona szénfajtánként a következőképpen oszlik meg:

feketeszén 11,6%
barnaszén 50,3%
lignit 38,1%

Az 1949. évi széntermelésünk ezzel szemben a következőképpen alakult:

feketeszén 12%
barnaszén 82%
lignit 6%

Lignittermelésünk tehát túlzott mértékben elmaradt az országos szénvagyon százalékos arányától, s helyét a barnaszén foglalja el. A barnaszénkategórián belül is jelentékeny eltolódás jelentkezik az alapszeneinket képező legjobb minőségű barnaszeneink túltermelésében.

Irányvonalunk az, hogy széntermelésünket az ország szénkészletfajtáinak arányához idomítsuk. Ez a törekvés már az ötéves tervünkben is érvényesül, amikor lignittermelésünket 14,7%-ra emeljük, és a gyengébb barnaszeneket is nagyobb arányban aknázzuk ki.

Az országos széntermelés összetételében a szénfajták arányának megváltozása a tüzelő berendezések átalakítását, illetve a gyengébb szénfajtáknak megfelelő berendezések létesítését vonja magával. Ez a folyamat azonban az iparban nem tart lépést a szénbányászat termelvényeinek változásával, és ezért a fogyasztók körében panaszok és zavarok keletkeznek. A zavartalan üzemmenet érdekében a bányászat ismételten átalakította tervét, és az átalakulást a legkisebb ütemre állította be. Tudomásul kell azonban venni, hogy a fejlődés kérlelhetetlenül a gyengébb minőségű szenek fokozottabb kitermelésére irányúl, és vétkezünk, ha a fogyasztást nem állítjuk ebbe a vonalba.

A tervgazdálkodás következtében már kialakulóban van egyes szénfajták felhasználási területeinek elhatárolása. A feketeszén kokszolható részét teljes egészében kohókoksz előállítására fogjuk felhasználni. Alapaszeneink az erre épült berendezések kielégítésére és a háztartás ellátására hivatottak. Az ipar jelenleg még ezt a fajtát fogyasztja oly mértékben, hogy emellett a háztartások háttérbe szorulnak. Az iparnak azonban fokozatosan le kell térnie az alapszenek fogyasztásáról, és a felszabaduló mennyiséget részben a háztartásoknak, részben a kémiai iparnak kell rendelkezésére bocsátania.

A gyengébb barnaszeneket az ipar, közlekedés, mezőgazdaság körében kell felhasználni. A cél az, hogy a nagyobb szénvagyonnal rendelkező szénmedencékre vagy azoknak közelében települjenek a szénigényes ipari üzemek.

A lignit szállítását alacsony kalóriája miatt mellőzni kell. Felhasználása az előfordulás helyére épült vagy építendő ipartelepekben eszközlendő.

A háztartási szenekben fennálló hiányt lignitek ahidrálásával kívánjuk pótolni, úgy hogy a legalacsonyabb értékű szénfajtából, kellemes tüzelési tulajdonságú szenet bocsátunk a háztartások rendelkezésére. Az ahidrálás letakarással, kigőzölögtetés útján, még kikísérletezés alatt áll.

A hasznosítható ásványokban évről évre emelkedő szükséglet a kutató mélyfúró tevékenység erélyes fokozását teszi szükségessé.

A bányászati kutató mélyfúrás a felszabadulásig nagy mértékben elhanyagolt terület volt. Általában csak a jogosítvány tárgyát képező ásványra korlátozódott. A fúrási felszerelés 30—40 éves, elhasznált és elavult, kis teljesítményű berendezésből állt. A fúrások száma egy-egy feltárandó mezőben a szükségletnek alig 30—50%-át tette ki. A mélyfúrások megtakarítását aztán a bányaüzemek sokszorosan fizették meg termelési és feltárási többletköltség alakjában.

Egyrészt a felsorolt hiányok pótlása, másrészt a föld alatt még mindig rejtőzködő ásványok felkutatása, továbbá a kutatásoknak mind nagyobb mélységre való kiterjesztése, a mélyfúró berendezések sürgős korszerűsítését követeli meg.

A Bányászati Mélyfúró Vállalat berendezéseinek csak 1,7%-a mondható teljesen korszerűnek. Az egész berendezés 52%-a kiselejtezésre és modern berendezésekkel való pótlásra vár. Be kell szerezni önjáró portabilis magfúrót, Rotary és kombinált berendezéseket. Csak ezeknek a beállításával várható a helyzetnek az a lényeges javulása, amely az 1949. évi napi teljesítménynek mintegy *250%-os emelkedésében fog jelentkezni.*

A mélyfúrással kapcsolatban meg kell emlékezni az átfúrt telepek csapásának méréséről. A vetődésekkel, gyűrődésekkel zavart településeink mellett a csapásvonal megállapítása számítás vagy szerkesztés útján általában megbízhatatlan. Ennek következtében a bányatervező nem rendelkezik olyan adatokkal, amelyek a település kiértékelését egyértelművé tennék, a telepítést pedig a legcélszerűbben és leggazdaságosabban eszközölhetnék. A fúrások eredményeinek pontos kiértékeléséhez nem tudjuk tovább nélkülözni a *csapásmérő műszerek* beszerzését és alkalmazását.

A kutató fúrásoknak ki kell terjeszkedniök a hasznosítható ásványok kutatásán felül az átfúrt, de nem hasznosítható anyagok pontos vastagságának minőségének és tulajdonságainak megállapítására is. Ezeknek ismerete u. i sok esetben döntő befolyással lehet a telepítésre, a feltárásra és a lefejtési rendszer megválasztására. A fiatalabbkorú széntelepek fokozottabb művelése különösen a vízdús üledékek vastagságának, elhelyezkedésének, hidrológiai viszonyainak kivizsgálását hozza előtérbe. Figyelemmel kell lenni arra is, hogy a fúrások által az alsó vagy felső vizek összeköttetésbe ne kerüljenek a lefejtendő ásványtelepekkel.

Új, hasznosítható ásványterületek felkutatása, kutató és tanulmányi fúrások kijelölése, az átfúrt rétegek anyagának kivizsgálása, az eredmények

gyors felhasználása érdekében a legszorosabb kapcsolat és együttműködést kell létesíteni a Bányászati Főosztály és a Földtani Intézet között. Csak e két szervnek legharmonikusabb kooperációja biztosítéka a kutatás sikerének.

A bányászati kutatómunkába szorosan be kell kapcsolni a geofizika eszközeit, ezek közül is a legelsősorban a legtöbb reményre jogosító szeizmikus módszert. A Geofozikai Intézet ez ideig nem rendelkezik annyi felszereléssel, hogy alapszeneink feküjének helyzetét és tagozódását — amely a vízbetörés veszélyét rejti magában — megállapíthassa, illetve az erre vonatkozó kísérletezést elvégezhesse. Ennek a mérési módszernek kikísérletezésére nem elegendő néhány heti próbálkozás. A kérdés rendkívüli fontossága egy külön műszer és külön mérési csoport beállítását és a módszer teljes kivizsgálását nemcsak indokolttá, hanem parancsolóan és égetően szükségessé teszi.

A szénbányászat a kimerülő mezők pótlására, a szénigény nagyarányú emelkedésének biztosítására a hároméves terv folyamán 10 nagy teljesítményű bányaüzemet telepített napi 15 000 tonna termelőképességgel. Ezek az üzemek az ötéves terv folyamán teljes kapacitásukkal üzembe kerülnek. Az ötéves terv folyamán további 14 bányaüzem feltárása indul meg 19 000 tonna napi termelőképességgel. Ezekből az ötéves terv végén napi 9000 tonna már kitermelésre is kerül. Az 1954. évi termelési szükségletet a szénbányászat a következőképpen fogja biztosítani:

a már meglevő bányák jelenlegi képességének szabad kifutásából	40,8%
a fenti bányák kapacitásának fejlesztéséből	30,8%
a hároméves tervben telepített bányákból	16,8%
az Ötéves terv folyamán megnyitandó bányákból	11,6%
összesen	100,0%

A megfelelő bányamező feltárása mellett is a többtermelés biztosítása két egymással ellentétes hatás érvényre jutásával érhető el, ú. n.:

a) a dolgozók számának szaporításával;

b) a munkafolyamatok gépesítésével.

A bányászat már az ötéves terv elején létszámhiánnyal küzd. Főleg az utánpótlás vonalán aggasztó a helyzet, de még a törzsökös bányászoknál is észlelhető az elvándorlás más ipari szektorok felé. Ilyen körülmények között tehát nem észszerű a többtermelés megszervezése pusztán létszámemeléssel.

Kidolgoztuk a bányászat gépesítési tervét a jelenlegi létszámmal a kívánt termelés figyelembe vételével. Az eredmény azonban olyan tömegű gép- és felszerelési szükségletet mutatott, amelyet a hazai, még csak fejlődésben levő bányagépiparunk csupán részben tud biztosítani. A megoldás tehát egyelőre csak a középúton lehetséges, azaz a belföldön és az importtal beszerezhető gépek beállítása mellett a még jelentkező termelési hiányt létszámemeléssel kell biztotani. Bányászatunkban évente a létszám 5%-os kiesésével számolhatunk. A bányá-

szatnak a kilátásba helyezett gépesítés mellett az ötéves terv folyamán 23%-os létszámemelést kell végrehajtania. Az öt év folymán tehát a jelenlegi létszám 48%-ának megfelelő pótlásáról, illetve létszámemelésről kell gondoskodnunk.

Világviszonylatban is súlyos probléma a bányászat létszámhiánya. Ezen úgy igyekeznek enyhíteni, hogy a bányászt valamennyi iparág dolgozóihoz képest magasabb javadalmazásban és különleges kedvezményekben részesítik, de nem utolsósorban azzal is, hogy a nehéz fizikai munkát igénylő munkafolyamatokat gépi erővel végeztetik.

A Szovjetunió gondoskodása e tekintetben is messze előljár, és a bányász megbecsülésében minden államot mérföldekkel megelőz. A szovjet bányász magasabb bérben és olyan kedvezményekben részesül, amelyek más iparágakban nincsenek bevezetve, és amelyek a végeredményben lényegesen magasabb életszínvonalat biztosítanak számukra minden más iparág dolgozóihoz képest. A magasabb javadalmazás mellett a bányák gépesítésével a munkakörülményeket annyira megjavították, hogy már mindjobban kivész a fizikai dolgozó bányász, és helyét a gépeket kezelő és irányító bányatechnikus foglalja el.

A munkakörülmények megjavítása, s a rendkívüli anyagi kedvezmények nyújtása mellett a szovjet bányásznak még különleges megbecsülésben is van része. Lenin és Sztálin elvtárs a szovjet hatalom első napjaitól kezdve személyesen és mindig különös figyelemmel és gondoskodással fordult a bányaipar dolgozói felé, és számtalan beszédükben kifejezésre is juttatták megbecsülésüket.

A Szovjetunióban rendszeresítették évente a bányásznapot, amikor »az egész nép külön is kifejezésre juttatja elismerését és tiszteletét a bányászok iránt.«[1])

A magyar bányászat is elindult már a gépesítés és a bányász dolgozók kiemelése útján, de még messze áll attól, hogy a három és az ötéves tervek rohamos fejlődése következtében fellépő és állandóan növekvő munkáshiány közepett a bányászszakmát csábítóan vonzóvá, a bányász helyzetét pedig irigylésreméltóvá tegye. Ehelyütt is szükségesnek tartjuk hangsúlyozni, hogy Onyika, szovjet szénbányászati miniszter első helyettese kifejtette bányásztanulmányi bizottságunk előtt, hogy a bányászoknak nyujtott maximális juttatások és kedvezmények nélkül az általános munkaerőhiány következtében már régen nem lennének szakmunkásaik. Felhívta a figyelmünket a kérdés gyors megoldására, mert különben nálunk is be fog következni a bányászutánpótlás lehetetlenülése. Az ipar egyéb ágai el fogják szívni szakmunkásainkat. Örömmel kell e helyütt is megemlítenünk, hogy a Pártnak és a kormányzatnak a szénbányászat és a szénbányászok érdekében hozott határozatai és intézkedései ezt a súlyos problémát is megoldották. Ezt a gondoskodást a szén-

[1]) Lásd: *Bányászati tudományok fejlődése a Szovjetunióban.* A. Szkocsinszkij, A. N. Tyerpigorev és L. D. Sevkajov akadémikusoktól.

bányászok a november 26-i termeléssel és a hétköznapokra meghatározott mennyiségnek 169,1%-os teljesítésével köszönték meg.

A szovjet példán elindulva műszaki vonatkozásban a magyar bányászatnak is egyik legfontosabb feladata az ötéves terv folyamán a nehéz fizikai munkák gépesítése, a bányász munkájának könnyítése és ezen keresztül a teljesítménynek és a termelékenységnek emelése, a bányászatnak őstermelésből iparrá való átalakítása.

Az átalakítás fő lépcsői a következők:

1. közép és nagy üzemek létesítése,
2. a szállítás gépesítése.
3. könnyű gépesítés.
4. a feltárások és elővájások meggyorsitása,
5. a tömegtermelésre alkalmas fejtések kialakítása és gépesítése.
6. a bányafenntartás csökkentése,
7. bányavillamosítás,
8. a szénelőkészítő művek korszerűsítése.

1. *Közép- és nagy üzemek létesítése*

A kapitalista rendszer azáltal, hogy a hasznosítható ásványok nagy részét a földbirtok tartozékává tette, megakadályozta a lelőhelyek észszerű kiaknázását. A külszíni földtulajdonosok határai u. i. nem azonosak a bányászati javak települési határaival. Az alkú tárgyát képező bányanyitási hozzájárulást a földtulajdonosoktól esetenként kellett megszerezni. Ismételten előfordult, hogy egy telepítéssel feltárható ásványmezőre 4—5 különböző vállalkozó szerzett engedélyt, és a művelést egymástól független bányanyitásokkal hajtották végre. Az államosítással ez az anomália megszűnt. Most már a bányanyitások függetlenül a külszíni tulajdonosok tulajdonjogi határaitól, csupán a településhez igazodnak. Ez a körülmény nagy mértékben elősegíti a közép- és a nagy üzemek létesítését és kifejlődését.

Nagy üzemek létesítését indokolja a gépi berendezések kihasználása, a regie csökkentése, a külszíni és földalatti létszámarány javítása, a beruházási összeg fajlagos csökkentése stb. Ott, ahol a hasznosítható ásványkincs mennyisége és települése lehetővé teszi, 1000, 2000, 3000 tonna napi termelésű bányákat nyitunk meg. A három- és az ötéves tervben létesített és létesítendő bányáknak már csak 25%-a lesz 1000 tonna napi teljesítménynél alacsonyabb.

Egy-egy bányaüzem külszíni berendezéséhez szénelőkészítő-mű, pályaudvar, iroda, fürdő, fatelep, műhelyek tartoznak. Ha figyelembe vesszük, hogy pl. csak egy korszerű fürdő létesítése 4—5 millió forintot emészt fel, nyilvánvaló a nagy üzemek létesítésére irányuló törekvésünk. A korszerű külszíni létesítmények beruházását ugyanis az apró bánya mérsékelt ásványkincse soha amortizálni nem tudja, illetve a termelt érték termelési és amortizációs együttes költsége többszörösen meghaladná a termelvény forgalmiértékét.

A gazdaságos termelés és a dolgozók szociális igényeinek azonos színvonalú kielégítése teszi indokolttá és szükségessé, hogy ott, ahol mód van rá koncentráljuk a kis- és középüzemeket. A koncentrálás eszközei a föld alatt az altáró, az alagút, a főszállító folyosók, külszínen pedig a vasút és a kötélpályák. A földalatti, valamint a külszíni vasúti koncentrációk minden feltételt kielégítenek. A kötélpályák útján végrehajtott üzemösszevonás azonban már nem oldja meg a dolgozóknak helyszínre szállítását. Mivel a dolgozókat kulturális és gazdasági okokból — a készenléti lakások kivételével — bányavárosokba fogjuk telepíteni, elszállításukat pedig a központosított fürdőkhöz, illetve a bányaüzemekhez megfelelő utak kiépítése után gépjárművekkel végezzük, a kötélpálya koncentrációk is teljesen kielégítő megoldást nyujtanak. A bányák koncentrálását nemcsak az új üzemeknél, hanem a már meglevőknél is végre fogjuk hajtani. Az ötéves terv folyamán 28 meglevő bányát külszínen négy pontra koncentrálunk vasút- és kötélpályák segítségével. Egy-egy koncentrációban napi 3000—10 000 tonna szén szállítása fog összpontosulni. A tervezett összes külszíni koncentrációkkal 50 bányaüzemet nyolc osztályozóra központosítunk. Ezzel 3200 főnyi létszámot szabadítunk fel, és 42 elavult osztályozó építését, illetve felújítását takarítjuk meg.

Az ásványok településének sokfélesége miatt nem alakulhatnak ki típusbányák. Az államosítás azonban lehetővé tette a bányatípusok kiformálását. Bányatípusokon belül az üzemek elemeinek nagy része, pl. aknaszelvény, osztályozó, gépi felszerelések stb. azonosak, és biztosítják tartalékalkatrész és kölcsönös kisegítés, gyártás stb. vonalán azokat az előnyöket, amelyek a típizálást indokolják.

2. *A szállítás gépesítése*

A hazai bányászat alacsony értékű ásványokat nagy tömegben termel ki. A tömegtermelésnél döntő tényező a termelvények szállítása. Bányászatunkban a fizikai dolgozók 13,3%-a szállítással van foglalkoztatva. Feladatunk az emberi és állati szállítás kiküszöbölése és a gépi szállítás általánosítása. A gépi szállítás a létszámmegtakarításon felül igen *lényeges kapacitásemelkedést* is eredményez.

A gépi szállítás eszközei — a kötél, a mozdony, a gumiszalag, a rázó csúzdák, láncos csúzdák, láncpályák — már be vannak vezetve. Az egyik bányaüzemnél a fejtésben a láncos csúzdára rakott szén a továbbiakban emberi kéz érintése nélkül közvetlenül a felhasználó kazánba jut. A szállítás további gépesítésének akadálya a szállítóeszközök hiánya. Különösen bénítólag hat termelésünk fejlődésére a mozdonyok, láncos csúzdák, gumiszalagok igényének állandó fokozódása mellett azoknak csak részbeni kielégítése.

A szállítás eszközeinek hiánya gátolja és késlelteti a tömegtermelésre alkalmas fejtési rendszerek kialakítását, de *lehetetlenné teszi a fejtési műveletek nehéz gépesítését is.* A gépi koncentrált műveléseknek megelőző lépése és feltétele a tömegszállítás megoldása.

A szállítás gépesítésének tervében különös fontosságúak a gumiszalagok, amelyek kis szelvényű bányafolyósókon is nagy tömegek folyamatos, gyors szállítására alkalmasak, és legjobban képesek alkalmazkodni a település vertikális síkban fellépő hullámzásához.

Fejtésekben, előkészítő bányatérségekben láncos csúzdákat alkalmazunk. Az elavult és gazdaságtalan rázó csúzdákat már csak teljes lehasználódásukig tartjuk üzemben. A szállításoknak gumiszalagra való koncentrálása a csilleszállítást az alapfolyósókra korlátozza. Ez a körülmény előtérbe hozza a nagy ürméretű, 2—3 tonnás csilléknek a bevezetését. A csillék töltése gumiszalaggaratok alatt zárt vonatokban, toló láncpályák segítségével fog történni. Nagy csilléknek bevezetése egyik üzemünkben már folyamatban van. Ugyancsak bevezetés alatt áll olyan csillekapcsoló szerkezet használatba vétele, amelynek oldása és kapcsolása benyúlás nélkül az ürszelvény szélén eszközölhető. A szovjet tanulmányút eredményeként kivitelezés alatt áll egy olyan megoldás is, amely lehetővé teszi, hogy a csillék zárt vonatba sorolva, szétkapcsolás nélkül üríthetők a körbuktatóban. A nagy csillék vontatását villamosmozdonyok fogják végezni.

Elővájásoknál és lapos településű bányák pillérfejtéseinél ingakocsik bevezetését vettük tervbe. Figyelemmel kísérjük, különösen a meredek dőlésű telepeken, a folyton változó irányú csapásfolyósók gépesített szállításra hivatott, acéltagos szállító berendezésének alakulását. Az ötéves terv folyamán kipróbálásuk programmunk tárgya.

Aknaszállítógépeink dobos Koepe-hajtásúak, kas- vagy skip szállítással. Az utóbbiak automatikus töltő és ürítő berendezéssel vannak kiképezve. Maximális szállító sebességük 7,5 m/sec. Az egy felvonással kiszállítható hasznos teher 0,8—8 tonna között változik.

A bányászatnak mind nagyobb mélység felé tendálása folytán az aknáknak 7—800 m-ig növekvő mélysége a szállítási sebességnek 12—16 m/sec-ra emelését vonja magával. Ezzel a magyar gépgyártásnak számolnia kell.

A lejtaknás feltárásnál a nagyüzemek kialakítása a folytonos gumiszalagon szállítás bevezetését teszi lehetővé.

A szállítással kapcsolatban meg kell emlékeznünk a diszpecser-rendszer bevezetéséről. A diszpecser szolgálati helyiségének jelzőtábláján jelzőlámpák színeivel mutatják a gépek helyzetét, üzemét vagy szünetelését, mozdonyszállításnál a vonatoknak egyes szakaszokon történő áthaladását.

A diszpecser a jelzőtábla segítségével távirányítással közvetlenül indíthat vagy állíthat meg bármely berendezést. Közvetlen telefonösszeköttetésben áll a föladalatti és külszíni szállítás fő pontjaival és ezeken tájékoztatást kap a bánya termeléséről, a szükségletekről és a pillanatnyi helyzetről. A diszpecserrendszerbe a nehéz bányagépek jelzését is be akarjuk kapcsolni. A diszpecserrendszer bányászatunkban csak az osztályozóknál van helyenként bevezetve, de kezdetleges formában. Egyelőre központi szolgálat és irányítás megszervezé-

sével, bevezetése a bányaüzemekben folyamatban van. Általánosítása és korszerűsítése az ötéves tervnek egyik feladata.

3. *Könnyű gépesítés*

A könnyű gépesítés a gépesített kéziszerszámokra korlátozódik. Eszközei a komprimált levegővel hajtott fúró kalapácsok, fúró gépek, fejtő kalapácsok, a villamos erővel meghajtott fúró gépek.

A könnyű gépesítés bányászatunkban már évtizedek óta főleg a metános bányák feltárásánál, elővájásánál és fejtéseiben van bevezetve. A feladatunk e téren az eszközök számának emelése mintegy 180%-kal, minőségüknek javítása és használatuknak kiszélesítése.

A sűrített levegős üzemköltség- és energiafelhasználása mintegy 6—7-szer nagyobb a közvetlen villamos meghajtású gépekénél. Gazdasági okok késztetnek tehát arra, hogy a sűrített levegővel takarékoskodjunk Ahol a kőzetviszonyok és a bánya levegője lehetővé teszi, villamos meghajtású szerszámokat használunk. Kemény kőzeteknél, ahol a villamosfúrógépek nem alkalmazhatók, még a nem metános bányákban is sűrített levegős meghajtású fúró- és fejtő kalapácsokra vagyunk utalva. Ilyen esetekben a sűrített levegő felhasználását azzal fogjuk csökkenteni, hogy mozgatható 3—10 m^3-es kompresszorokra rendezkedünk be, s ezeket a munkahely közelében csakis a tárgyi munkahely kiszolgálására használjuk fel.

Ez ideig fejtő kalapácsokat csak sűrített levegővel tudtunk működtetni. Tudomásunk szerint csak a Szovjetunió szakemberei tudták a villamos fejtő kalapács problémáját megoldani. Ha ezek a fejtő kalapácsok beváltják a hozzájuk fűzött reményeket, akkor a magyar bányászat ismét egy értékes, olcsó üzemi eszközzel fog gazdagodni, és előre fogja vinni az alacsony kalóriájú barnaszenek és lignitek fejtési problémáját, de hozzá fog járulni az elővájások sebességének növeléséhez is.

4. *A feltárások és elővájások meggyorsítása*

A hároméves tervben telepített 10, és az ötéves terv folyamán megindítandó 14 bányüzem mellett még több száz km hosszú aknát, lejtaknát, szintes és ferdeirányú folyósót kell kivájni a bányászoknak, egyrészt improduktív munkával, meddő kőzetben, másrészt hasznosítható ásványtelepekben.

A feltárások gyorsítása, az ásványok lefejthetőségének időpontját előbbre hozza, az improduktív munkán foglalkoztatott létszámot pedig a termelő munka számára szabadítja fel.

A telepekben elővájt folyosók általában sok fenntartási költséget igényelnek. A fenntartási munka a folyosó élettartamával és hosszával nő. Az elővájás meggyorsításával a folyosók élettartamát és hosszát csökkentjük, de egyben az

elővájás termelési teljesítményét is növeljük, és ezzel az elővájás és a fejtés teljesítménye közötti jelenleg fennálló mintegy 40%-os különbséget is mérsékeljük.

Az aknamélyítések gyorsítását a meglevő és két fázisban (mélyítés és falazás) egyidejűleg kivitelezett mélyítő eszközök felújításával, kiegészítésével tervezzük. Nehéz fúró és fejtő kalapácsok, kompresszorok, szivattyúk beállítása mellett a szovjet BCs-1 típusú és egyedülálló markoló-rakodó gépet is beszerezzük.

Lejtaknák mélyítésénél a már kipróbált és bevált gumiszalagszállítást, amely egyben a munkálatoknak több fázisban való egyidejű végzését is lehetővé teszi általánosítjuk. Szintes folyosóknál öt- hatméteres párhúzamos fúrólyuksorozatokhoz fúrókocsik beszerzése, illetve szerkesztése a feladat. A repesztésnél felaprózott anyagnak szovjet vedres rakodógépekkel való felrakása már folyamatban van. A felrakás munkáját gyorsítani kívánjuk a folyamatos szovjet rakodógépek beállításával és általánosításával.

Elővájásokban a könnyű gépesítésen felül könnyű réselő (Szemán) és elővájó gépeket állítunk be és folyamatosan rakodó gépeket alkalmazunk. Az egész szelvény kihajtását *Ajtay*-féle elővájó-rakodó gépekkel gyorsítjuk. Meredek dőlésű telepeken a légösszeköttetés gyors előteremtésére a szovjet feltörés-fúró gépet vezetjük be. Megkíséreljük ennek a rendkívül szellemes gépnek a felhasználását a szintes összeköttetések létesítésénél is.

Az elővájási anyag kihordására ingakocsik bevezetését is tervbevettük. Célunk a feltárásnál a napi hat m, aknamélyítésnél 1,4 m, elővájásnál a 24 m kihajtásának az elérése és általánosítása.

Repedékes, üreges és vízzel telt szilárd kőzetekben az áthatolást cementálással megoldottnak tekinthetjük. Más a helyezet az úszóhomokon folyós kőzetekben történő áthatolásnál. Itt a kézi erővel történő vágathajtás bizonytalan és lassú. A pajzsos megoldás sűrített levegővel csak mérsékelt mélységig lehetséges. Az eddigi kőzetszilárdító eljárások csak bizonyos kőzetviszonyok mellett alkalmazhatók és rendkívül költségesek. A fagyasztási eljárás alkalmazására be kell rendezkednünk, de ezt is csak bizonyos körülmények között, álló vagy gyengén áramló vízben alkalmazhatjuk hatásosan.

Az úszó- és vízdús anyagok lecsapolása a bányászatban igen sok esetben követelmény. Minthogy a későbbi bányászati munkálatok biztos és eredményes keresztülvitele a legtöbb esetben csak úgy lehetséges, ha nem kell a fejtéseket elárasztó úszó kőzetektől tartani, olyan megoldásra van szükség, amely bármilyen mélységben és irányban biztosítja a folyós és úszó kőzeteken való gyors, veszélymentes áthaladást, és lehetővé teszi egyben a kőzeteknek lecsapolását, megszilárdítását is. Ez a feladat még megoldatlan.

5. *Tömegtermelésre alkalmas fejtések kialakítása és gépesítése*

Bányászatunk legfontosabb munkafolyamata a fejtés. Itt működik a dolgozók 32%-a. A helyes és a település körülményeihez alkalmazkodó fejtés-

mód kiválasztása döntően befolyásolja a termelés mennyiségét és a termelékenységet.

Településeink sokfélesége következtében csaknem minden fejtésmód fellelhető bányászatunkban. A sokféleség magában hordja annak a lehetőségét, hogy csaknem minden gép alkalmazást találhat bányászatunkban, de egyben azt is, hogy a fejtési műveleteket nem tudjuk egyetlen géptípussal megoldani, Feltétlenül többféle fejtőgép alkalmazására kell felkészülnünk.

A hazánkban használatos fejtésmódok, néhány különleges esettől eltekintve, három csoportra oszthatók, ú. m. :

1. különféle frontfejtések ;
2. omlasztásos pillérfejtések ;
3. kamarás fejtések szintes szeletekkel.

Nagy koncentrációt biztosít a frontfejtés. Jelenlegi frontfejtéseink hossza 30—180 m között változik. Ennek a fejtésmódnak fejlődését gátolja a *szállító berendezések hiánya.*

A frontfejtések a legkevesebb vágathosszal készíthetők elő, legalkalmasabbak a tömegtermelésre és a gépesítésre is. Egy-egy frontfejtés napi termelése 100—800 tonna között változik. Jelenlegi gépesítése négy réselő gépen felül csak a szállító berendezésekre, láncos és rázó csúzdákra, továbbá könnyű gépesítésre korlátozódik. Kipróbálás alatt áll a szovjet Donbasz-kombájn, az *Ajtay—Szilárd*-féle első kivitelezésű fejtő gép. Vastag telepekben ezentúl a VOM kombájnt és a Petőfi fejtőgépet vezetjük be.

A fejtőgépek, széngyaluk szerkesztése jelenleg forrponton áll. Csaknem havonta új és új géptípusok jelennek meg a világpiacon. Korai volna tehát előre elköteleznünk magunkat valamely gépegység mellett. Figyelemmel kell kísérnünk a fejlődést és tevékeny részt kell vennünk az egyes típusok kipróbálásában, nemkülönben a hazai használhatóságuk kiértékelésében. A fejtőgéptől azt kívánjuk, hogy tömegtermelés biztosítása mellett a felrakás munkáját is elvégezze, mert csak e két munkafázis párhuzamos elvégzése biztosíthatja a folyamatos munkát. A folyamatos termelés viszont a folyamatos munkahelyi szállító berendezések üzembehelyezését követeli meg.

A vázoltakból levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy a fejtő gépek alkalmazásának előfeltétele a folyamatos munkahelyi szállítás biztosítása. Egy-egy kombájnhoz 1—4 darab láncos csúzda, illetve gumi szállító szalag szükséges, aszerint, hogy milyen a lefejtendő pillér helyzete.

Gépesített kéziszerszámokkal felszerelt fejtéseknél, elővájásoknál és kis fejtőgépeknél, ahol rakodó berendezés nincs, nélkülözhetetlen a folyamatos rakodógépek beállítása. Ezideig sajnos, még egyetlen folyamatos rakodógéppel sem rendelkezik a magyar bányászat, és ez a körülmény komoly aggodalomra késztet.

A frontréselő gépek a következőkben háttérbe szorulnak, helyüket kombájnok foglalják el.

Ott, ahol a település nehézségei és zavarai miatt frontfejtések nem alkalmazhatók gazdaságosan, koncentrált csoportos pillér- és kamarafejtésekre térünk át. Ezek a fejtésmódok nem alakultak ki ez ideig tömegtermelő művelési módokká, mert nélkülözték a szárnyak a *könnyű szállító berendezéseket.*

Kitűnő eredménnyel próbáltunk ki két darab, Török Sándortól szerkesztett, aluminiumalvázas, gyorsan kis elemekre szétszerelhető gumiszalagot. Gyártás alatt állnak könnyű, rövid láncos csúzdák is. Ezek a berendezések a csuklós meghajtású rázócsúzdákkal biztosítani fogják a fejtési pászták termelvényeinek kiszállítását és a rendszer gazdaságosságát.

A pillér- és kamarafejtés gépei: az Ajtay—Szilárd-féle nehéz és könnyű fejtő gép, a Joy-féle fejtő- és rakodógép és a szovjetgyártmányú rakodó gépek.

A korszerűsített, kellően szellőztetett, a szállítás és a fejtés gépesítésével telepített pillér- és kamarafejtések a fejtési sebesség, a termelt mennyiség, valamint a gazdaságosság tekintetében sok esetben elérik, sőt meg is haladják a frontfejtést.

6. *A bányafenntartás csökkentése*

Fiatalkorú szeneink mellékkőzeteinek alacsony értékű kohéziója és szilárdsága hozzájárul bányáink rendkívül nyomásos voltához, illetve ahhoz, hogy a bányák üzemképes állapotban tartásához a létszám jelentékeny részét fenntartási munkálatokon kell foglalkoztatnunk.

Az 1949. év folyamán az összes dolgozóknak 12,6%-a, a földalatti létszámnak pedig 19,6%-a dolgozott fenntartáson. Ugyanekkor a külföldi karbon korú bányáknál a fenntartó létszám a teljes létszámnak kb. 3%-át teszi ki.

A fenntartás költségeit növeli, külkereskedelmi mérlegünket pedig rontja az a körülmény, hogy a felhasznált fa mintegy 80—85%-ban csak import útján szerezhető be.

A fenntartás és a fogyasztás csökkentésére a fatelítést és a már kikísérletezett biztosítási módokat kiszélesítjük. Ilyenek az elhasznált sínekből készült, ú. n. Moll-biztosítás, a Toussaint—Heinzmann körgyűrű, vasbeton, betonbordafalazat, betonkő, magas szilárdságú téglafalazat biztosítás. Fejtéseknél kipróbáljuk a Szovjetunióban bevezetett mozgó biztosítást. Nagyobb mértékben térünk át a fejtésekben a kis engedékenységű vastámok használatára, és bevezetjük az acélcsuklós főtebiztosítást.

A bányákba beépített fabiztosítás élettartama — ha a nyomás korábban tönkre nem teszi — 2—5 évre tehető. Hosszú élettartamú folyosók fenntartását tehát nem gazdaságos fabiztosítással végezni.

Egy folyosó élettartamát az általa feltárt és lefejthető hasznosítható ásványok lefejtési ideje szabja meg. Olyan folyosókat, amelyek a vázolt kiértékelés alapján az 5—6 éves élettartamot meghaladják, már csak telített fával, vagy más, tartósabb biztosítási módokkal építünk ki.

A fenntartási költségek, de egyben az ennél a munkafolyamatnál foglal-

koztatott létszámcsökkentését is a fent vázolt biztosítási módok kiszélesítésével tervezzük. Ezt a törekvésünket elősegíti a feltárás és az elővájás gyorsítása — már erről megemlékeztünk — továbbá a tömegtermelést biztosító gépesített fejtésmódok alkalmazása. A tömeget termelő fejtésmódok ugyanis földalatti koncentrálással járnak. Ezek az intézkedések fogják eredményezni azt, hogy az 1949. évhez viszonyítva 1954. évben napi 10 tonna kitermelésre vonatkoztatva a fajlagos földalatti folyósók hossza 3680 fm-ről 2500 fm-re, azaz 32%-kal csökken.

7. *Bányavillamosítás*

A bányászat a villamosáram fogyasztása tekintetében általában nem energiaigényes. A tervezett gépesítés áramtöbbletszükséglete — a lokális átmeneti zavaroktól eltekintve — biztosítottnak látszik. A csak néhány szállító géppel felszerelt és kézi fejtésű, továbbá a sűrítettlevegővel működtetett sujtóléges bányák áramfelhasználása 7—40 KWO/tonna között változik. Az ötéves terv végén a gépesítés következtében 20 KWO/tonna átlagos fogyasztással számolhatunk.

A bányászat egyes fázisainak gépesítése szétágazó földalatti elosztást kíván. Nagyszámú bányabeli, tehát mostoha körülmények között, durva használatra alkalmas transzformáló és elosztó fő- és alállomásokra, kapcsoló készülékekre lesz szükség. Döntő kérdés tehát a megfelelő kivitelű készülékeknek kiválasztása és szabványosítása.

A sujtólég- és szállószénporrobbanástól veszélyeztetett bányákban alkalmazott és mintegy hatszorta költségesebb sűrítettlevegős energiaáttétel helyett robbanóbiztos berendezések fokozatos beépítését tervezzük. A sujtóléges bányákat a szovjet rendszer szerint kategórizálnunk kell, s ki kell dolgoznunk a minden kategóriának megfelelő villamosításnak biztonsági követelményeit és előírásait. Általában az I., a II. és a III. kategóriába tartozó bányák fokozatosan súlyosbodó biztonsági előírások betartása mellett villamosíthatók. Az ú.n. kategórián felül veszélyes bányáknál azonban már csak a behúzó aknák alatt engedhető meg villamosítás — szivattyúkamrák, rakodók gépesítése — és a behúzó főszállító folyosókban az akkumlátoros mozdony-szállítás.

A sujtólégbiztos készülékek követelményeinek szabványosítása nemzetközi viszonylatban most van forrponton. Hazai vonatkozásban fennáll egy hiteles vizsgáló-állomás sürgős létesítésének szüksége, amely a gépipar gyártmányainak megbízható ellenőrzésére hivatott.

A villamos balesetek növekvő száma a védelmi berendezések fejlesztését és a foglalkoztatott létszám oktatását, átnevelését teszi szükségessé.

A gépesítéssel párhuzamosan fejleszteni kell a jelző- és a távbeszélőhálózatot, ki kell építeni a diszpecser-rendszert, a földalatti elektromos világítási hálózatot. Forgalmasabb bányatérségekben be kell vezeni a fluoreszcens világítást. Általánosítani kell a villamos akkumlátoros lámpavilágítást. Sujtólég-

indikátorok, repesztő gépek és nagyszámú különféle műszer és felszerelési tárgy szükségesek a bányák korszerű villamosításának kiépítéséhez.

8. *A szénelőkészítő művek korszerűsítése*

A jelenlegi elavult és túlterhelt szénelőkészítő művek nem teszik lehetővé a szén tökéletes szemnagyság szerinti osztályozását, a meddő tartalom kiválogatását és az egységes szénminőség kialakulását. Számolnunk kell azzal is, hogy a jövesztés gépesítése egyrészt a szén szennyezését, másrészt az apróbb szénhullás növekedését fogja okozni.

A szénminőség tehát egyrészt az alacsonyabb fűtőértékű szenek fokozottabb kitermelése, másrészt a korszerűtlen és túlterhelt osztályozók ki nem elégítő működése és végül a gépi jövesztés következtében mind tisztaság, mind osztályozás, szemnagyság szerinti elkülönítés tekintetében romlani fog a termelés emelkedésével és a nehéz gépesítéssel.

Sürgős feladat tehát a helyzet enyhítése. Ezt a kérdést két lépcsőben kívánjuk megoldani. E lépcsők :

a) az ötéves terv folyamán : az osztályozók korszerűsítése, új nagy előkészítő művek létesítése a további nemesítési lehetőségek figyelemmel tartásával és a központi diszpecser rendszer megvalósításával ;

b) a szén további előkészítése, illetve hamutartalmának csökkentése szeréléssel, mosással vagy nehéz folyadék alkalmazásával, a tisztítás gépesítésével és mechanizálásával.

Az utóbbi lépcső kivitelezésére 1—2 eset kivételével csak a következő ötéves terv első felében kerülhet sor. A most folyó tervciklusban meg kell állapítani az egyes szenek karakterisztikáját, ki kell kísérletezni a nemesítés törzsfaját, hogy a kivitelezés, illetve a gyártás még a most folyó ötéves terv végén megkezdődhessék.

Ezeknek a rendkívül fontos vizsgálatoknak elvégzése a Bányászati Kutatólaboratóriumra hárul.

*

A bányászat ötéves tervének tökéletes végrehajtása az 1949. évi teljesítménynek 151%-os túlteljesítését fogja eredményezni. A mi rendkívül zavart településű és a bányászatban előforduló minden nehézséggel küzdő karsztvízveszély tekintetében pedig egyedülálló viszonyaink mellett a kitűzött teljesítmény olyan magas, hogy a jobb viszonyokkal rendelkező nyugati államok egész sorának teljesítményeit meghaladja.

Az egyes iparágak elért eredményeit azonban nem a teljesítményen, hanem a termelékenységen keresztül értékelik. Bányászatunkban ez az értékelés addig helyes, amíg a kitermelt ásványok összetételében nincs lényeges változás. A széntermelésnek eltolódása az alacsonyabb fűtőértékű szénfajták felé — a

jelenlegi árpolitika mellett — a termelékenységnek erős lemaradását okozza a teljesítmény alakulásához viszonyítva. Az ötéves terv végén ugyanis a teljesítmény 51%-os emelkedésével szemben a termelékenység csak 29%-os növekedést mutat. A szénfajták termelési arányának további eltolódása a teljesítmény és a termelékenység között jelentkező elhajlást fokozni fogja.

További termelékenység-romlás okozója az a körülmény, hogy az ipar, de különösen az erőművek fokozódó szénszükséglete máris olyan mérvű, hogy 0—20, 0—40-es szemnagyság szükségletét a bányászat nem tudja természetes hullásból pótolni és mind több és több durva szénnek költséges felaprítására kényszerül. Erősen kifogásolható, kapitalista-csökevény árpolitikánk mellett az apróbb szén értékesítése mégis alacsonyabb áron történik.

Kétségtelen, hogy a szénbányászat az ipar alapja, és mint ilyennek igazodnia kell az ipar mennyiségi és minőségi igényeihez. Kétségtelen azonban az is, hogy a szén felaprításával a fűtő érték nem csökken, sőt a tüzelési tulajdonsága emelkedik. Indokolatlan tehát az értékesítési ár leszállítása, mégpedig a bányászat terhére.

Mind a fizikai dolgozók, mind a beállított gépek munkája tekintetében közömbös, hogy pl. ugyanilyen körülmények között egy tonna 1500 avagy 6000 kalóriás szenet jöveszt, szállít stb. A termelékenység szempontjából azonban az utóbbi esetben mégis négyszeres emelkedés következik be.

Hazai adottságaink következtében a teljesítményben és a termelékenységben jelentkező divergálás mellett bekövetkezhetik az a helyzet, hogy a legtökéletesebb gépesítés és a fizikai munka mellett — noha a teljesítmény nagy emelkedést ért el — a termelékenység nemhogy emelkednék, hanem éppen süllyedni fog.

Amint a bányász, illetve a gép végezte munka értékelésére nem alkalmas a termelékenység alakulása, úgy a magyar bányászat eredményének megítélésére is csak az elért teljesítmény alkalmas. Ha bármilyen oknál fogva mégis a termelékenység maradna a mérőszám, akkor azokat a tényezőket, amelyek a hazai adottságokból fakadnak, és amelyekre a bányász befolyást nem gyakorolhat, a termelékenység számításánál, illetve értékelésénél tekintetbe kell venni.

HOZZÁSZÓLÁSOK VARGHA BÉLA ELŐADÁSÁHOZ:

TÖMEGTERMELÉSRE ALKALMAS FEJTÉSMÓDOK

KRUPÁR GÉZA bányamérnök

A bányászat korszerűsítését szociális szempontok mellett az a körülmény is erélyesen sürgeti, hogy az ötéves terv meredeken emelkedő igényét csak ennek a lehetőségnek kihasználásával tudja biztosítani. A bányászati munkálatoknak legdöntőbb fázisa a fejtés. Elsőrendű feladat tehát, hogy nagy vonalakban megállapítsuk azokat a fejtési rendszereket és módokat, amelyekkel a nagytömegű termelést jövesztő és rakodó gépek igénybevételével zökkenésmentesen és a legnagyobb rugalmassággal biztosítani tudjuk.

A hazai szénbányászati adottságokat figyelembe véve, külön kell foglalkoznunk vékony, közepes vastagságú és vastag telepek fejtésével, de figyelembe kell vennünk a telepek dőlési viszonyait is, melyek főleg a mecseki szénbányászatban idéznek elő különleges helyzetet. A nagytömegű termelésnek gépesítéssel való biztosításánál legfontosabb feladat, hogy a fejtésekben fellépő és uralkodó nyomásokat kézben tartsuk, irányítsuk és ezáltal a munka lehetőségét biztosítsuk. A cél zökkenésmentes eléréséhez ismernünk kell a szénteleppek és mellékkőzeteinek műszaki tulajdonságait, mert csak így tudjuk a legnagyobb valószínűséggel meghatározni, megtervezni az alkalmazandó fejtésmódokat és fejtési rendszereket.

Szénbányászatunkban a települési adottságok figyelembe vételével a következő, tömeges termelést biztosító fejtésmódok jöhetnek tekintetbe:

1. *Vékony telepekben:* haladópásztás frontfejtések, omlasztó, részleges vagy teljes tömedékeléssel, esetleg egyéb módon való főtesüllyesztéssel (1. ábra).

2. *Középvastag telepekben:*

a) frontfejtések *hazafelé haladó iránnyal*, omlasztó, vagy részleges tömedékkel;

b) mezőbe haladó iránnyal — a mellékkőzetviszonyoknak megfelelően — teljes, részleges, esetleg vegyes vagy pusztán omlasztásos tömedékkel (2. ábra);

c) rendkívüli kőzetviszonyok és zavart település mellett különböző koncentrációjú kamra-, illetve csoportos fejtési munkahelyekből álló fejtések (3. ábra).

3. *Vastag telepekben:*

a) Teljes tömedékelés esetén a frontfejtések csoportosíthatók oly módon is, hogy az egyes szeletek frontfejtései egymás mögött szorosan követik egymást,

vagyis azok koncentrációját a széntelepek vastagságának irányában is végrehajthatjuk (4. ábra).

b) Omlasztásos tömedékelés esetén a fejtést talppásztaszerűen végezzük és ennek megfelelően az egyes munkahelyek csoportosítását, helyesebben rendszerét úgy tervezzük meg és úgy kivitelezzük, hogy az előző fejtés nyomásviszonyai a következő fejtést ne, vagy legalább is lehetőség szerint ne zavarják (5. ábra).

c) Kedvezőtlen mellékkőzet-viszonyok mellett a röviden vázolt fejtési rendszert vegyes tömedékeléssel: omlasztással és idegen tömedékanyaggal felváltva eszközöljük (6. ábra).

d) Az egy síkban telepített fejtési kamráknál olyan koncentrációt alkalmazunk, amelynél a bevetett fejtő és rakodó gépek vagy egyéb szakaszos munkát biztosító felrakó és szállító berendezések kihasználási foka a maximum, a lefejtés időtartama pedig a minimum. A kamra-fejtések telepítésénél a tömeges termelés biztosítása érdekében számolnunk kell azon lehetőséggel is, hogy a kamra- és frontfejtéseket egymással kombináljuk, illetve kiegészítjük (7. ábra).

4. *A közelfekvő vékony és középvastag telepek* fejtésmódjának rendszerénél, az egyes frontfejtéseknek mélységbeli eltolódásánál ugyanazokat az irányelveket kell követnünk, mint amelyeket a vastag kifejlődésű telepeknek omlasztásos vagy vegyes tömedékelésű fejtésénél már ismertettünk.

Csoportos telepítésű kamara- vagy pillérfejtések közelfekvő telepeken is alkalmazhatók, szétszórtságuk miatt azonban csak abban az esetben, ha azt a rendkívüli kőzetviszonyok vagy zavart település indokolják.

5. A legkorszerűbb fejtő és felrakó gépek, vagy mondhatjuk vágatkihajtó gépek lehetőséget adnak arra is, hogy a lapos vagy közellapos településű széntelepeket pusztán vágatok hajtásával kis munkahellyel fejtsük le. Ennél a megoldásnál oly vágathajtó gépek szükségesek, melyeknek a napi teljesítménye legalább 60—70 m. Természetesen ez a fejtésmód az eddig ismert gépkivitelek mellett — csak középvastagságú és vastag telepekben alkalmazható (8. ábra).

Az előző pontokban röviden összefoglalt fejtésmódokat a gépi berendezések jobb kihasználása, továbbá a nyitva tartandó vágatok számának és hosszának legkisebb mérvre való leszorítása miatt ikeresítve telepítjük, amennyire azt a vetők vagy egyéb zavargások megengedik.

Az egyes fejtésmódok fejtési rendszerét úgy kell megválasztanunk, illetve megterveznünk, hogy az egyes fejtések termelési kapacitása a használt szállító berendezésnél mintegy 25—30%-al kisebb legyen, az egyes fejtéseknek az egymásra való távhatásából származó nyomásviszonyok pedig a legkedvezőbbek legyenek.

A vékony telepek nagyfejtéseinek szabályai

Vékony széntelepeink fejtésénél az egyes frontfejtéseket szorosan egymás mellé simulva telepítjük, lehetőleg egy irányba eső fejtési munkahelyekkel,

mert ily módon a fejtéseknek egymásra való távhatása legkedvezőbb, a térbeli koncentráció pedig a legnagyobb mérvű lesz. Esetleges zavargások, vetődések a szállító berendezések mai állása mellett különösebb zavart nem okozhatnak, minthogy ezeket a helyeket kísérő vágatok hajtásával és azoknak helyenként való összelyukasztásával, rövidebb szállítóberendezésekkel való összekötésével áthidaljuk (9. ábra).

Fedüvíz esetén tanácsos e fejtéseket alulról felfelé való haladási iránnyal dőlés irányában vagy áldőlésben telepíteni, a főtestsüllyesztést pedig tömedékeléssel folyamatossá tenni. Igen kemény, nem omló fedürétegeknél hasonlóképpen részleges tömedékeléssel kell a magasabb főtét süllyeszteni.

Vékony széntelepeink fejtésénél a frontfejtések kialakítását az alábbi tényezők befolyásolják:

1. a település zavartalansága,
2. nyomásviszonyok,
3. mellékkőzetek,
4. a frontszállítás megoldása,
5. a gépesítési lehetőség biztosítása.

A települési viszonyok, különösen nagyobb vetők szabják meg egyes frontfejtések, illetve azok rendszerének a hosszát, ugyanúgy az egyes frontokkal befogott fejtési pásztáknak hossz-kiterjedését. Kisebb vetődések, zavargások, mint már az előzőkben említettük, a frontszélesség megállapításánál a jelenlegi szállító berendezések mellett nagyobb nehézséget nem okoznak. Fő cél a megkívánt termelési mennyiségnek lehetőleg egy vagy két fejtési mezőben való koncentrálása oly módon, hogy a szállító berendezések legjobb kihasználása mellett az egyéni teljesítmények növelésének a lehetősége még meg legyen.

A kedvezőtlen nyomásviszonyoknak a leküzdését megfelelő biztosító berendezésekkel, továbbá a magasabb főterétegek süllyesztését célzó különböző tömedékelési módokkal kell megoldanunk. A frontfejtésekben mindig arra kell törekedni, hogy a feszültségi állapotok legalább olyanok legyenek, mint amelyek a fejtést megelőző időszakban a széntelepekben és annak mellékkőzeteiben uralkodtak. A korszerű acéltám és csuklós süveggerendás biztosítás erre lehetőséget nyújt abban az esetben, ha a fekü-viszonyok kedvezőek, vagyis, ha a fekü teherbírása a támok felfekvési felületére eső terhelésnek megfelelő fajlagos felületi nyomást megengedi.

A gyengébb, vagyis a kisebb teherbírású fekü fajlagos igénybevételének csökkentését teljes vagy részleges tömedékeléssel érhetjük el. A teljes, esetleg részleges tömedékelés esetén ugyanis a közvetlen és magasabb fedüréteg nagy nyomását nagyobb felületre osztjuk szét, s így a fejtésbeni feszültségeket, a zavartlan munkához szükséges egyensúlyi állapotot, jelentősen megjavítjuk. Ezzel a teljesímények fokozhatók.

A frontszélesség bizonyos határon felül a nyomásviszonyokat nem rontja, sőt ellenkezőleg javítja vagy legalább is azokat állandó értéken tartja. Ezért a

frontszélesség megállapítására pusztán a települési adottságok, továbbá a szükséges napi termelési kapacitás mérvadó.

A frontfejtés nagy sebességű előrehaladása a nyomásviszonyokat ugyan jelentősen javítja, azonban ennek a szükséges mérve — a hasznos nyomás kihasználása miatt — a mellékkőzetek és a széntelep műszaki adottságainak a függvénye. A nyitva lévő frontmezők száma, vagyis a frontnak a lefejtett rész felé eső szélessége (a munkatér) elsősorban a széntelep, továbbá közvetlen mellékkőzetek szilárdsági és fizikai tényezőinek a függvénye. A munkatér szélességére hatással van a használatos tömedékelési mód is; így pl. omlasztó tömedékelésnél a legkisebb szélességű munkatérre kell törekedni, mert az állva maradó közvetlen főterétegek és a föléjük települt, le nem omlott magasabb főterétegeknek a szénhomlokra kifejtett nyomadék-hatása így a legkisebb.

A fekükőzetek feszültségének csökkentésére duzzadó talp esetén legalkalmasabb művelési mód a haladópásztás rendszerű fejtés, mert e fejtésmóddal ugyanazon nagyságú terhelésnél a nagy nyomásnak kitett felületet növeljük, tehát a duzzadó talpnak a fajlagos feszültségét csökkentjük. Ezzel a talpduzzadást, ha teljesen nem is, de jórészt megszüntetjük.

A mellékkőzetek műszaki tényezőinek ismerete főkép a tömedékelési mód helyes megválasztására és kivitelére döntő fontosságú.

A frontszállítás megoldására a legjobb eszköz a jelenleg ismert gépek között a páncélkeretes vonszoló. A lényeg a frontszállító berendezések mozgó részeinél a fes ültségek csökkentése. Ezt hosszú frontfejtés esetén több meghajtó szerkezet közbeiktatásával lehet elérni. Félmeredek dőlésű telepeknél a torlasztótárcsás szállító berendezés a legelterjedtebb. Jelenleg azonban könnyű szerkezetű páncélkeretes vonszolókkal is folynak kísérletek. Ezeknek célja a félmeredek dőlésű telepekben is a támmentes fronthomlok biztosítása annak minden előnyével együtt.

A jelenleg használt frontszállító berendezéseknek hosszú frontokban való alkalmazását úgy lehet megoldani, hogy az egyes berendezéseket sorba kapcsoljuk, a meghajtó gépek helyét vágatszerűleg biztosítjuk. Ez esetben a meghajtó gépek átszerelése ugyanúgy történhet, mint a rövidebb fronthossznál szokásos.

A frontfejtések teljes gépesítése csak úgy lehetséges, ha a meglévő gépkonstrukciók közül a települési adottságoknak legjobban megfelelő megoldást választjuk ki, továbbá a fejtéseinket, azok telepítésének és kivitelének módját a kiválasztott gép sajátságainak megfelelően alakítjuk át.

A legnagyobb akadályt a fejtőgépek üzeménél a megfelelő biztosítás megoldása képezi, mert különösen a hazai viszonyoknál a fejtőgépek üzeméhez szükséges nyitva tartandó felület biztosítás nélküli nyitvatartása csak nehezen oldható meg. Emiatt a gépi jövesztést és rakodást nagy általánosságban csak úgy tudjuk elképzelni, ha a teljes gépi jövesztést és rakodást *főteréselés* előzi meg. A főterésben ugyanis közvetlenül a réselőgép után az ideglenes vagy végleges süvegek előtűzhetők és így biztosítatlan nyitva tartandó terület nem

marad. Emellett még a fejtőgépeknek a szentelepre kifejtett igénybevétele a főtére károsan nem hat.

Különösen a gyengébb talapviszonyoknál lépnek előtérbe a páncélkereten mozgó jövesztő és rakodó berendezések, mert ilymódon a súlyosabb gépek terhelése nagyobb felületre oszlik szét, s működésük zavartalanná válik.

A fejtő és rakodó gépek a legkisebb feszültségű helyeken való működését úgy lehet biztosítani, hogy a gépeket lehetőleg a jövesztett mezőben mozgatjuk. Erre a célra a homlok-oldalukon jövesztő gépek a legalkalmasabbak.

A félmeredek és meredek dőlésű vékony telepeken a hosszabb frontfejtések előnyeit úgy lehet kihasználni, hogy vagy az egyes lépcsők számát és szélességét növeljük, mozgó munkapadok megoldásával, vagy pedig az előbbi elvek betartásával a fronthomlokot a tömedékelési oldal felé, a tömedék természetes rézsüjének megfelelően döntjük meg. Az áldőlésű fronthomlok telepítésénél a szentelep tulajdonságait kell elsősorban figyelembe vennünk, nehogy a szénkifolyás veszélye fenyegesse fejtésünket és az ott dolgozókat.

Nagy nehézséget okoz a félmeredek és meredek fejtésű telepekben a keletkező szénpornak csökkentése. Ezt oly módon lehet elérni, hogy az egyes lépcsőkben termelt szenet zártan, esés nélkül, a fékező-szállító berendezésre vezetjük, helyesebben adagoljuk, esetleg a szénporképződést itató, esetleg permetező eljárással a jövesztés előtt megelőzzük.

A félmeredek dőlésű szentelepek frontfejtésének tömedékelését megfelelő kőzetviszonyok mellett omlasztással is meg lehet oldani, azonban ebben az eseteben fapillérekből és részleges tömedékből álló gátakra van szükség. A tömedék gátakat vagy — helyesebben — bordákat áldőlésben kell húzni, még pedig úgy, hogy a fronthomlok felé eső bordarész szintben mindig magasabban legyen a bordák kiindulási helyéhez viszonyítva, mert így a leomló tömedék gravitációjánál fogva a kifejtett üregbe hull anélkül, hogy abból a fejtésbe bármi is juthatna (10 ábra).

A közepes vastagságú telepek tömegtermelésű fejtésmódjának lényege

A középvastag telepek frontfejtésének határ felé haladó iránnyal való telepítésénél az omlasztásos tömedékelési mód teljes sikerrel csak akkor valósítható meg, ha a fedüben a beomló és a kifejtett üreget teljesen kitöltő kőzetrétegek omladéka fölött oly nagy szilárdságú vastag kőzetréteg települt, melynek meglazulása, beomlása csak nagyobb terület lefejtése után periódikusan következik be, azaz a szilárd kőzetrétegeknek a helye a szentelephez viszonyítva omlasztás esetén határhelyzetben van. Ebben az esetben a frontfejtés nyitva lévő részének biztonsága miatt szükséges, hogy áldőlésben, egymástól az állva maradó szilárd kőzetrétegek terhelésének és a részleges tömedék teherbírásának megfelelő távolságban, és méretben, bordákat húzzunk (11.ábra).

Teljes tömedék esetén a haladó pásztás frontfejtés úgyszólván minden

esetben telepíthető. Ez alól kivétel a nem kellő elzárást biztosító kőzetréteg fölött települő úszó kőzetrétegek, fedüvizek jelenléte, melyeknek előzetes lecsapolása, vagy szilárdítása szükséges.

Az omlasztott tömedékelésű frontfejtés alkalmazásának legfontosabb feltétele, hogy a széntelep fölötti közvetlen kőzetrétegek a széntelep mintegy háromszoros vastagságának megfelelő magasságban könnyen omlaszthatók legyenek, továbbá a közvetlen feküréteg szilárdsága nagyobb legyen a támok felfekvési felületére eső fajlagos felületi nyomásnál. E feltételek hiánya esetén részleges, vagy teljes tömedékkel kell a magasabb rétegek süllyesztését megoldani.

Zavart település és rendkívül kedvezőtlen kőzetviszonyok mellett a kamara, esetleg a csoportos pillérfejtések adhatnak kedvezőbb eredményt, de csak abban az esetben, ha azok koncentráltan telepíthetők és így gépesítésük kifizetődik. Az egyes kamarák méretei a mellékkőzetektől, továbbá a kihajtásuk időtartamától függenek. Csoportosításuk, illetve telepítési rendszerűk szintén a mellékkőzetek függvénye. A mellékkőzetek kedvezőtlen nyomásviszonyai a csoportos fejtések telepítésénél szintén tömedékeléssel küzdhetők le, de a koncentráció gazdasági előnyei és a tömedékelés költségei közötti viszonyt előzőleg gondosan meg kell vizsgálni.

A vastag telepek nagyfejtéseinek rendszerei

A vastag telepek egyes szeleteiben telepített frotnfejtéseknek egymástól való minimális távolsága azon meggondolásból határozható meg, hogy főtepásztás művelésnél a magasabban lévő szeletek fejtései az előző fejtések nyomásviszonyait ne rontsák, ugyanúgy az előző fejtések távhatása ne legyen kedvezőtlen a következő fejtések nyomásviszonyaira. Iszaptömedékelésnél — megfelelő tömedékanyag esetén — ez a kívánalom könnyen teljesíthető, minthogy a magasabb szeletek a gyorsan szilárduló iszaptömedéken már a nyitva lévő tér mögött szilárd alátámasztást találnak, annyival is inkább, mert az iszaptömedékben bennmaradó, s így nagyobb teherbírású ácsolatok azokat szilárdan felfogják. Ennek megfelelően az egyes szeletek fejtései a leülepedett tömedékanyagon a nyitott térség után kb. 8—10 m-re követhetik egymást. A frontfejtések állékonyságát, ebben az esetben, a beiszapolt támok hosszának cölöpözésszerű fokozatos rövüdelése és így teherbírásuknak növekedése is biztosítja.

Omlasztásos tömedékelésnél a mélyebben lévő szeletekben telepített frontfejtéseknek olyan távolságban kell egymást követniök, hogy az egyes fejtések homlokán kialakuló törési sík az előző fejtések talpsíkját a munkatér mögött olyan távolságban messe, amely fölött még a magasabb-szinti fejtések omlasztott tömedékének a rézsüje úgy alakulhat ki, hogy az előző fejtés mozdulatlan tömedéke a nyitva lévő fejtést kellő biztonsággal védje. Ez a távolság a nyitott munkatér szélétől számítva a szeletmagasságnak kb. 6—8-szorosa

(12. ábra). Az egyes szeletek fejtési homlokának a távolságánál még arra is kell ügyelni, hogy a magasabban fekvő réteg beomlása a követő frontfejtések állékonyságát se veszélyeztesse, vagyis a magasabb főterétegek omlása mindig a következő fejtések mögött történjék. A fejtésmódnál követelmény, hogy a széntelep fölött omlékony kőzetek oly vastagságban településenek, amely a fejtésbe fogott szelet-vastagságok összegének legalább 3-szorosával egyenlő. Kisebb omlási magasság esetén vegyes tömedékelést kell alkalmazni s ezzel a kívánt omlási magasságot mesterségesen biztosítani.

A vastag telepek szintes vagy közelszintes kamara-fejtéseinek telepítésénél az egyes kamarák csoportosítását lehetőleg ikeresített elrendezéssel oly módon kell megoldani, hogy az egyes kamarák élettartamát a legkisebbre csökkentsük. Ezt úgy érhetjük el, hogy az egyes kamarákban a visszafejtéseket frontszerűen végezzük. E célból a kamarák kihajtásánál azok szelvényét a gépesítés kívánalmainak megfelelően kisebbre vesszük, hogy kivájt hosszuk nagyobb lehessen és oldalirányban történő frontfejtésszerű szélesítésük egy, esetleg két nap alatt a legnagyobb termelési kapacitással legyen végrehajtható. E megoldással kis helyről nagy termelési kapacitással a legkisebb vágatszám és hossz biztosítása mellett a frontfejtések eredményeinek megfelelően tudjuk napi termelési mennyiségünket elérni.

Az egyes kamarák között hagyandó pillérek nagysága a kamarák szélességének, továbbá az egy csoportba telepített kamarák számának és a széntelep szilárdsági tényezőinek a függvénye; leghelyesebb a pillérek szélességét az egyes kamaraszélességek egész számú többszörösében megszabni. A pillérek nagyságának megállapításánál a reájuk ható nyomások nagyságát, továbbá az egyes pillérek teherbíró képességét kell számításba venni.

A közelfekvő vékony és középvastag telepek fejtésrendszereinek fontosabb szabályai

A közelfekvő vékony és vastag telepek koncentrált telepítésű frontfejtési rendszerénél az egyes frontfejtések mélységbeli eltolódásánál arra kell ügyelni, hogy a mélyebben telepített fejtés távhatása a magasabban levő előző fejtést károsan ne befolyásolja. A magasabb szintben haladó fejtés mögötti főterétegek omlasztásának hatása pedig a mélyebb szinten lévő fejtés nyomásviszonyait ne rontsa, hanem ellenkezőleg azt kedvezőbbé tegye. E célt a mellékkőzetektől függően kétféleképen érhetjük el, mégpedig úgy, hogy a következő fejtés a magasabb fedürétegek nyomását előzi, vagy pedig azt követi. Mindkét megoldásnál a legnagyobb figyelmet a főtében települt mellékkőzetek vastagsági és szilárdsági viszonyaira kell fordítani, hogy a periódikusan fellépő fedünyomások káros hatása fejtéseinket össze ne rombolja.

Abban az esetben, ha a magasabban lévő telep vagy teleprész fölött oly magasságban településtek az igen szilárd, periódikus nyomást okozó vastagabb kőzetrétegek, hogy az azok alatt települt, a széntelep közvetlen fedüjét alkotó

kőzetrétegek omlasztás folytán bekövetkező lazulásuknál fogva a beomlott és a kifejtett üreget még teljesen kitöltik, azonban az omlékony kőzetrétegek összvastagsága már nem elegendő ahhoz, hogy a mélyebben települt széntelep vagy teleprész a fejtési üreget is kitöltse, akkor először csak a felső telepet fejtjük le omlasztással, majd nagyobb terület lefejtése után — amikor a magasabb fedükőzet rétegei is táblásan megtörtek és lesüllyedtek — fejtjük le a mélyebben fekvő telepet (13. ábra).

Igen közelfekvő telepek vagy több szeletben fejthető telepvastagság esetén fejtésmódunkat olyképen tervezhetjük, hogy a szállító és kísérő közléket az alsó telepben hajtjuk ki, ugyanakkor a felső telepet haladópásztával fejtjük. A mélyebben települt telep vagy teleprész lefejtése ebben az esetben a felső telep lefejtése után a határtól hazafelé haladó iránnyal történik.

Mindkét telepnek vagy teleprésznek mélységben tagozott telepítésű frontfejtése egy időben és egymást követve csak olymódon valósítható meg — a fentebb leírt fedürétegek esetén — ha a mélyebb telep frontfejtése a magasabb telepi fejtést periódikus nyomás hatótávolságán túl követi. Ez azt jelenti, hogy a mélyebbszinti fejtést a felsőszinti fejtés első periódikus nyomásának lezajlása után telepítik, majd azt az előző fejtés haladási sebességének megfelelő ütemben hajtják előre.

A közelfekvő széntelepek fejtésénél általában a széntelepek és mellékkőzeteik műszaki tényezőit kell megvizsgálnunk, mert a helyes fejtésmód megoldása ezeknek a függvénye.

Igen kemény, nem omló főterétegeknél teljes tömedékelést kell alkalmazni, mert részleges tömedékelés esetén az alsóbb telep fejtésénél káros feszültséghalmozódásokat idézünk elő, melyek az alsóbb telep fejtését igen károsan vennék igénybe, sőt a front vagy egyéb koncentrált fejtés alkalmazásának lehetőségét esetleg teljesen lehetetlenné is tehetnék.

A vágatszelvényű, teljes gépesítésű fejtések rendszere

A legkorszerűbb és nagyteljesítményű vágatkihajtó gépekkel történő folyosószerű fejtések telepítésénél a legnagyobb koncentrációra kell törekednünk, hogy a szállító berendezések kihasználási foka optimális, a szükséges napi termelés pedig a legkisebb helyről minél csekélyebb vágatszámmal és kisebb összfolyosó-hosszal biztosítható legyen. Lapos településnél az egyes vágatoknak az alapfolyosó mindkét oldalán történő dőlésmenti telepítése ikerszerűen megoldható.

Közepes és meredekebb dőlés esetén a napi kihajtásnak megfelelő hosszúságú fejtési folyosók telepítését az alapközléről kihajtott ereszkéből és feltörésből ugyanazon a szinten 2 irányban — kétszárnyú fejtéshez hasonló módon — telepített fejtési folyosókkal lehet koncentráltan megoldani (14 ábra).

Különleges fejtésmódok

A meredek dőlésű vastag telepek művelésére egyenletes település és kedvezőbb kőzetviszonyok mellett a legcélravezetőbb fejtésmód a szovjet fejtő-pajzsos fejtési rendszer, melyet kiváló eredménnyel *Csinakál* professzor tervei szerint honosítottak meg a Kuznyec-medence meredek dőlésű és vastagabb széntelepeiben (15. ábra).

Kedvezőtlenebb kőzetviszonyok mellett ugyancsak a Szovjet Tudományos Bányászati Kutató Intézet kiváló fejtési rendszere a »VUGI«-rendszer biztosítja a legjobb eredményt és a széntelepeknek a legkisebb veszteséggel történő nagykapacitású lefejtését (16. ábra).

A pajzsos fejtésmód lényege, hogy a 2—14 m vastag meredek dőlésű széntelepet egy szeletben, talppásztás műveléssel, ácsolás nélkül, pajzsok védelme alatt fejtik. A csuklószerűen egymással összekapcsolt védőpajzsok, melyek acélvázra váltakozó irányban több rétegben elhelyezett gömbfákból állanak, a mintegy 25 m hosszú munkahelyet a fekü és fedü melletti, továbbá a telepvastagság közepén kiálló szénpillérkékre támaszkodva födik. A jövesztés ezek alatt történik, a leomló kőzetrétegeket pedig ugyancsak a pajzsok fogják fel. Önsúlyuk, továbbá a fölöttük felhalmozódó omladék nyomja a pajzsokat a fejtés előrehaladásának megfelelően lefelé.

A készlet elszállítása a munkahelyekről a kb. 0,8 m átmérőjű és egymástól csapásirányban öt méterenként közvetlenül a fejtés megkezdése előtt felfúrt gurítókon át történik. A pillérmagasság 60—120 m.

A VUGI fejtési rendszer, melyet Kuzbasszban a 9 m vastag, 45°-os dőlésű széntelep művelésére vezettek be, lényegileg ugyancsak védőpajzzsal dolgozik. A fejtés e rendszernél — a Csinakál-féle megoldással szemben — főtepásztaszerű, vagyis alulról felfelé történik. A kifejtett üreget iszaptömedékkel töltik ki.

A védőpajzsot fúrt lyukakon át vezetett sodronykötelekkel alulról felfelé a fejtés előrehaladásának megfelelően a felső-szinti közlén elhelyezett vitlák segélyével emelik. A széntelepet a pajzs védelme alatt megfúrják, majd a pajzsra rárobbantják. A háromszög alakú pajzs lejtőjén a repesztéssel jövesztett készlet a tömedékben kiképzett gurítón át a szállító folyosóra csúszik. A munkahely szénfelöli oldalait sodronyhálóval védik.

A pillérmagasság 40—70 m. A munkahelyi teljesítmény 4,5—6 t/műszak, a bányafa-fogyasztás 0,13 m³/100q. Egy-egy munkahely napi termelése 140—180 t, előrehaladása 1,5—3 m.

A különleges fejtési rendszerek között meg kell még említeni a párhuzamos lyukkal történő német jövesztési eljárást, melynél 0,5 m-ként telepítik egymással párhuzamosan a fúrólyukakat és a széntelepet a frontfejtés teljes hosszában mintegy 1 m mélyen repesztéssel egyszerre meglazítják és kb. 10 cm-re eredeti helyzetéből kitolják. Az így meglazított szén úgyszólván minden további jövesztés nélkül a szállító berendezésbe rakható (17. ábra).

Tömegtermelésre alkalmas jövesztési mód ott alkalmazható, a hová fejtőgépek valamilyen oknál fogva nem vihetők be, a mellékkőzetek pedig a kemény szénnek tömeges repesztéssel történő lazítását lehetővé teszik.

A koncentrált tömegtermelés lehetőségének legújabb megoldása *a szovjet Lomow-féle széleshomlokú réselő- és rakodógép, kombinálva mechanizált biztosítóberendezéssel* (18. sz. ábra). E megoldásnál a réselő- és rakodógép a teljes fronthomlokon annak egész hosszában egyszerre jöveszt és rakodik, azonfelül a mechanizált biztosítóberendezés automatikusan előre halad. Az elvégzett kísérletek, amelyeket »Szapadnája és Kapitalnaja« bányaüzemben 20 m széles fejtésben végeztek, igen kiváló eredményt adtak. A kísérleteket tovább folytatják egyelőre 50—60 m-es frontfejtésben, de a tervezet szerint a frontszélességet 100—120 m-re növelik.

Az eddigi kísérletek alapján számítva, a következő eredmények várhatók:

1. 1 m-es telepvastagság és 120 méteres fronthosszúság mellett a várható napi előrehaladás 8 m; a munkahely termelési mennyisége 120 vagón/nap. A jelenlegi termelési mennyiségnek 445%-a. A fejtési teljesítmény 27 tonna/műszak. (675%.)
2. 1.8 m telepvastagság és 150 m-es fronthosszúság mellett a várható napi előrehaladás ugyancsak 8 m; a fejtés napi termelése 270 vagon, (emelkedés 450%), a fejtési teljesítmény pedig 35 tonna/műszak. (Kb. 630% növekedés.)

A közölt számok igazolják a multévi bányászati kongresszuson tartott előadásomnak azon utópisztikusnak hangzó részét, amelyben a front teljes hosszát egyszerre jövesztő kombinált fejtő-, felrakó-, frontszállító és biztosító vándorpajzsszerű megoldásra hívtam fel a figyelmet. Az a hatalmas munkalendület, amely a Szovjetunió bányászatát és tudományos kutatását jellemzi, ha kísérletképpen is, de már megteremtette mint térben, mint időben koncentrált nagytömegű termelés lehetőségének az alapját.

Hasonló megoldás van kialakulóban a német bányászatban is, ahol a *Bien-féle* réselőláncos-páncélkeretes vonszolóval kivágják a fronthomlokot teljes szélességben egyszerre aláréselni és az így nyert résbe a réselőláncos-páncélkeretes vonszolót a szokásos módon automatikus előtoló-szerkezetekkel — előretolni. Az aláréselt szén a szállítóberendezésre omlik, vagy arra azt minden lapátoló munka nélkül rájövesztik.

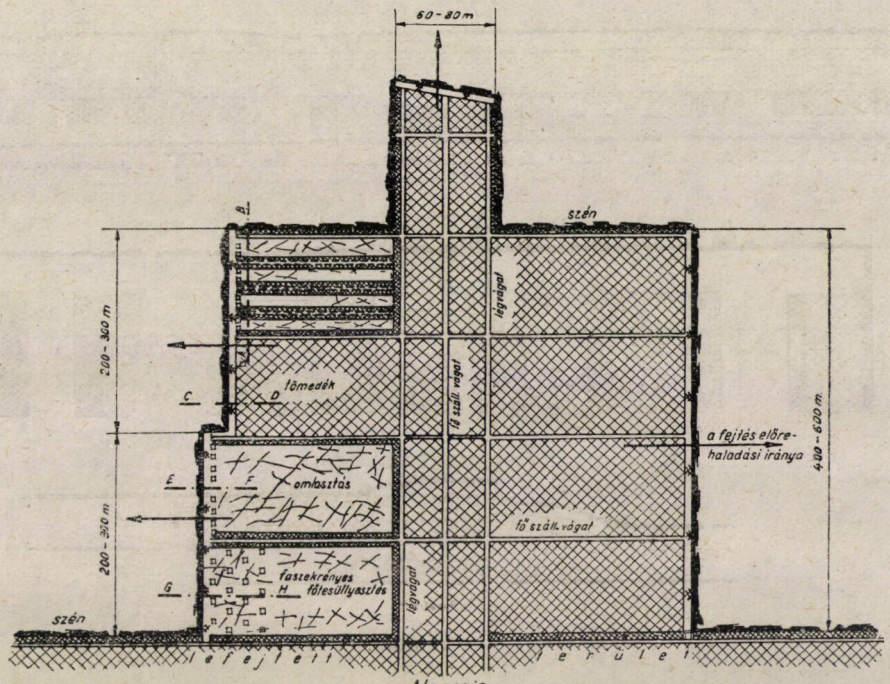
A fejtés a bányászat súlyponti munkaneme. A legtöbb probléma a fejtéssel kapcsolatos, sőt az összes többi bányászati munkálat, mint előmunkálat, a fejtést szolgálja. A sok, térben és időben változó tényező nehezíti a bányászat tervszerűen ütemezett menetét, azért a nagy széntermelő államok, különösen a Szovjetunió példája nyomán bányászatunk terén előrelátással és lendülettel arra kell törekednünk, hogy az mielőbb absztrakt tudománnyá váljék, mert csak így tudjuk a bányászattal kapcsolatos hatalmas erőket uralmunkba állítani, leküzdeni. Ennek legfőbb eszköze az intenzív, elméleti kutatás. A gyakorlat

és az elmélet ugyanis mindig kiegészíti egymást és az egyik a másikat vagy megelőzi, vagy követi. Az elméletet igazolja a gyakorlat, a gyakorlatot pedig megmagyarázza, fejleszti az elmélet!

A bányászat népgazdaságunk egyik legfontosabb tényezője, azért annak fejlesztésére tudományos téren is mindent el kell követnünk, így segíthetjük a legfőbb célt: népünk boldogulásának mielőbbi elérését, melynek gazdasági alapja az ötéves terv időelőtti és teljes megvalósítása;

»Különleges fejtésmódok« irodalma:

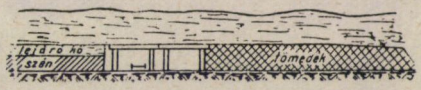
1. *Nyekraszovszkij:* Bányaműveléstan. 2. *Bokij:* Bányaműveléstan. 3. *Aleskevics:* Bányaműveléstan. 4. Ugolj 1949., 1950. évf. 5. Glückauf 1950. évf.



Alaprajz



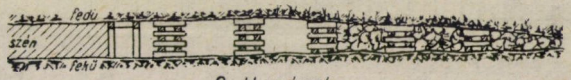
A-B metszet (részlet)



C-D metszet

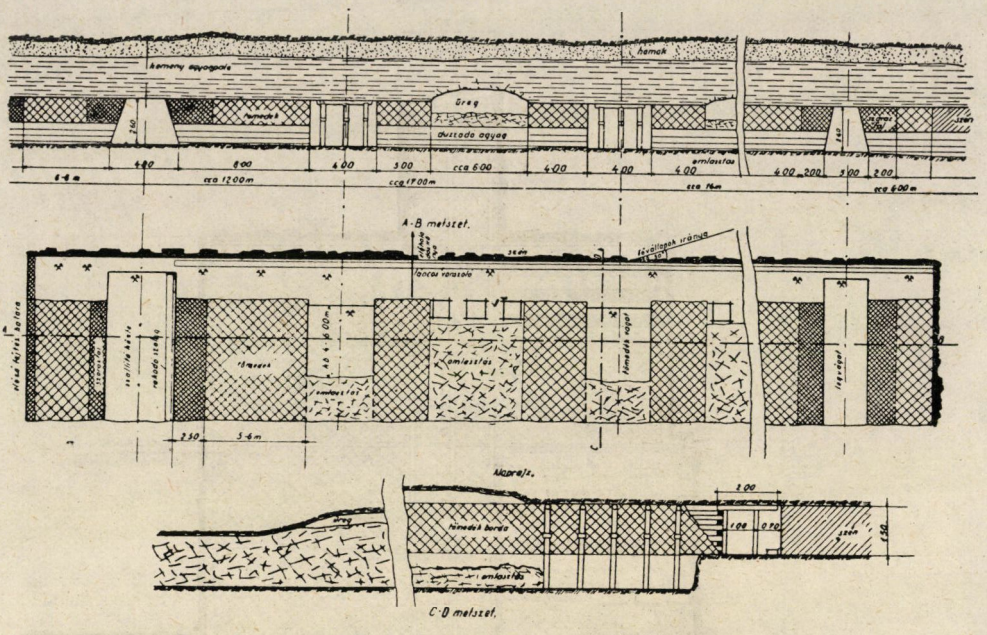


E-F metszet

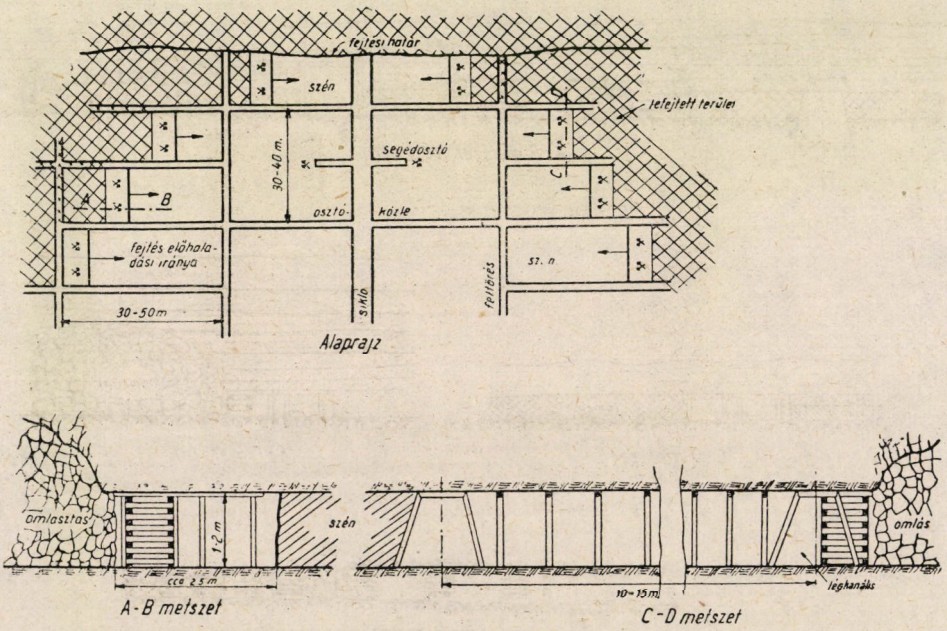


G-H metszet

1. ábra.

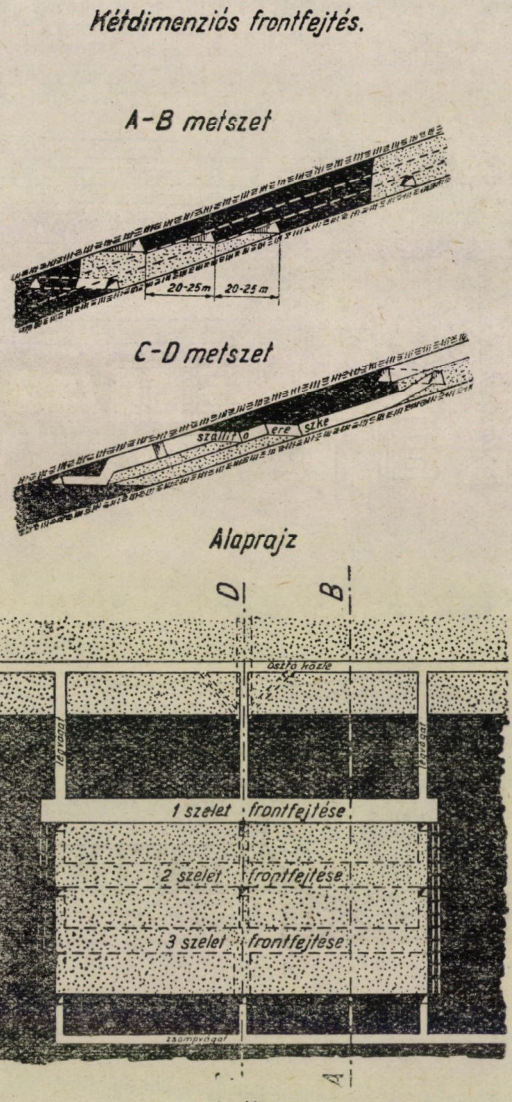


2. ábra.

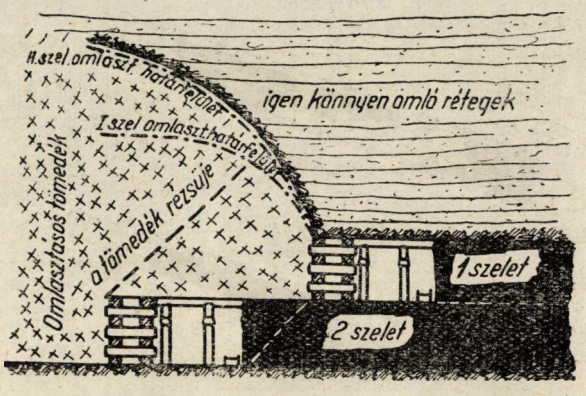


Omlasztásos pillérfejtés.
(Csapásirányban haladó szélesebb pasztákkal. Lépcsőzetes telepítés.)

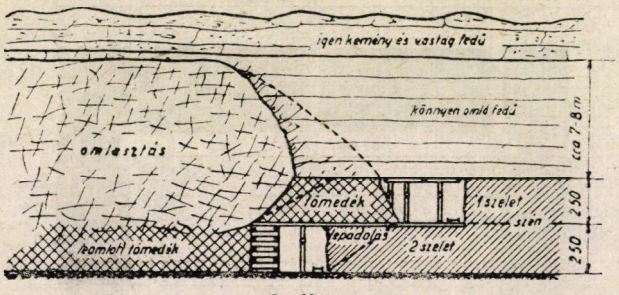
3. ábra.


Kétdimenziós frontfejtés.
A-B metszet
20-25 m
20-25 m
C-D metszet
szállító
ére
szke
Alaprajz
D
B
A
1 szelet frontfejtése
2 szelet frontfejtése
3 szelet frontfejtése

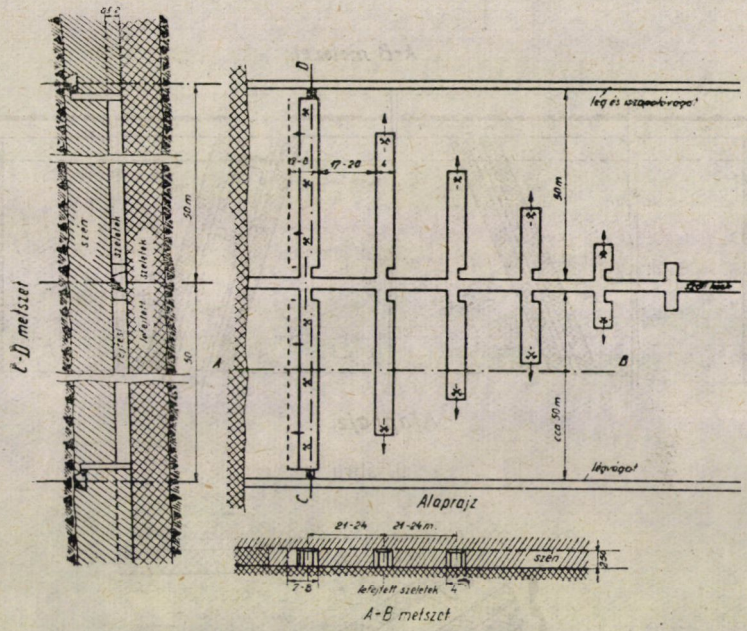
4. ábra.


II.szel.omlaszt határfelület
igen könnyen omló rétegek
I szel omlaszt határfelület
Omlasztásos tömedék
a tömedék rezsüje
1 szelet
2 szelet

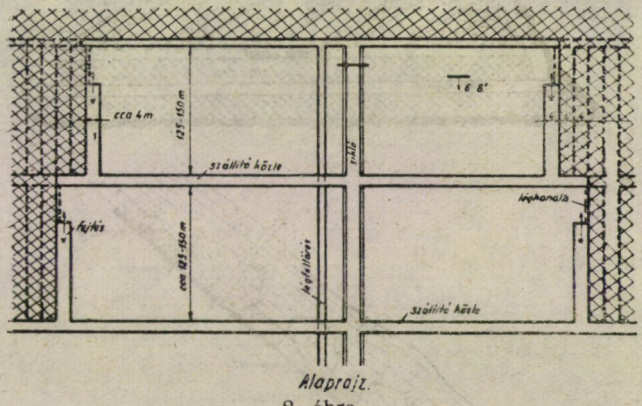
5. ábra.


igen kemény és vastag fedő
könnyen omló fedő
cca 7.8 m
omlasztás
tömedék
1 szelet
szén
2.50
2.50
lepadolás
2 szelet
leomlott tömedék

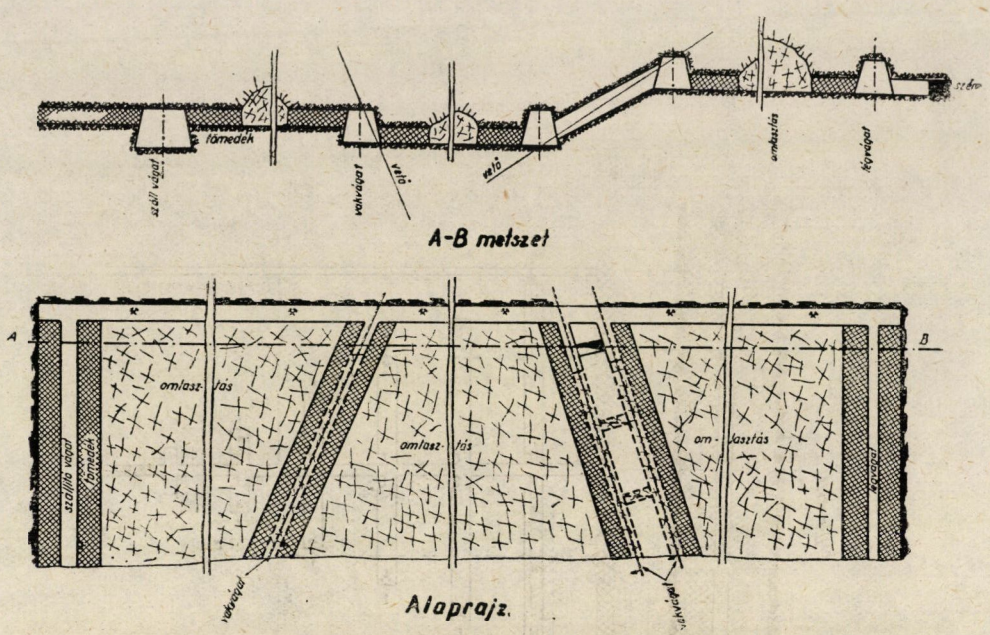
6. ábra.


C-D metszet
szén
szeletek
fejtés
lefejtett szeletek
50 m
50
A
B
C
D
17-20
cca 50 m
légvágat
Alaprajz
21-24
21-24 m.
szén
lefejtett szeletek
A-B metszet

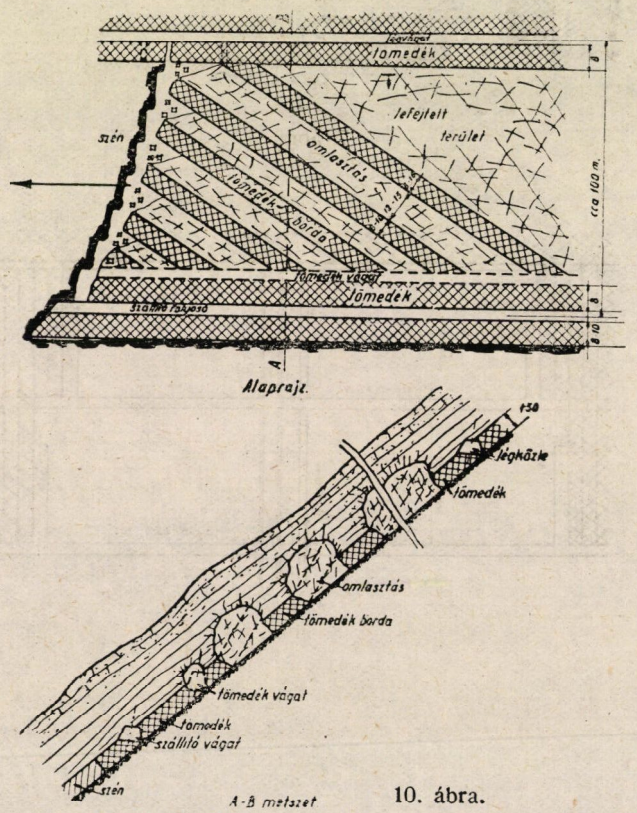
7. ábra.


cca 4 m
125-150 m
szállító közle
fejtés
cca 125-150 m
légfelfűrés
szállító közle
Alaprajz.

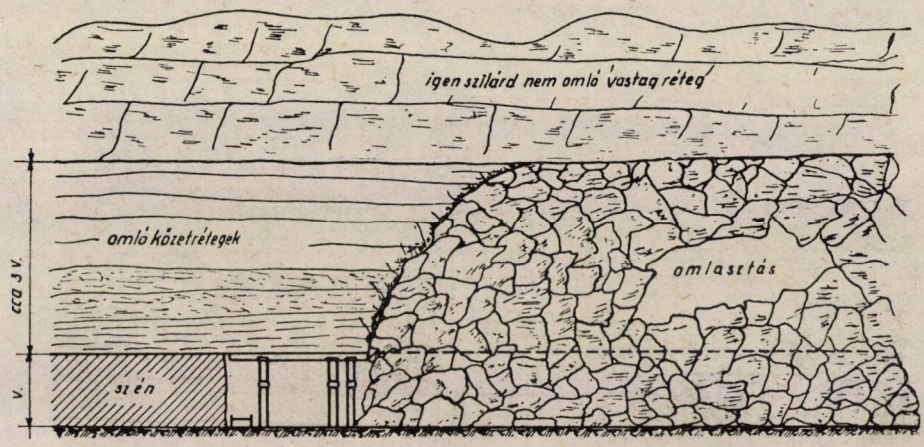
8. ábra.



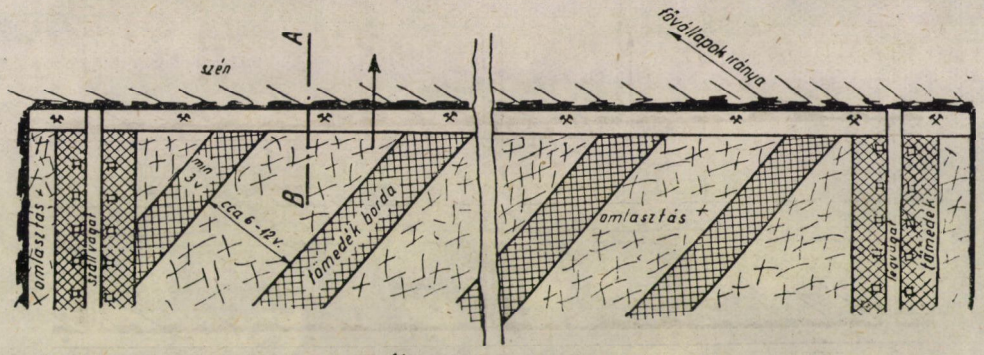
9. ábra.



10. ábra.

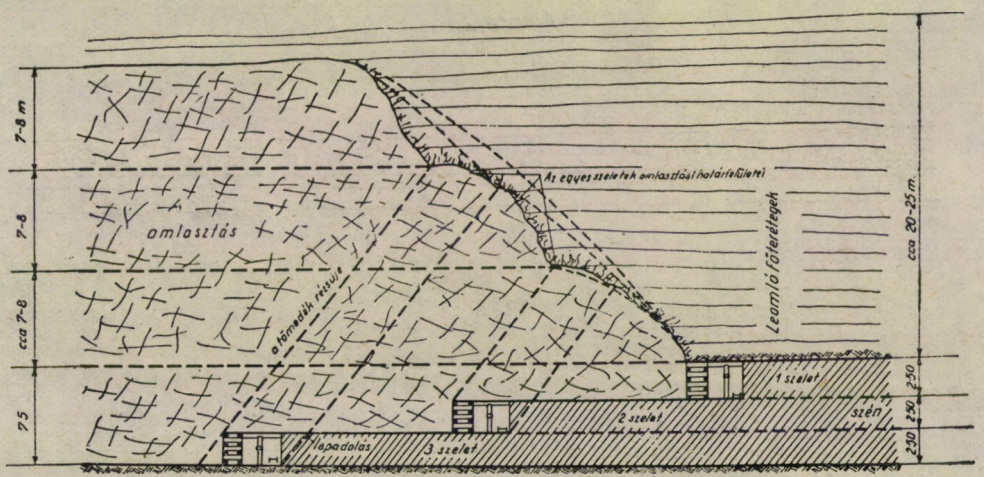


A-B metszet

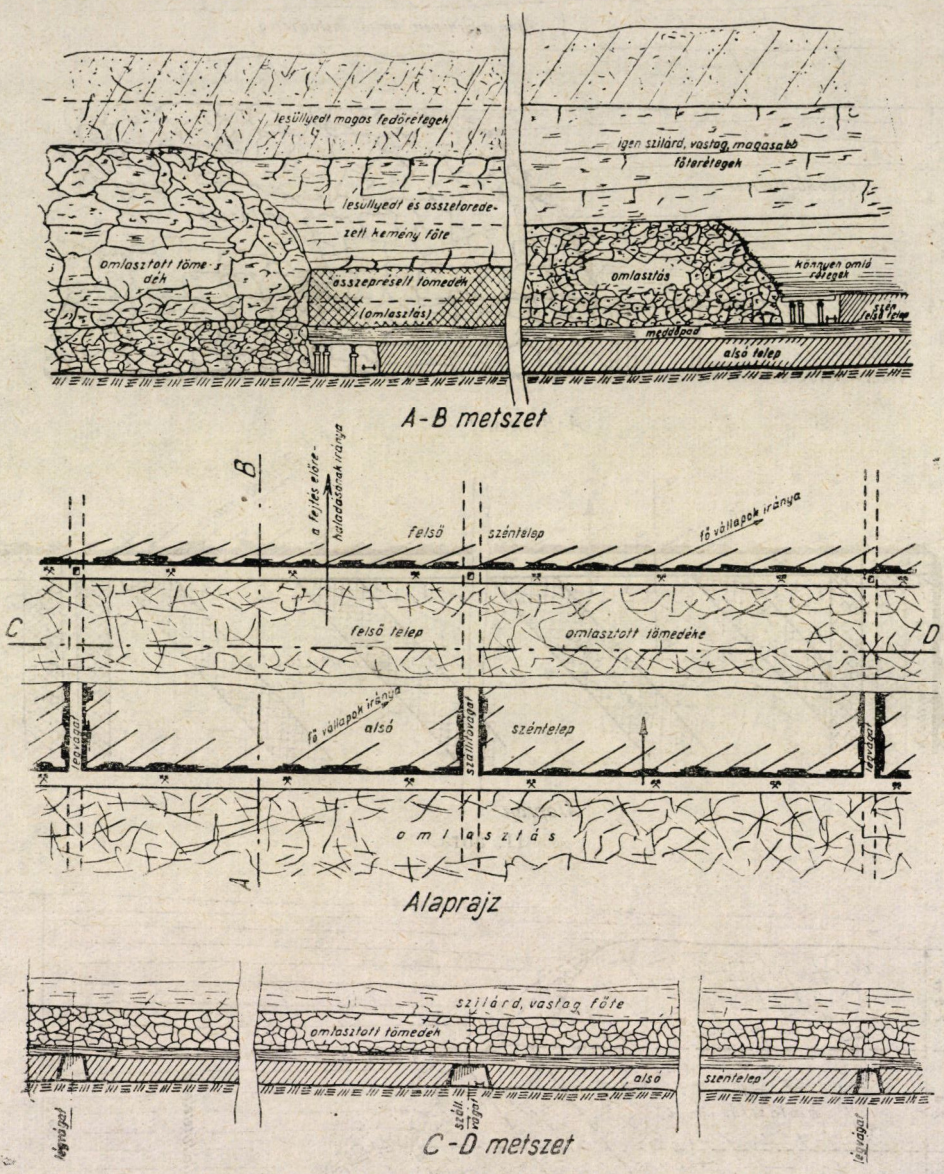


Alaprajz.

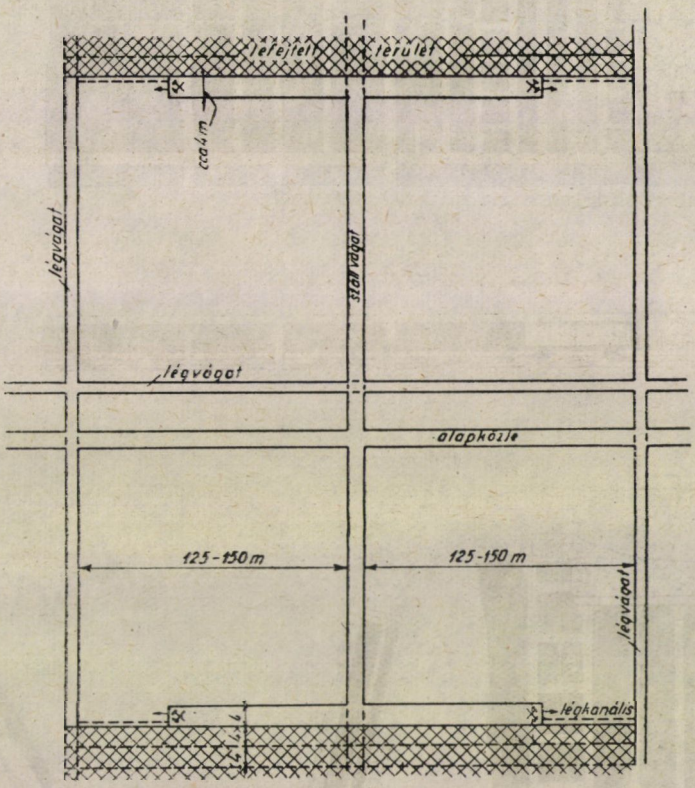
11. ábra.



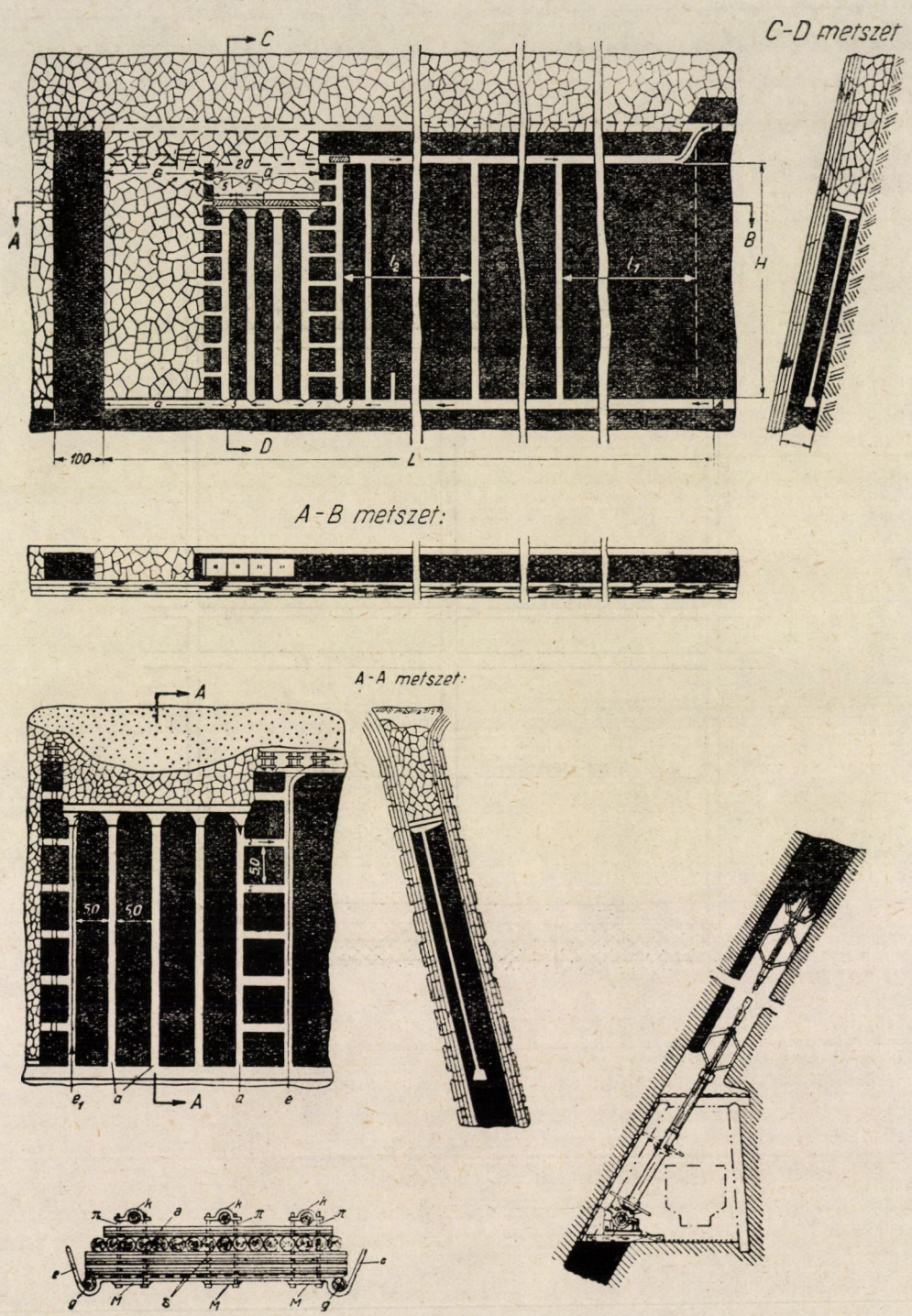
12. ábra.


lesüllyedt magas fedőrétegek
lesüllyedt és összetoredezett kemény főte
omlasztott tömedék
összepréselt tömedék
(omlasztás)
igen szilárd, vastag, magasabb főtarétegek
omlasztás
könnyen omló rétegek
alsó telep
A-B metszet
B
a fejtés előrehaladásának iránya
felső
széntelep
fő vállapok iránya
C
D
felső telep
omlasztott tömedéke
alsó
széntelep
o m l a s z t á s
A
szilárd, vastag főte
omlasztott tömedék
alsó
széntelep
C-D metszet

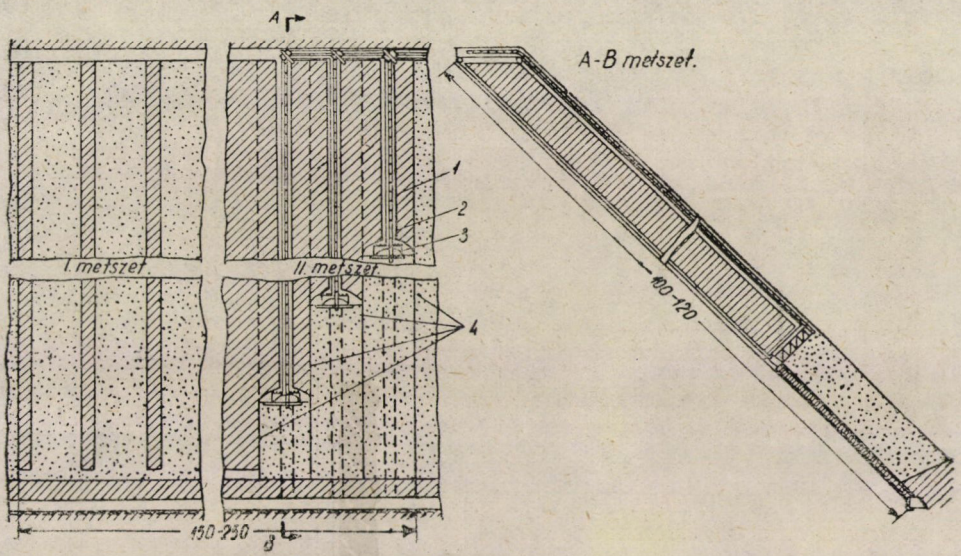
13. ábra.


lefejtett terület
ca 4 m
légvágat
légvágat
légvágat
alapkőzet
125-150 m
125-150 m
légvágat
légkanális

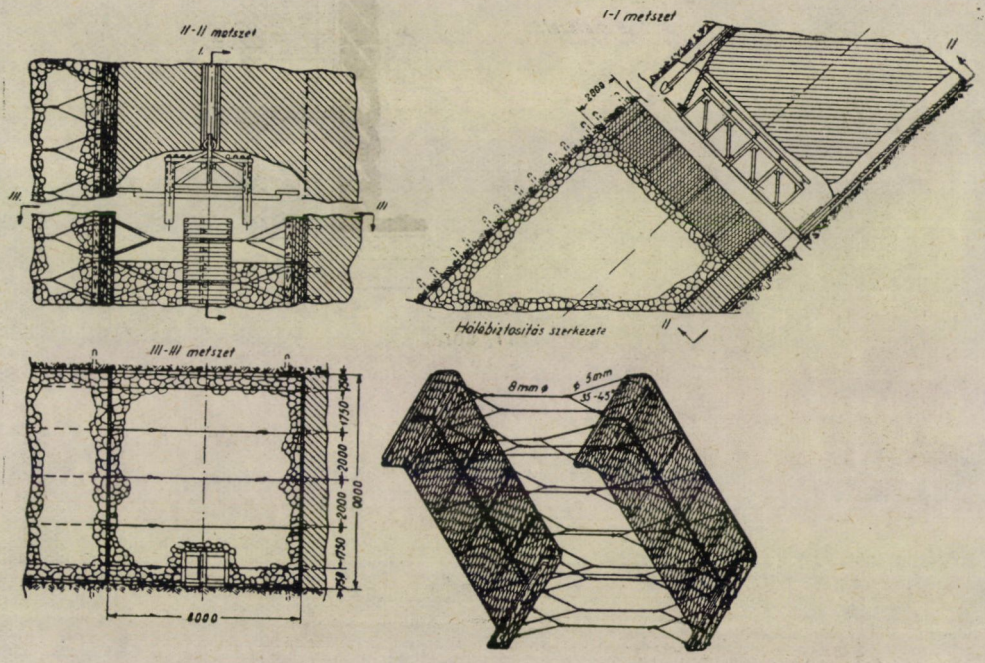
14. ábra.



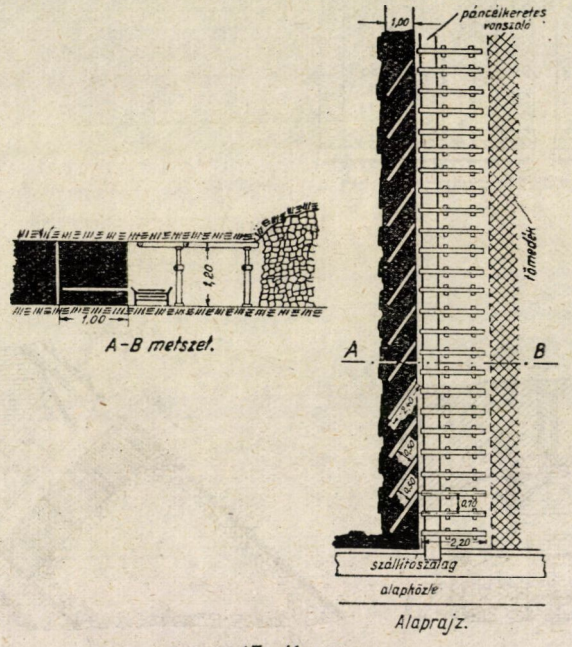
15. ábra.



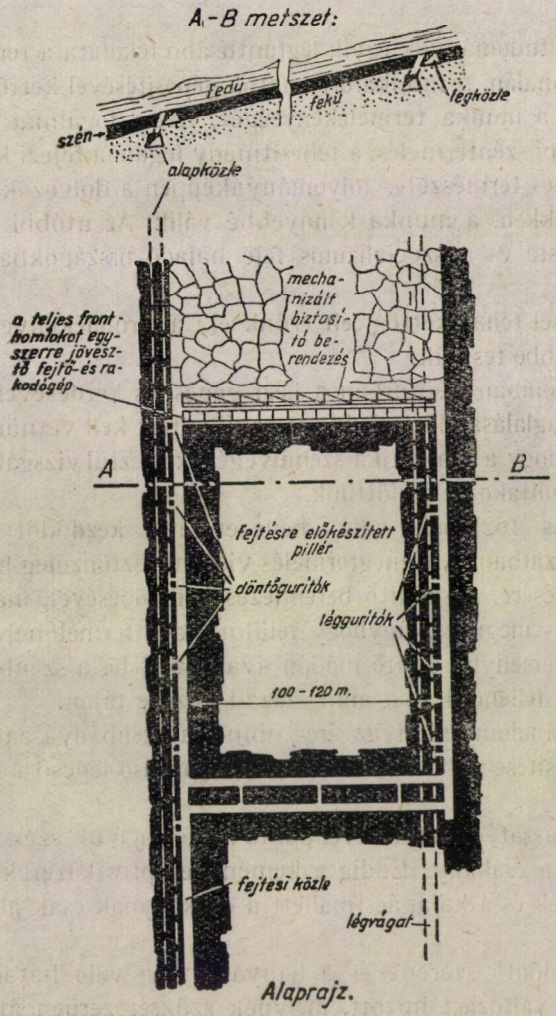
16a ábra.



16b ábra.


1,00
páncélkeretes vonszoló
1,20
1,00
A-B metszet.
A
B
0,50
0,50
0,50
0,70
2,20
szállítószalag
alaphözle
Alaprajz.

17. ábra.


A-B metszet:
fedü
fekü
légközle
szén
alapközle
mechanizált biztosító berendezés
a teljes fronthomlokot egyszerre jövesztő fejtő- és rakodógép
A
B
fejtésre előkészített pillér
döntőgurítók
légguritók
100 - 120 m.
fejtési közle
légvágat
Alaprajz.

18. ábra.

A BÁNYÁSZAT KÖNNYŰ GÉPESÍTÉSE

LÁDAI JENŐ

A technikai tudományok egyik legfontosabb feladata a termelés gépesítése az ipar minden vonalán. A munkafolyamatok gépesítésével kettős célt érünk el:

1. Emeljük a munka termelékenységét. Ezt a fogalmat a bányászatban az egy főre eső napi széntermelés, a teljesítmény fogalma fejezi ki.

2. A gépesítés természetes folyományaképpen a dolgozók fizikai erejének igénybevétele csökken, a munka könnyebbé válik. Az utóbbi szempont elsősorban a szocialista és a szocializmus felé haladó országokban játszik döntő szerepet.

A gépesítéssel tehát kettős célt érünk el: a termelékenyebb munkát egyszersmind könnyebbé tesszük.

Hozzászólásomban elsősorban a kézi gépesítés kérdésével óhajtok foglalkozni. A kérdés taglalása előtt rövid visszapillantást kell vetnünk a bányagépesítés fejlődésére, hogy a dialektika szemüvegén keresztül vizsgálva, a jövő fejlődési irány is kibontakozzék előttünk.

A robbantás 1627-ben való bevezetésével kezdődött meg a tömegtermelés a bányászatban. A tömegtermelés viszont ösztönzőleg hatott a szállítási módok tökéletesítésére. A szállító berendezések fejlődésével, majd gépesítésével azok kapacitása is megnőtt, úgyhogy felülmúlta a termelőhelyek kapacitását. Ezen egészséges versenybe döntő módon avatkozott be a szénbányászat váratlanul nagyarányú fellendülése a mult század közepe táján.

Az első kívánalom mind az érc-, mind a szénbányászatban fúrólyukak mélyítésének gépesítése volt. Valóban is ez volt az első lépcső a jövesztés gépesítése terén.

A szénbányászat előretörésével döntő fontosságú új szerszám jelent meg a bányászatban: a csákány. Eddig a kemény eruptív kőzetekkel dolgozó ércbányászatban az ék és a kalapács mallett a csákánynak csak alárendelt szerepe volt.

A csákány döntő szerepe és a bányászatban való hatalmas előretörése olyan mennyiségi változást hozott, melynek szükségszerűen át kellett csapnia minőségi változásba. Megjelent a csákányt helyettesítő fejtőkalapács.

A fejtőkalapácsok elterjedésével újra minőségi változásnak kellett jönnie. Megjelentek a sok fejtőkalapács munkáját helyettesítő réselőgépek.

Sok rés egyszersmind a telep lefejtését jelenti. Az első fejtőgép a több rést vágó, hátúl felhajlított karú réselőgépből mint minőségi változás született meg.

Látjuk, hogy a bányagépek fejlődése is szigorúan követi az általános fejlődés szabályait, hiszen ez alól kivétel nincsen.

A kézi gépesítés fogalma alá a bányászatban csakis a jövesztéssel kapcsolatos néhány gépberendezés tartozik. Nevezetesen ide sorolhatók : 1. a fúrógép, 2. a fejtőkalapács, 3. a kézi réselőgép, 4. a hidraulikus feszítők.

Már előljáróban meg kell állapítanunk, hogy a kézi gépesítés döntő jelentősége megszűnt. Ellenkezik ugyanis azzal a törvénnyel, hogy az emberi erőfeszítést a lehetőség határáig küszöböljük ki a bányászatból. A dolog lényegéből folyik, hogy a gépesítés kézi lévén, működtetéséhez az ember erőkifejtésére, ha másban nem is, de a gép kézben tartásában, vezetésében, illetve gyakori átállításában, szükség van. Az irányzat a nehéz gépesítés felé vezet. A jövesztésben is át kell venniök a nehéz gépeknek a vezető szerepet. Ámde azért a legmodernebb bányából sem szorult ki a csákány, s a kézi gépek sem fognak sohasem eltűnni a bányákból.

A bányászat kézi gépesítésének első szerszáma a pneumatikus fúrógép, a fúrókalapács volt.

A lefelé való fúráshoz nehéz, 20—30 kg. súlyú gépeket használunk. Ezeknél a dolgozónak nem kell tartania a gép súlyát, feladata csak az irányítás. A gép önsúlya a rudazatot kellő erővel nyomja a fúrólyuk aljához.

Ezeket a gépeket főleg aknamélyítésre használjuk. Ez jelenleg az aknamélyítésben a jövesztés egyetlen gépesítése. A jövő fejlődési irányát nézve, ezeket a gépeket is fel kell váltania a teljesen mechanizált fúrástbiztosító berendezésnek, ahogyan a szintesen fúró gépeket felváltja a fúrókocsi. Egy lengő padozathoz hasonló szerkezet képzelhető el, mely az aknában süllyeszthető módon van felfüggesztve. Ezen lengő padozatokon foglalnának helyet különböző állásokba beállítható módon a fúrógépek. Ezzel biztosítva volna a fúrólyukak függőlegessége, párhuzamossága és az egyszerre felrobbantandó karéjok részére a fúrólyukak gyors és fizikai megerőltetés nélküli való kifúrása. A kérdéssel annál is inkább érdemes volna gépszerkesztőinknek foglalkozni, mert az ötéves terv folyamán számtalan aknát mélyítünk ki.

A bányászatban leggyakrabban alkalmazott kézi fúrógépek szintes, vagy közel szintes fúrólyukak készítésére valók. A Szovjetunióban használatos kézi fúrókalapácsok főbb adatai a következők :

súly : 14—30 kg. között,
levegőfogyasztás : 80—90 m^3/óra között,
ütésszám : 1700 percenként,
fordulatszám : 70—180 percenként,
összes teljesítmény : 0,6—1,00 LE.

A gépek elég nagy súlyúak ahhoz, semhogy egy ember huzamos ideig tartani tudná őket. A gyakorlatban csakugyan két ember dolgozik velük. Az egyik hátul tartja a gépet és testsúlyával nyomja a fúrólyuk aljához, a másik elől állva tartja a gépet. Magas közléknél az oldalakhoz kifeszített geren-

dákon nyugvó deszkára helyezik a gépet, s a dolgozó a deszkán fekve, lábával nyomja a kőzethez.

Az elmondottakból következik, hogy ez a fúrási mód idejét múlta. Elsősorban azért, mert a fúrólyukak pontos irányvezetése nem biztosítható, másodsorban azért, mert a munka rendkívül megerőltető, harmadsorban pedig, mert — főleg kemény kőzeteknél — nem tudunk a fúrólyuk aljára kellő nyomást biztosítani. Már régebben megindult az irányzat, hogy a gépeket a főte és a talphoz kifeszített oszlophoz erősítsék, s ezzel a gép kézben való tartását elkerüljék. Ezt követte az oszlopra csuklósan felszerelt karon nyugvó fúrógépek szerkesztése. Ilyenek alkalmazásával az oszlop gyakori átállítása elmarad, mert a csuklós karok megfelelő beállításával a fúrólyukak több irányban is kifúrhatók.

A kérdést még tovább fejlesztette a fúrókocsik bevezetése. Ezeknél a fúrógépek ugyancsak csuklós karokon, pályakocsira vannak szerelve, mely vagy a síneken, vagy hernyótalpon, esetleg gumikerekeken fut. Az oszloppal szemben megvan az a felbecsülhetetlen előnye, hogy könnyen mozgatható s így a ciklusos munkamódszer munkafázisa szerint több munkahelyen is bevethető.

A fúrókalapácsok tekintetében tehát kimondhatjuk, hogy az irányzat a nehéz gépek felé mutat, mert ezek teljesítménye még a legkeményebb kőzetekben is nagy. A gépek állványzatra, de még inkább fúrókocsira legyenek szerelve. A lyukmélyítés szerint a gép előtolását automatikus szerkezet biztosítja.

Szénben, valamint puhább kőzetekben a fúrókalapácsnak komoly vetélytársa lett az elektromos fúrógép. Nyugodtan állíthatjuk, hogy a csata már el is dőlt az elektromos fúrógépek javára, mert azok előnye a pneumatikus meghajtással dolgozó gépekkel szemben most már vitán felüli.

Itt kell röviden megemlítenem az energia kérdését. Köztudomású, hogy a sűrített levegős üzem energiája 5—7-szer drágább, mint az elektromos energia. Az önköltségcsökkentés érdekében vívott harc megköveteli a költségek csökkentését. Már ez az egy ok is elég arra, hogy a vitát az elektromos áram javára döntse el. Emellett szól még a könnyű kezelhetőség is, mert a dobra feltekercselhető könnyű gumikábelt jóval könnyebb a munkahelyre vezetni, mint a pontos szerelést követelő sűrített levegő csővezetéket.

Mivel elkerülhetetlen a fúrókalapácsok használata, kemény kőzetek esetén inkább építsünk be ezen munkahely közelében kis teljesítményű kompresszort, mintsem hogy az egész bányát csővezetékkel szereljük fel, mert ez rendkívül nagy befektetést igényel és igen sok levegőszökési lehetőséget nyújt, a hosszú szakaszon való csősúrlódás pedig tetemes nyomásveszteséget idéz elő.

Ugyancsak meg kell említeni az elektromos árammal működő fejtő- és fúrókalapácsok kérdését is. Sajnos, Magyarországon még nem ismerünk erre nézve biztos megoldást. A Szovjetunióból kapott értesülések szerint azonban ott már közel vannak a kérdés megoldásához, s ha elérik, remélhetőleg hozzánk is eljutnak ezek a gépek.

A fúrás gépesítése terén hazánkban még igen sok a teendő. A szénbányá-

szatban, becslésem szerint, naponta kb. 14 000 fúrólyukat fúrnak ki, ebből csak mintegy 3—4000 fúrólyukat fúrnak fúrógéppel, ezek szerint tehát kb. 10 000-re tehető a kézzel fúrt lyukak száma. Látjuk, hogy termelékenységünket tetemesen megnövelhetjük, ha áttérünk a fúrás gépesítésére, ha egyelőre még nem is fúrókocsik, de legalább kézi fúrógépek bevetésével. Ha a gépi fúrás idejét csak 1/5-ére vesszük a kézi fúrásénak, akkor naponta több mint 200 nyolcórás műszakot nyerünk az értékes és amúgy is szűk keresztmetszetű vájárműszakban. Ezzel napi több száz tonna szenet tudnánk adni népgazdaságunknak.

Időrendben következett a fejtőkalapács. A fejtőkalapács feladata az, hogy a csákányt kiszorítsa, és ennek nagyrészt meg is tud felelni, főként lapos fekvésű, puhább szeneknél, továbbá meredek dőlésű szeneknél, a puhától egész a középkeményekig. Amióta a réselő, és a fejtőgépek megjelentek, a fejtőkalapácsok kérdése veszített fontosságából, sőt a fejtésekben idejét is múlta. Ezzel szemben elővájásokban, gyámlyuk ásásánál, egyengetésnél, főleg eldugottan fekvő vágatokban még ma is nélkülözhetetlen.

Nem lesz érdektelen, ha pár szóval megemlítem a közel multban nálunk járt Podzsarov sztahánovista vájár munkamódszerét. Podzsarov 40—70° dőlésű széntelepekben, feltörés-kihajtásban specializálta magát. Hatalmas eredményeit fejtőkalapáccsal érte el. A széntelep szelvénye a következő volt:

85 cm igen kemény szén,
70 cm közepes keménységű szén,
5 cm nagyon puha szén,
40 cm igen kemény szén.

Podzsarov ezen 5 cm igen puha szén kihasználásával a feltörés egyik oldalában olyan magas rést vágott, hogy abba fekvő helyzetben éppen belefért. Midőn így 60—70 cm mélyen feldolgozta magát, a feltörés teljes szélességéig kiszélesítette a rést. Ennél a műveletnél a fejtőkalapácsot már nem felfelé kellett tartania, hanem szintesen, oldalirányban. Ilyen módon feldolgozta magát a telepben 10—18 m magasan. Ekkor feltört a főte alá és a teljes szelvénymagasságot már, a fejtőkalapácsot lefelé tartva, visszafelé szedte ki. Rekordja 18 m feltörés kihajtása volt 8 óra alatt; 6070% teljesítményt ért el. Ácsolni nem kellett, a szén önmagától legurult, mivel a telep meredek volt.

Ugyancsak ő a fejtőnyárs csapját az eddigi 70 mm-ről 78 mm-re hosszabbította meg, mert azt tapasztalta, hogy a dugattyú ütése néha nem éri a csapot annak rövidsége miatt. Véleménye szerint a fejtőkalapács teljesítményét ily módon 15—20%-kal emelte.

A felhozott példát azért említem, hogy lássuk, milyen hatalmas teljesítmények hozhatók ki a bányászatban egyszerű eszközökkel, jelen esetben a fejtőkalapáccsal, az adottságok célszerű kihasználásával. Bizonyára van még a bányászatnak számtalan más területe is, ahol hasonló egyszerű fogásokkal a teljesítmény ilyen hallatlan módon megnövelhető.

Ezideig használható kézi réselőgépünk nem volt. Most folynak a kísérletek egy igen szellemes megoldású magyar találmánnyal, az Ajtay-féle kézi réselő géppel. A gép gumikerekeken mozog, tehát már átmenet a nehéz gépesítés felé. A kísérletek lezárta előtt nem lehet a gépről végérvényesen nyilatkozni, minden remény megvan rá, hogy főleg alacsony telepeinknél, melyek vállapokkal vannak átjárva, feltétlenül használható lesz. Ugyancsak alkalmas lesz a gép csoportos pillérfejtéseknél is vékony telepekben.

Kézi gépesítésnek minősíthetők a hidraulikus feszítők is. A robbantást vannak hívatva helyettesíteni. Felbecsülhetetlen előnyük, hogy feltétlen sújtólég-biztosak, szemben a sújtólég-biztosnak egyáltalán nem mondható, de sújtólég-biztosnak nevezett robbanóanyaggal.

Hidraulikus feszítő Magyarországon a jelen pillanatban nincs használatban.

A kézi gépesítés nem nélkülözhető eldugott, nehezen hozzáférhető vágatokban. Az egyik igénytelen kézigép, a fejtőkalapács már a történelembe is bevonult, Alekszej Sztahánov vájár 1935. VIII. 31-én a Don-medence Irmina nevű bányájában ezzel indította el világraszóló mozgalmát. Ezzel gyökerében megváltoztatta az eddigi technikai normákat, bebizonyítván, hogy kellő hozzáértéssel és lelkesedéssel a meglévő berendezésekkel is hatalmas eredményeket lehet elérni milliós befektetések nélkül. A kézi gépesítés ezen világraszóló teljesítménye után méltóképpen adja át helyét a jobbnak, a termelékenyebbnek, a nehéz gépesítésnek.

ELŐVÁJÁSOK ÉS FEJTÉSEK NEHÉZ-GÉPESÍTÉSE

AJTAI ZOLTÁN bányamérnök.

Valamennyi nagy széntermelő államban, de főképpen a Szovjetunióban közel 3 évtizede folynak a szén jövesztésére alkalmas gépek kisérletezési munkálatai, s ma már — mint erről a Szovjetunióban járt tanulmányi bizottságtól értesültünk és a szovjet irodalomból is megállapíthatjuk — a gépi jövesztés igen lényeges előhaladást tett. Sok oly modern üzem van, ahol a szén teljesen gépi munkával kerül ki egészen az elszállító vagonokig, ami lényegében azt jelenti, hogy a jövesztés, a rakodás és a szállítás az emberi erő teljes kikapcsolásával bonyolódik le.

Ha hazai viszonylatban vizsgáljuk a kérdést, meg kell állapítanunk, hogy a jövesztés és rakodás egészen az utolsó évekig teljes egészében az emberi erőre, kis százalékban a kézi jövesztő szerszámokra szorítkozott. Ennek tulajdonítható, hogy az elővájási munkák és a fejtési homlok előhaladása lassú, aminek természetesen következménye, hogy üzemeinknek sokkal nagyobb nyitott területet kell tartaniok, mint ami a gépi feltárás, előkészítés és gépi jövesztés mellett szükséges volna. Éppen ezért igen fontos érdekünk fűződik ahhoz, hogy szénbánya üzemeink könnyű-gépesítése mellett azok nehéz-gépi jövesztését is előbbrevigyük. Végső fokon ez eredményezi a lényegesen kisebb nyitott bánya-

mezőt, nagyobb munkahelyi kapacitást, tehát nagyobb össz-üzemi koefficienst illetve termelést.

Szénfeltárásaink és előkészítő munkálataink eddigi meneténél átlagosan havi 75—100 m. előhaladással számolhattunk. Fejtéseinkben a frontfejtésnél a havi előhaladás jelenleg 50—60 m; pillérfejtéseink előhaladását átlagosan 75 m-nek vehetjük. Ezen értékek szerint egy 80 vagonos üzemnél igen nagy kiterjedésű területet, bányamezőt kell nyitva tartanunk, hogy e termelési kívánalomnak eleget tudjunk tenni. Ha például az átlagos telepvastagságot 1,5—2 m-re vesszük, a nyitvalevő vágatok hossza egy napi 80 vagonos középüzemnél 6—10 km ha pedig a telepvastagság ennek a fél-értéke, akkor a vágatok hossza, a 10—12 km-t is eléri.

Ha most mind a szénfeltárás és előkészítés, mind a fejtési menetrend sebességét a jövesztő gépek alkalmazásával csak a kétszeresére emeljük, mondanunk sem kell, milyen óriási előnyökre teszünk szert.

Hazai viszonylatban a *Vargha* elvtársunk által már részletesen ismertetett szállító berendezéseken kívül a következő nehéz jövesztő gépek alkalmazására látok komoly lehetőséget.

Elővájásokban és feltárásokban:

1. A most tervezés alatt álló Szemán-féle réselő gép;
2. A PK 1. hernyótalpra szerelt vágathajtógép (réselő láncok kombinációja);
3. Az Sc 3. körszelvényű vágathajtásra, hernyótalpra szerelve,
4. Az LVS 2. rövid homlokú réselőgép. (Ez utóbbi három géptipus szovjet gyártmányú);
5. A különféle oszlopos réselőgépek.
6. Az F 4. jelű, hernyótalpas, magánjáró fejtő és rakodógép.*

Az F 4. géptipus lehetővé teszi az elővájásoknak igen lényeges meggyorsítását. E gépek percenkénti lefejtő teljesítménye 0,5—0,7 to/min. Egy 5 m^3-es vagy előkészítő vágat kihajtása így, tisztán csak lefejtési időre számítva, alig 15—20 perc. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a munka jó megszervezésével megvan a lehetőség 1 m szénben telepített feltáró vágatnak 1 óra alatt történő kihajtására. Ezen érték azt jelenti, hogy 8 óra alatt a 8 m könnyen kihajtható, három harmadban 24 m. Kalkulációknál azonban ne vegyük számításba az optimális értéket, hanem vegyük csak a 15 m/napot! Így is 4—500%-kal tudjuk megnövelni a szénben történő elővájás és feltárás menetét, robbantási munka nélkül. Az előhajtásnál természetesen ideiglenes biztosítást helyezünk el, s csakis a gép előrehaladása után építjük be a külszínen elkészített csuklós, *Bóday — Zichy*-féle ácsolat-keretet.

7. Az eddig végzett kisérletek komoly eredményeket mutatnak az F 3.

* Az F 4. és F 3. jelű fejtőgépek alatt az Ajtai—Szilárd-féle fejtőgépek értendők. (A szerk.)

jelű Liliputi fejtőgépnek elővájásban történő alkalmazásánál. E kistipusú gép vékony telepben targoncakerekeken, pneumatikon, vastag telepben vastámra felfüggesztve alkalmazható. Ezen kis gép, mely mindössze 6—8 LE-t vesz igénybe 0,3—0,4 to/min teljesítményű. E géptipusnál azonban megoldásra vár a rakodás kérdése. Ezt rakodó csőrrel szándékozunk megoldani. Egyébként szóba jöhet e gépnél a csillébe rakodás céljaira a könnyű tipusú alvázas rakodó szalag is. Általában az elővájások jövesztőgépeinél rendszerint külön rakodó gépet alkalmazunk.

b) Pillérfejtésben :

1. *Szemán*-féle réselőgép, melynek alkalmazása a réselő és robbantó munka kombinációja.
2. LVS. 2. szovjet rövidhomlokú réselőgép.
3. ES hernyótalpas szovjet réselőgép.
4. Különféle oszlopos réselőgépek.
5. Az előző *a*/6. pont alatt leírt F 4. jelű fejtőgép alkalmazható olymódon, hogy több pillérfejtést (kézifejtés) szolgálunk ki egy fejtőgéppel, de jó kihasználás mellett egy munkahelyen is még előnyösebb teljesítményt tud kihozni, ha a mellékmunkákat megfelelő módon tudjuk összehangolni.
6. Az *a*/7. pont alatt ismertetett Liliputi fejtőgép pillérfejtésben is igen jól alkalmazható, több pillérben történő folyamatos munkával. Ez esetben nagyobb teljesítményű kéziszerszámnak tekinthetjük ezen kisméretű gépet.

c. Frontfejtésben :

1. Frontfejtésben 1—1,4 m vastag telepekig igen kedvezőnek látszik az eddigi hazai kisérletek alapján a szovjet Dombaszombájn használata. E gépnél azonban szilárd fedő kőzetre van szükség, hogy zavartalan menetét biztosíthassuk.
2. Makarov-féle fejtőgép.
3. Abakumov-féle «
4. VOM 1 és 2. «
5. Az előbb említet orosz géptipusokon kívül hazai viszonyainknak igen jól megfelel 5—7° telepdőlésig a most gyártás alatt álló Petőfi fejtőgép. E gép teljesítménye és a hernyótalpas szerkezet mozgékonysága folytán igen jónak igérkezik a salgótarjáni és borsódi medencék vastagabb, jó fedővel rendelkező üzemeinél.
6. *Szemán — Kummer — Török* munkatársak kombinált fejtő- és rakodógépe is komoly igéretnek látszik a fejtési munka megoldására. Végleges elgondolásunkat az első példánnyal végzett kisérletek hivatottak kialakítani.
7. Az F 4. jelű fejtőgép kihordó kaparó szalaggal, nagy teljesítményénél fogva, jó géptipusa lesz a szénbányászatnak. Alkalmazási lehetősége az 1,5—2,40 m-ig terjedő vastagságú telepeknél van meg.

8. Vékony telepekben igen jól használható az F 3. jelű fejtőgép olyképpen, hogy a kaparó szalag peremén mozgó alvázkocsira szerelve halad a munkahely homloka előtt.

Az előzőkben nagy vonásokban vázolt nehéz jövesztő gépeken kívül az elővájások nehéz-gépesítésére szolgálnak bizonyos körülmények között a különféle tipusú rakodó gépek is. Ezeket a munkamenet és annak kivitele szerint alkalmazzuk. Hazai viszonylatban eddig néhány darab,a Szovjetunióból érkezett vedres rakodó gép alkotja egész rakodógép-parkunkat. Ezek a gépek igen kiváló teljesítménnyel dolgoznak.

E géptipusok számának növelésén kívül meg kell próbálkoznunk folytonos rakodó gépekkel is. Ilyeneket főképen pillérfejtéseknél, elővájásokban tudunk használni, amennyiben jövesztő gépeink rakodóval felszerelve nincsenek.

Bányászatunk nehéz gépesítése a fentieken kívül komoly feladatot ró ránk a biztosítás terén is. A gépi jövesztés elengedhetetlen feltétele a fém-biztosítás kérdésének megoldása. Sajnos, hazai viszonylatban ez még hátra van.

A gépi jövesztés az energia ellátás terén is komoly kívánalmakat támaszt, főképen a sújtólégbiztos berendezések terén.

Örömmel üdvözlöm a *Vargha* kartárs tanulmányába felvett sok problémát, mely hivatva van bányászati kérdéseink előbbrevitelére, annál is inkább, mivel ötéves bányászati tervünk teljesítésére egyetlen lehetőségnek a gépi jövesztés hazai bevezetését látom.

A HAZAI SZÉNELŐKÉSZÍTÉS IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ALKALMAZHATÓ SZÉNELŐKÉSZÍTŐ GÉPEKRE

MARTINY KÁROLY gépészmérnök

A magyar szénbányászatot és bányászatunk gépesítését tárgyaló előadásnak kiegészítő része lehet a *szénelőkészítés* időszerű kérdéseinek felvetése. A szénelőkészítés közismert célja, hogy a bányából kikerülő nyerszenet a felhasználás, vagy továbbfeldolgozás számára alkalmasabbá tegye. Hazai vonatkozásban ezek a kérdések háttérbe szorultak és ezen a vonalon a külföldhöz képest nagyon is elmaradtunk a következő okok miatt:

1. A kapitalista gazdálkodás idején a szénelőkészítés konjunkturális kérdés volt. Mindig akkor lépett előtérbe, amikor a túlkínálat következtében a fogyasztók válogathattak a különböző minőségű szenekben. A bányavállalatok egymás közötti versenye volt az az egyetlen mozgató erő, amely a minőségjavítás során az előkészítési kérdéseket is felvetette. Ezek megoldásához azonban hosszadalmas kísérletekre volt szükség. Mire egy-egy nagyobbszabású előkészítő mű terve elkészült, az időközben megváltozott szénkonjuktúra miatt a terv megvalósítása megint időszerűtlenné vált, mert a fogyasztó örülhetett, ha egyáltalában kapott akármilyen szenet és a bánya el tudta adni a nyerszenet is. A terve-

ket tehát félretették addig, amíg újra felléptek az értékesítési nehézségek; azonban az időközben rendszerint megváltozott nyerszénminőségek és az előkészítési külföldi eljárások technikai fejlődése a már kész terveket megváltoztatták és újabb kísérleteket tettek szükségessé: a játék kezdődött elölről. Így ment ez évtizedeken keresztül. Ezen a téren egészen a legutóbbi időkig nem sok fejlődést mutathattunk fel.

2. Egy másik körülmény, amely az előzők szerint amúgy is akadozó fejlődést még jobban hátráltatta, az az ismeretes tény, hogy magyar szeneink és különösen a gyengéb minőségű barnaszenek előkészíthetőség szempontjából egészen más és sokkal kedvezőtlenebb képet mutatnak, mint azok a külföldi szenek, melyek előkészítési kérdései a széntechnológia ezen ágát ott kifejlesztették. A külföldön bevált új eljárásokat nem lehetett és ma sem lehet egyszerűen átvenni, hanem a mi — sajnos, sokkal mostohább — magyar viszonyainkra itthon kellett és kell a megfelelő módosításokat kidolgozni, vagy olyan új eljárásokat kitalálni, melyek az előkészítést műszakilag és gazdaságilag lehetővé teszik. Többször felvetettem azt az aforizmának hangzó tételt, hogy minél jobb a nyerszén alapminősége, annál érdemesebb annak további javításával foglalkozni, mert még nemesebb anyagot nyerünk, viszont a gyenge minőségű szenek körülményes minőségjavításával igen nehéz az itt kevésbbé eredményes eljárások költségeit megkeresni. Szénelőkészítéssel foglalkozó szakembereinkre e téren még nagy és nem könnyű feladatok várnak.

Az előbb felsoroltak a régi viszonyokat ecsetelték, ma a helyzet lényegesen megváltozott. Az ötéves terv nemcsak többet, hanem jobbat is követel, sőt olyan szénfelhasználási területeket nyitott meg — pl. a kokszolás terén —, melyeken a magyar szeneknek az eddig külföldről behozott, sokkal jobb minőségű és könnyebben előkészíthető szenekkel, kell felvenniök a minőségi versenyt. Ehhez járul még az, hogy a bányák gépesítésével, a fokozott gépi termeléssel a szénnek az egész világon jelentkező minőségromlása — ami az előkészítés fontosságát a külföldön is mindenütt kiemeli és az előkészítő technika fejlődésének is nagy lendületet adott — hazánkban talán még fokozottabb mértékben mutatkozik, ami azt jelenti, hogy amúgy is gyengébb minőségű aknaszeneink még rosszabbak lesznek, a minőségi követelmények viszont a fogyasztó részéről nagyobbak és szigorúbbak. A feladatok tehát mindinkább megnagyobbodtak és megnehezültek.

Ugyanekkor azonban az ötéves terv műszaki és gazdasági könnyitéseket és lehetőségeket is nyújtott a minőségjavítás számára is. A komoly szénelőkészítésnek ugyanis két alapfeltétele van: az egyik a termelés és a rakodási pontok olyan mérvű koncentrációja, hogy központos nagyüzemi berendezéseket lehessen létesíteni; a másik a minőségjavítás folyamán kiválasztott nagy mennyiségű középtermékek helyi vagy közeli értékesítésének lehetősége. Az első feltétel műszaki és gazdasági természetű, mert egyes berendezéseket csak nagyobb teljesítményre lehet megfelelően megépíteni. Ezeket ki is kell használni és olyan helyen kell felállítani, ahol az előfeltételek (pl. víz) megvannak. Ezenkívül

több bánya különböző és változó minőségű szeneinek egy előkészítési pontra való összevonása révén egy bizonyos standard minőségű szenet juttathatunk a fogyasztónak. Ennek az első feltételnek kedveznek a más szempontból is létrejött koncentrációs tervek.

A második feltétel tisztára gazdasági természetű. Magától értetődik, hogy az előkészítés során a nyerssznnek csak egy kisebb mennyiségét kapjuk meg javított minőségben, éspedig azon az áron, hogy a kevésbbé értékes alkotórészeket kivonjuk belőle. Minél rosszabb az alapszén, annál többet kell kivonni és az egész művelet csak akkor rentabilis, ha ezt a nagy menyiségű melléktermeket — középterméket és port — helyben felhasználó fogyasztónak juttathatjuk, mert annak gyengébb minősége a szállítási költségeket nem bírja el. De népgazdaságunk érdeke sem engedné meg, hogy hányóra vigyünk olyan anyagot, amelyben még igen sok felhasználható, éghető alkatrész van. Ennek a feltételnek terén megoldást hozott az energiaigényeknek ugyancsak az ötéves tervvel kapcsolatos megnövekedése és az ország nagyvonalú energiaellátási terve a koncentrációs pontokban létesítendő erőművekkel, melyeknek tüzelő berendezését ezen gyengébb minőségű középtermékek gazdaságos felhasználására kell alkalmassá tenni.

Az elmondottakban röviden kitűztük a követendő irányelveket is. A minőségi követelmények szempontjából a szénelőkészítési feladatokat két főcsoportra oszthatjuk. Ezek :

a) *A kereskedelmi előkészítés*, amelynél csak az a követelmény, hogy a fogyasztónak olyan szenet juttassunk, amely gazdaságos felhasználás szempontjából tüzelő berendezésének legjobban megfelel. Itt a népgazdaság szemszögéből meg kell találnunk a mindkét fél számára leggazdaságosabb középutat és a minőségjavításra való törekvés mellett a fogyasztó tüzelő berendezésének átalakításával is közelednünk kell a gyengébb minőségű szenek felé, hogy a minőségjavításnak olyan határt szabjunk, amelynél a középtermékekben felhasználatlan veszteség nincs.

b) *A továbbfeldolgozásra való előkészítés*. Itt már sokkal szigorúbb követelményekkel találkozunk és az elérhető legjobb szénanyagot kell előállítanunk, pl. a kokszolás vagy a vegyi feldolgozás számára, természetesen mindig a közös szempontokat figyelembevevő gazdaságosság határain belül. Ez a feladat már nehezebb, mert itt kell versenyeznünk a sokkal jobb alapanyagú és sokkal jobban előkészíthető külföldi szenekkel és a szénelőkészítésnek ez a területe nálunk is indokolja a komplikáltabb és drágább eljárások bevezetését is.

A feldolgozásra kerülő anyagok szerint az előbbi csoportosításhoz kapcsolódó szénelőkészítési problémáinkkal három irányban kell foglalkoznunk éspedig a fekete kőszenek (liasz-szenek), a barna kőszenek és a lignitek felé. Az ide szükséges berendezések közös elemei mellett az egyes eljárások alkalmazhatósága nemcsak a három szénfajtánál, hanem azokon belül is a nyerssznn előkészíthetőségéhez és a követelményekhez igazodóan különböző és így igen nehéz olyan

típusberendezéseket kidolgozni, melyeket szélesebb körben tudunk majd alkalmazni.

Ezek a különbözőségek okozták világszerte is azt, hogy alig van a technológiának még egy olyan ága, amely a feladatoknak és a megoldásukra irányuló gondolatoknak, eljárásoknak, szabadalmaknak, készülékeknek olyan sokaságát és sokféleségét tudná felmutatni, mint a szénelőkészítés. Ez első látszatra megkönnyítené a mi feladatunkat, mert hiszen a másútt kipróbált eljárások bő választékát nyújtaná. Azonban az előkészítő eljárások ilyen sokféleségét éppen az a körülmény hozta, hogy ami egyik helyen bevált, az másutt műszakilag vagy gazdaságilag nem volt megfelelő és a szakembereknek mást kellett kitalálni. Mi magyarok pedig különösen a szénfeldolgozás terén, hozzászokhattunk ahhoz, hogy minden megismert külföldi eljárást csak úgy vehetünk kombinációba, ha azt a mi sajátos viszonyainkra átalakítani iparkodunk, aminek során sok tekintetben egészen más és új dolgok jönnek ki.

A szénminőséggel szemben világszerte növekvő követelmények, párosulva az alapminőségnek a gépesítés folytán bekövetkezett leromlásával, a szénelőkészítés technikájának az utolsó években hatalmas lendületet adtak. A technika rohamos fejlődésével olyan, forradalminak mondható haladást regisztrálhatunk ezen a téren is, ami a régi berendezéseket teljesen át fogja alakítani.

Előbb említett elmaradottságunk ebből a szempontból bizonyos előnyt is jelent, mert nem vagyunk kötve meglevő régi berendezésekhez és a régi gyakorlat kapcsán kialakult előítéletekhez, hanem a legújabb nyomokon indulhatunk el. Azonban egyrészt bizonyos óvatossággal kell fogadnunk ezeket az új eljárásokat, melyek még nincsenek teljesen kiforrva, másrészt egészen bizonyos, hogy az alapelvek elfogadása mellett hazai szeneinknél itt is szükség lesz a nekünk megfelelő módosításokra. Mivel azonban a régi eljárások használhatóságát is kísérletsorozatokkal kell megvizsgálnunk, módunk lesz arra, hogy az új előkészítési elveket is kikísérletezzük és bizonyára megtaláljuk azokat az utakat és újításokat, melyek révén az ötéves terv során létesítendő nagy szénelőkészítő berendezéseinket hazai viszonyainkra legalkalmasabb és legkorszerűbb gépekkel tudjuk felszerelni.

Technológiai csoportosításban a szénelőkészítés műveletét a *szemnagyság-osztályozás* és a *hamutartalom-csökkentés* (szénmosás) két főcsoportjára szoktuk bontani.

A *szemnagyság-osztályozás* terén problémáink a rostálási hatásfok javítása és a rostálás és kezelés közben bekövetkező aprózódás csökkentése. A rostarendszerek terén a Magyarországon régebben majdnem mindenütt alkalmazott körforgó rosta (Rätter) helyett új szénosztályozóinknál a nagy szemnagyságok számára a kaliber-rostákra, az apróbbak számára a vibrátorokra tértünk át. Nagyobb figyelmet kellene szentelnünk azonban a rezonáns-szitáknak az energiatakarékosság és a szerkezetek kímélése szempontjából.

Egyik igen fontos problémánk az agyagosabb és tapadós, bányanedves

szenek osztályozása és a porkivonás kérdése, elsősorban barnaszeneinknél. A szita-eldugulás megakadályozására kísérleteket és tanulmányokat kell folytatnunk mind a különböző rostarendszerekkel, mind a szitabevonatok megválasztása terén amellett, hogy különleges eljárásokat is kell kipróbálnunk és kitalálnunk.

Általában- és egyes különleges esetekre való tekintettel is — külön és részletesebben kell foglalkoznunk a rosta- és szitabevonatok, lyukasztott lemezek és drótrosták gyártási és tipizálási kérdéseivel.

A szénosztályozók mellékberendezéseit illetően újabb terveink ugyancsak nagy változást mutatnak. Mindenben a könnyebb és egyszerűbb szerkezetekre törekszünk, az épületkonstrukciót is beleértve. A régi, nehéz serleges emelőket és tagolt acéllemez-szalagokat teljesen kiszorította a gumiszalag-szállítás, amire a megnagyobbodott teljesítmények miatt is szükség volt, de emellett a szén kímélése, a szerkezet fenntartása és az energiaszükséglet szempontjából is sokkal kedvezőbb. A szállításnál és rakodásnál mind nagyobb teret hódítanak a különleges, — de nem komplikált — átadó, továbbító és leeresztő szerkezetek, melyek a szén kíméletes kezelését célozzák.

Központos, nagyteljesítményű osztályozó műveink tervezésénél egyik szempont a tágas, levegős elrendezés, különösen ott, ahol bővítésre is számítanunk kell. Az egész telep kiterjedése a gumiszalag-szállítás miatt amúgy is megnövekszik. Ennek a tágas elrendezésnek példáit láthatjuk a Szovjetunióban is, ahol a szemlélőnek az az érzése támad, hogy bármiféle bővítés vagy módosítás szükségességének felmerülése esetén sem fognak hellyel soha megszorulni. Ötéves tervünk itt is bizonyos előrelátó nagyvonalúságot követel, anélkül azonban, hogy a hellyel, de különösen az anyaggal pazarlóan bánnánk.

Osztályozási problémáink mindjobban bővülnek a *törés* kérdéseivel. Az ipar, de különösen az erőművek aprószén-szükségletét már nem fogjuk tudni a természetes hullásból származó aprószénnel ellátni és lesznek bányáink, melyek termelését nagyrészben, vagy teljes egészében össze kell törnünk e célra. Itt két irányban kell vizsgálatokat végeznünk és a helyes utat megtalálnunk. Az egyik a megfelelő törőtípusok kiválasztása, melyek a kérdéses szénre mechanikai szempontból a legalkalmasabbak és az aprított szemnagyságok kedvező eloszlását biztosítják ; a másik irányban pedig arra kell törekednünk, hogy ezt a törést összekapcsoljuk a mosástechnikai ú. n. feltáró töréssel. Ha ugyanis a szenet amúgy is össze kell törnünk, sok esetben módunkban lesz ebből egy, az alapszénnél lényegesen jobb minőségű részleget kivonni, amit háztartási, vagy más célra jobban értékesíthetünk és csak a középterméket juttatnánk az ipar és az erőművek ennek megfelelően kialakított tüzelő berendezéseinek.

A *minőségjavítás* kérdését majdnem bányánként és telepenként kell elővennünk. A nagy daraboknál az ősi kéziválogatás gépesítésével nem érdemes foglalkoznunk. Ez az irányzat a külföldön is, mert az e téren különböző elveken alapuló és komplikált berendezéseket igénylő gépesítési próbálkozások komoly

gyakorlati megvalósításáról nem hallunk. Az eljárás csak annyiban módosulhat, hogy csak a nyilvánvalóan tiszta meddőt dobjuk ki, a középterméket pedig feltáró törésnek vetjük alá és a mosóba juttatjuk.

Annál fontosabb a 80 mm-nél kisebb darabok válogatásának gépesítése. Sok helyen eddig a 40—80 mm szemnagyságú ú. n. kockaszenet ugyancsak kézzel válogatjuk. De ez a válogatás nagyon rossz hatásfokú és gazdaságtalan. Ott, ahol kell, vagy érdemes berendezkedni a nedves mosásra, nem jelent problémát, hogy a kockaszenet mossuk, sőt a darabosat is. Ahol azonban a vizes mosásnak műszaki vagy gazdasági akadályai vagy nehézségei vannak, ott a 40 mm-nél kisebb szemek mosására szárazon, légszérekkel megoldható, új eljárásokat kell kidolgoznunk, hogy a kockaszén gépi válogatását ugyancsak száraz úton oldjuk meg. Elgondolásaink már vannak is erre. Kísérleti gépek megépítésére, valamint kisérletsorozatokra van e téren szükség.

A szénmosás technikájának az utóbbi években bekövetkezett ugrásszerű fejlődéséről már említést tettünk. Erről az irodalomból és az elhangzott előadásokból képet alkothatunk. Bár ezeknek az újabb irányelveknek és készülékeknek legnagyobb része nemcsak tökéletesíti, hanem egyszerűsíti is a régebbi vizes mosási eljárásokat, hazai viszonyaink között a vízzel való szénmosás alkalmazása csak ott lesz indokolt és kifizetődő, ahol a minőségi követelmények miatt száraz úton nem tudunk megfelelő eredményeket elérni. A vizes mosás bevezetésének sok helyen akadálya a vízhiány, nehézségei a víz- és iszapkezelés drága és körülményes volta, a távozó zagy elvezetése és a mosott szén téli összefagyásának veszélye. Ezenkívül a vizes mosás agyagtartalmú szeneink külső képét is kétségtelenül rontja.

A légszéreken történő száraz előkészítés a *kereskedelmi minőségjavítás* szempontjából az újabb eljárások szerint szeneink nehéz moshatósága ellenére is igen sok osztályozónkon eredményes lenne. Az így előkészíthető szemnagyság felső határa azonban ma 40—50 mm körül van és új eljárásokat kell kidolgoznunk és kipróbálnunk, hogy a szemnagysághatárt kb. 80 mm-ig feljebb vigyük, Viszont a daraszenek száraz kereskedelmi előkészítése megoldottnak mondható. Ezt már csak a kihozatali eredmények szempontjából kell végigkísérleteznünk a különböző szenekkel, az országos szénkataszternek ezen a vonalon is kívánatos kiegészítése végett.

A termelés gépesítésének növekedésével számolni kell az aprószenek és a porszén százalékos mennyiségének megnövekedésével is.Barnaszeneinknél ez nem jelent problémát, mert a megnövekedő ipari fogyasztás ezt a többletet igénybeveszi. Ezen a téren azonban a magával a tüzeléssel foglalkozó tényezők bevonásával kísérleteinket ki akarjuk terjeszteni olyan irányban, hogy nemzetgazdasági szempontból mennyiben lenne érdemes a nyersen is jól eltüzelhető aprószenek tüzelési hatásfokát még tovább javítani azáltal, hogy magát a szenet is javítjuk. Ez ugyan veszteséggel és költséggel jár, de ez a hatásfok, a kazánteljesítmény és a kazánfenntartás vonalán bőven megtérülhet. Mivel itt megfelelő

tüzelő berendezésekkel nyers állapotban is jól eléghető szenekről van szó, ez a kérdés kevésbbé a bányát, mint inkább a fogyasztót érdekli, de a szénelőkészítés kérdéseivel egyébként is foglalkozván, ezen a téren is segítségére kívánunk lenni népgazdaságunknak.

Ahogy mondottuk, a *továbbfeldolgozásra való előkészítés* szigorúbb feltételeinek a dolgok mai állása szerint csak a nedves mosási eljárások felelnek meg. De előzetes száraz előkészítésről és a nedves mosásra — utómosásra — kerülő szenek minőségének standardizálásáról, vagyis egy kombinált száraz-nedves eljárásról itt is szó lehet olyan esetben, amikor a nedves mosás egy távolabbi ponton történvén, a meddő szállítási költségeiben jelentékeny megtakarításokat érhetünk el.

Különösen liasz-szeneinknél nálunk is nagy fontosságú a finom-por előkészítésének kérdése. Foglalkoznunk kell tehát a flotációval is, és az aprószenekből kiindulva, a legújabb és legtökéletesebb nedves mosási eljárások (nehézszuszpenziós folyadékokkal való mosás, ciklonmosó) kikísérletezésével meg kell keresnünk azt az alsó szemnagyság-határt, ameddig ezek jó eredményeket adnak, hogy a drága flotálásra kerülő finom-por mennyiségét csökkentsük, vagy adott esetekben a flotálást elkerülhessük.

További feladatunk a szenek portalanításának kérdése, éspedig barnaszeneinknél a minőségjavítás céljából történő porelvonás, kőszeneinknél pedig a mosásra kerülő szén előzetes portalanításának tökéletesítése az iszapgondok csökkentésére.

Mindezekkel kapcsolatban, de ezektől függetlenül is, külön feladat osztályozóink pormentesítése, elsősorban munkás-egészségügyi szempontból. Ez a feladat két irányú. A szálló port el kell szívnunk a porképző helyekről, de ugyanakkor gondoskodnunk kell arról, hogy az épületben és a berendezéseken már lerakódott és leszáradt szállópornak légáramokkal való felkavarása ellen védekezzünk. A feladat másik része az elszívott poros levegő megtisztítása, hogy az a környezetre káros hatások nélkül juthasson a szabadba. Mivel ezen utóbbi probléma közös az ipar más területein is jelentkező portalanítási problémákkal (füst és pernyeszűrés, stb.) ezt a kérdést az egyéb téren érdekeltekkel közösen kívánjuk megoldani, de a magunk részéről a megoldásokat szorgalmaznunk kell.

Az itt előadott problémák elsősorban szénbányászati ipari központi kutató laboratóriumunkra rónak nagy feladatokat. Megfelelő kísérleti állomás és az ahhoz tartozó gépmodellek és kísérleti eszközök hiányában a felmerült szénmosási és portalanítási kérdésekkel eddig csak elméletileg tudtunk foglalkozni, de remélhetjük, hogy a jövő év kezdetére elkészülő szénelőkészítő kísérleti állomás elgondolásainkat kisüzemi mértékben igazolni fogja úgy, hogy mielőbb elkészíthetjük az idevágó nagyüzemi terveket.

A BÁNYASZÁLLÍTÁS IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

TÖRÖK SÁNDOR gépészmérnök

A bányabeli, de a külszíni szállító eszközök és berendezések megválasztásában is döntő szempont a szállítási távolság és a távolságok figyelembevételével az egyes berendezések gazdaságos üzeme.

A gazdaságossági számításoknak pedig egyik döntő tényezője a szállítandó anyag mennyisége.

Nagy távolságra és nagy mennyiségű anyag szállítására más berendezéseket kell alkalmazni, mint rövidebb szállítási utakra és kis szállítási telejsítményekre.

Nagy távolságokra kisteljesítményű szállításhoz gazdaságosabbak a szakaszos üzemű berendezések, mint pl. a mozdony és általában a csilleszállítás.

Nagyteljesítményű szállítások esetén azonban hosszabb szállítási utakra is mindinkább alkalmazzák a folyamatos szállító berendezéseket, és ezek közül is elsősorban a gumihevederes szállítást. Rövid szállítási utakra gazdaságos üzemük miatt csaknem egyedül a folyamatos szállító berendezések használatosak.

Hazai bányáinkban, az egy Petőfi-bányát kivéve, ma még döntő szerepet játszik a csilleszállítás. A munkahelyek közelében még kézzel tolják a csillét, majd vitlákkal és végtelen kötelű vontatóberendezésekkel gyűjtik. A gyűjtőhelyről a csilléket mozdony vagy aknaszállítógép továbbítja a külszínre.

A csilleszállítás terén nagy haladást jelent az 1948-ban indult és 1949-ben befejeződött szabványosítás.

Sajnos, meglévő bányáinkban ennek jelentősége korlátozott, mivel sok esetben a meglévő vágatszelvények, kaskeresztmetszetek és a sínhálózat hátráltatják a szabványcsille bevezetését. De ujonnan létesülő bányáinkban már komoly előnyöket jelent a szabványosítás.

Egyelőre csak 600, 700, 800 és 1000 liter űrtartalmú csilléket szabványosítottunk, de később, ha a nagyméretű csilléket több bányában alkalmazzák, ezek szabványosítása is megindul.

A Szovjetunióban járt bányászati tanulmányi bizottság tapasztalata alapján már megkezdődött egy különleges csillekapcsoló készülék gyártása, mely lehetővé teszi a zárt vonatban való ürítést. Ez nagymértékben korszerűsíti csilleszállításainkat.

Az ereszkékben vagy rövid távolságokra történő szállításnál bányászatunkban használt dobos vitlák nagy része, sajnos, nem korszerű. Itt komoly feladat az új típusok megtervezése és szabványosítása.

A külföldön használatos, zárt, a kötéldobba beépített hajtómotorral és

fogaskerekekkel készülő vitlák tervezését és gyártását meg kell gyorsítani. Véleményem szerint három típus gyártásával kielégíthetjük bányaüzemeink igényeit.

Szükségesek: 500, 1000 és 1500 kg vonóerőre méretezett típusok; ezek közül az 500-ast oszlopos kivitelben, a nagyobbakat mozgó alvázra szerelve, vagy helyhez rögzített alapkerettel kell készíteni.

Az 1000 kg-os típusú, Siemens-féle már általánosan használt, de feltétlenül szükséges egy kisebb és egy nagyobb típus is.

Végtelen kötéllel vontató gépeink megfelelnek az általános kívánalmaknak, különösen a bolygókerekes, kötélfeszültség-kiegyenlítővel ellátott gépek.

A modern bányatelepítés, a korszerű gumiszalagos és mozdony-szállítás azonban ezeket a gépeket is, akárcsak a rázócsuzdákat, lassan háttérbe szorítja. Nagy hátránya a végtelen kötéllel vontató gépnek — főként bányabeli elhelyezés esetén — a gépház nagy térfogata, szállítás szempontjából pedig a gép nagy súlya.

Villamos mozdonyaink, főként az új típusok, általában megfelelnek a korszerű szállításhoz, de nagyon hiányzik a külföldön használatos, sujtólégbiztos kivitelben készülő Diesel-mozdony. Rövid idővel ezelőtt érkezett két Diesel-mozdony Csehországból és az ezekkel szerzett üzemtapasztalatok alapján reméljük, hogy hazai gyártásuk is rövidesen megindulhat.

A függélyes aknák részére bányagép-gyártásunkban készült dobos és Koepe-gépek világviszonylatban is minden tekintetben megfelelnek. Erre bizonyíték az exportra készülő gépek nagy száma.

A komlói bányaüzem részére hazai bányagépgyárunkban készül 1100 LE kétdobos és ugyancsak 1100 LE Koepe-gép Ward—Leonard-kapcsolású egyenáramú üzemre, 14 m mp-kinti szállítási sebességgel. A gépek menetszabályozó berendezése az első ilyen méretű hazai gyártmány.

A függőleges aknaszállító gépeknél csupán a nagyteljesítményű gépek villamos felszereléseiben mutatkozik nehézség, mert néhány szabályozó készüléket ma még külföldről kell beszerezni, de e téren is határozott fejlődés mutatkozik. Reméljük, hogy az ötéves terv folyamán hazai gyáraink a külföldi behozatalt feleslegessé teszik.

Jelenleg már négy bányaüzemünkhöz gyártás, illetve tervezés alatt van 4 db tipizált vedres aknaszállítógép, 8 tonna hasznos teherbírású vederrel. A négy berendezés közül háromnál az adagoló-bunker töltése a gumihevederes szállítás miatt automatikus szalagmérleggel történik. A korábbi térfogatmérés helyett itt alkalmazunk először súlymérést, mely az üzemet biztonságosabbá teszi és egyben összegezve mutatja a bányaüzem termelését is.

Aknarakodó berendezéshez a bevált és szabványosítás alatt lévő típusokat alkalmazzuk, de kiegészítjük őket olyan korszerű berendezésekkel, melyek az üzemet gazdaságosabbá teszik. Így a keresztirányú szállításoknál a fordítótárcsa vagy tolópad helyett rugós ütközővel ellátott visszatérítő váltókat alkalmazunk.

A fent elmondottak alapján a csilleszállítás terén a vázolt korszerűsítéseket az ötéves terv folyamán végrehajtuk, s így csupán a gyárak kapacitásán múlik, hogy a bányaüzemek igényeit kielégíthessük.

Az új bányatelepítéseknél a gazdaságosság határain belül csilleszállítás helyett az üzembiztosabb és kezelőszemélyzetet nem igénylő folyamatos szállítást igyekszünk bevezetni. Hazai gépgyáraink is, a gumihevedereket készítő vállalat is alkalmasak korszerű berendezések gyártására. Ma már 1000 m hosszú szállítási útra 1 drb gumihevederes szállító berendezés gyártására is vállalkoznak.

A Petőfi-bányában alkalmazott gumihevederekkel már eddig is olyan tapasztalatokat szereztünk, melyeket a további berendezésben kiválóan tudunk hasznosítani.

Nagyteljesítményű berendezéseknél, kb. óránként 200 tonna teljesítmény felett, még hosszú szállításokra is, gazdaságos üzeme miatt, igen előnyösen alkalmazható a gumihevederes szállítási mód. Két évi kutatómunka, számítások és tapasztalatok alapján hazánkban is három szalagtípus alakult ki üzemi viszonyainknak megfelelően.

Rövidebb szállítási utakra és kisebb teljesítményekre: 150 m hosszú, 15 LE hajtószerkezettel, 650 mm széles hevederrel, 100 tonna óránkénti teljesítményre.

Közepes szállítási hosszakra: 250 m hosszú, 40 LE hajtószerkezettel, 800 mm széles hevederrel, 200 tonna óránkénti teljesítménnyel.

Hosszú szállítási utakra: 500—1000 m hosszú, 75—100 LE hajtószerkezettel, 1000 mm széles hevederrel, 300—600 tonna óránkénti teljesítménnyel.

A Szikra Könyvkiadó által kiadott »Sztálin és a szovjet tudomány« c. műben, Szkocsinszkij, Tyerpigorev és Sevjakov szovjet tudósok „*A bányászati tudomány fejlődése a Szovjetunióban*" c. cikkükben kimerítően ismertetik a bányabeli folytonos szállítások fontosságát. A fejlődés új állomásának nevezik a szalagszállítás bevezetését a bányászatba.

Hogy mennyire igazuk van a szovjet tudósoknak azt az alábbi példa is mutatja.

Egyik lignit-bányánk részére számításokat végeztünk 1200 m hosszú szállítási útra, 300 to/óra teljesítményre. A teljesítmény alapján 800 mm széles heveder is megfelelne, de a nagy lignit darabok miatt 1000 mm széles heveder beépítése szükséges.

Mivel a lignitet már az előkészítés első fokozatában fel kell aprítani, magától adódott, hogy az előkészítés első fokozatát le kell vinni a bányába, a szállító szalag végéhez. Az eredmény: 1000 mm széles heveder helyett 800 mm-es is megfelel és ez beruházásban kb. 1,5 millió megtakarítást jelent.

Az előkészítés kettéválasztása, az első fokozat levitele a bánya mélyébe, valóban új állomást jelent a bányászatban, mert ez ideig, főként a csilleszállítás miatt, nem volt mód arra, hogy a bányákból a lignit 200 mm-nél kisebb szemnagyságú darabokban kerüljön a felszínre.

A jövő évben üzembe kerül az első 800 m hosszú lejtakna gumihevederes szállítással és reméljük, hogy az itt szerzett tapasztalatok alapján további új vagy esetleg meglévő lejtaknákat tudunk a csilleszállításnál korszerűbb, folyamatos szállító berendezésekkel ellátni.

Az új bányatelepítéseknél 1000 m-nél rövidebb szállító vágatokban, ha a vágat egyenes, közepes és nagyteljesítményre az eddig szerzett tapasztalatok alapján csaknem csupa gumihevederes szállítást tervezünk.

Ugyancsak kipróbáljuk a jövő évben a gumihevederes szállítást meddőhányóknál. Jelenlegi összes meddőhányóink vagy adhéziós vagy függőpályás csilleszállítással épültek. Dorogon részben már alkalmaztuk a gumihevedert de az eddigi tapasztalatok még nem kielégítők. A teljes mértékben hevederes szállítástól biztosabb üzemet és a kiszolgáló személyzet létszámának lényeges csökkenését várjuk.

A csoportos pillérfejtéseknél a nehéz fizikai munkát igénylő szállítás mechanizálására egyik bányaüzemünkben könnyen szét- és összeszerelhető, rövid 20 m-es gumihevederes szalagot helyeztünk üzembe. A könnyű szerkezeti kivitelt azzal biztosítottuk, hogy a váz egyrészét, görgőkkel együtt, aluminiumból gyártottuk. A néhány hónapos kísérleti üzem tapasztalatai még nem elegendők pontos kiértékeléshez, főként az acél és az aluminium közötti különbség elbírálásához, de az már megállapítható, hogy a gumihevederes szalag erre a szállítási feladatra is megfelel.

Más bányaüzemek részére is gyártunk kísérleti célokra hasonló 20 m hosszú szalagokat.

A gyors ütemben előrehaladó elővájások kitermelt anyagának elszállítására ugyancsak gumihevederes szállító berendezéseket fogunk alkalmazni. Itt még a rakodás módja is kísérlet tárgya, különösen a hazai bányáinkban általános 2 m folyosómagasság miatt. A gyors előrehaladást a csillék kézierővel való megrakása és a kötélvontatás végállomásának sűrűn ismétlődő áthelyezése lehetetlenné teszi..

A tervezés jelenleg olyan irányban halad, hogy a kötélvontatás végállomását csupán 200 m előrehaladás után legyen szükséges áthelyezni. E célra a munkahely és végállomás között 40 m-ként hosszabbítható, helyhez kötött gumiszalagot és egy 40 m hosszú, az előbbi szalag felett görgökön eltolható szalagot szándékozunk alkalmazni.

Ez utóbbi szalag vége állandóan a munkahelynél van és ott rakodó géppel adagolható rá a kitermelt anyag.

A frontokban is történtek már kísérletek gumihevederes szállító berendezések bevezetésére. Néhány bányaüzem máris alkalmazza őket, de a nehéz nyomási viszonyok miatt széles körben ma még nem használhatók.

Mint az elmondottakból kitűnik, az ötéves terv folyamán még kimerítőbb kutató és tervező munkára van szükség, hogy a hevederes szállítás bányaüzemeinkben általánossá váljék.

A frontokban korábban csaknem kizárólag használatos rázó csúzdák száma állandóan csökken. Ennek oka az, hogy a legtöbb újonnan telepített frontról olyan teljesítményeket kívánunk, hogy a rázócsúzdák a termelési csúcsok idején a nagy teljesítményeket már nem képesek szállítani.

A korszerű kombájnok, réselőgépek üzeméhez szintén nem felel meg a rázócsúzda.

Az előbb említett szovjet tudósok a rázócsúzdákról az alábbiakat írják:

»Az ásványtermelés új technológiája tovább fejlődött. A szénbányászatban kombájnokat, fejtőgépeket, gyalukat kezdtek alkalmazni. A rázócsúzdák most már nem tudtak eleget tenni az új követelményeknek, sem szerkezetük, sem teljesítményük nem volt kielégítő. A szállító eszköz új típusára volt szükség az új technológiának megfelelően. Ezt a fontos feladatot a Szénbányaipari Gépeket Tervező Állami Intézet tudományos munkásainak egy csoportja oldotta meg. Egészen újfajta kaparó szállító eszközöket alkotott és ezeket használják jelenleg az ország minden szénmedencéjében.«

Hazai bányászatunkban a kombájnok és fejtőgépek, sajnos, még csekély száma nem indokolja a rázócsúzdák számának csökkenését, de a szállító eszközökre történő rárobbantás és a frontok teljesítményei indokolják a láncos csúzdák számának növekedését.

A BÁNYAVILLAMOSÍTÁS IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI*

PÁL ISTVÁN gépészmérnök

Midőn a bányabeli villamosítás kérdéseivel követni kívánjuk az őstermelésből iparrá való átalakítás és a műszaki fejlesztés célkitűzéseit, utalni kell a kérdések magvára, t. i. arra, hogy a fejtési technika túljutott a sűrített levegő specifikus fejtőeszközén, a fejtőkalapácson. A fejtő-rakodó »kombájnok« a dugattyú hengerrel könnyen megvalósítható ide-oda mozgás helyett forgómozgást kívánnak, jól hasznosítanak villamos motorokat az olajnyomásos hajtásnál is. Minthogy a fejlődés ezzel a működésbeli feltétellel is a villamosításhoz vezetett, hasznos velejáróként jelentkezik az energiagazdaságosságban és az össztermelékenységben mutatkozó ugrásszerű javulás, de ugyanakkor súlyosabban esnek latba a villamosság bányabeli használatánál betartandó biztonsági szempontok. Így évtizedünkben mind külföldön, mind idehaza leszűrődött elv, hogy új bányaműveket lehetőleg villamos energiaellátásra kell berendezni az energiát országos művektől kell vételezni és a működő üzemeket is minél szélesebb körben villamosítani kell. E kérdések világszerte a társadalmi tulajdonba vételkor jelentkeztek kiugróan, ezért a Szovjetunió ebben is úttörő és érthető, ha a megoldás keresése a többi országokban még erősen leköti a technikusokat, míg a Szovjetunió kijárt utakon halad.

A fejtés és szállítás gépesítése és villamosítása miatt egyre több kapcsoló és elosztóberendezési elemre van szükség, ami egyenesen bányába való új szerkezetek bevezetésén, tehát szerkesztésen és gyári kapacitáson vagy importon, az üzemeltetés pedig energia- és munkaerőkapacitáson, végül szervezési teendőkön múlik — tanulmányi és kísérleti munkák mellett.

1. A fejtés és szállítás villamosítása.

A bányabeli villamosításnál fontos törekvés rövidrezárt motorok alkalmazása, mert ez karbantartás, sújtólégbiztos kivitel és távműködtetés szempontjából döntő előny. Az alkalmazás korlátja, hogy egyes szállító eszközök, mint a kaparószalag és gumiszalagpályák fokozatos indítást kívánnak. Egyenlőre még nem terjedt el a bányászatban az egyes eszközöknek megfelelő szabadon futó vagy fokozatos tengelykapcsoló elem, amely a rövidrezárt kivitel alkalmazását általánossá tehetné. A szóba jövő kivitelek : fogaskerekes sebesség-

* Az 1950-ben a Szovjetunióban és 1949-ben a Ruhrvidéken és Dél-Walesi bányákban járt tanulmányi bizottságok beszámolóinak felhasználásával.

szabályozó művek, mágneses folyadékkapcsolók, különösen azonban hidraulikus tengelykapcsolók.

A hidraulikus hajtás egyébként, amellyel a Szénbányászati Kutató Laboratórium foglalkozik, hivatott a fejtőgépeknél felmerülő valamennyi fokozatos szabályozású hajtási feladatot megoldani, illetőleg átvenni a villamos hajtási rendszerektől. Ugyanis az egyenáramú hajtás, a kollektoros motorok és a Ward—Leonard-rendszer egyrészt átalakítót és külön kapcsolóberendezést igényel, másrészt a durva üzemben nem kívánatos karbantartási többletet okoz és sújtólégbiztos kivitele is komoly probléma. A nehézségek miatt a tengeren túl is egyre jobban terjed a forgóáram az egyenáramú átvitel rovására, mindenütt, ahol nem alkalmazható a hidraulikus átvitel, pl. költségesebb volta miatt.

E körbe vágó kimunkálandó kérdés a fejtő- és rakodógépek megfelelő villamos »automata« kapcsolója, amely korszerű védőelemeken kívül speciális védelmeket is tartalmaz éspedig a kapcsolások ismételgetése, a gumikábel zárlata és érintésvédelmi szálának szakadása ellen.

Midőn a villamos energiaelosztásra támaszkodó kombinált fejtő- és rakodógépekkel rendezkedünk be, esetleg a villamos fejtőkalapács megszerkesztésének szükségessége merül fel. A gépesítésnek ebben a fázisában a villamos fejtőkalapács szerepe nem azonos a légkalapácsokéval. Nem tömeges termelőeszköz, hanem kisegítésképpen, időszakosan használt szerszám (utánvétek, darabolás stb.), ennek következtében nehezebb lehet. Ha ezt az engedményt nem tennők meg, le kellene mondanunk a fejtőkalapács villamos változatáról. A feladat nem tekinthető lezártnak.

A hazai villamos könnyű-gépesítés ez időszerint szovjet villamos szénfúrógépekkel történik.

2. Energiaigény

Fontos kérdés a várható energiaigény helyesen ütemezett beállítása. A bányászat energiaigénye az országos kooperáció szempontjából is jelentős, mivel összértékben olyan nagyságrendű, hogy egy erőmű teljesítő képességét leköti. Néhány szót kell tehát áldoznunk a helyes becslés kérdésének. A megbízhatóbb becslés a kWó/t érték felhasználáson alapul, mivel a gépelhelyezési tervek általában nincsenek kimunkálva és az egyidejűség, amely a gépesítés várható fejlődése mellett egyenlőre nem becsülhető hasonló biztonsággal, további határozatlanságot jelent. Továbbá a kWó/t értékekre könnyebben lehet olyan külföldi adatokat találni, amelyek a gépesítés fejlődése mellett támpontul szolgálhatnak.

Hazai szénbányászatunkban az átlagos kWó/t értékek 8,5—40 határok között mozognak. A 8.5 kWó/t olyan üzemekre jellemző, amelyek szinte nincsenek gépesítve, vízemelésük nincs és mélységük sem számottevő. A

40 kWó/t pedig a tisztán sürített levegős üzemre jellemző, bár nem nagy gépesítéssel, tetemes mélység és kevés vízemelés mellett.

A fejtés és a szállítás gépesítésével fellépő kWó/t szükségletet előre tervezve a következő többlet adódik:

Jövesztés	2,5	kWó/t
Fejtés környéki szállítás	2,5	«
Csatlakozó főszállítás	1	«
Egyéb	1,5	«
Veszteségek	1	«
Összesen ...	8,5	kWó/t

A gépesítés és villamosítás után tehát 8,5 + 8,5 = 17 kWó/t várható mint maximum, ha nincsenek különösebb vízemelési feladatok és nem nagy a mélység. A villamosítás és a gépesítés keresztülvitele után az országos átlagérték kialakulása 20 kWó/t körül várható.

A fenti számokból az előirányzott évi termeléshez mérten összevontan és erőművenként is meghatározható az évi kWó-szükséglet és a legnagyobb, tartós csúcs-kW is, ha megadjuk, hogy az átlagos évi kihasználási tényező kb. 4200 óra.

Legújabban felmerült idevágó feladat az iparági csúcscsökkentési törekvés. A bányafogyasztás természete, helyesebben konvencionális napi terhelési lefolyása csaknem pontosan egybevág az erőművek eredő terhelési görbéjével. Olyan szerteágazó üzemviteli komplexumban, mint valamely nagyobb bányamű, nehezen vihető keresztül a konvencionális terhelési lefolyás megváltoztatása, de újabb reményteljes lehetőség az országos bányászértekezleten felvetett ciklikusmenet megvalósítása. Valamelyes eredményt talán még a vízemeléssel küzdő üzemekben is várhatunk, ha sikerül minél több szivattyúzást az éjjeli műszakra áttólni. További eredménnyel kecsegtetnek az áramtakarékossági intézkedések, a jó szervezés és — elvileg — a diszpécserszolgálat is. A bányászértekezleten felvetett ciklikus menet jóságának összehasonlító mértéke éppen a napi villamosáramterhelési diagrammmegváltozása lehet.

Az áramtakarékosság szükséges intézkedéseiben a bányák gépészeti vezetői egyetértenek, és a következő szempontok jelölhetők ki:

1. Körvezetékek, párhuzamos vonalak egyidejű üzemeltetése.
2. Fázisjavítás. Heverő generátorok beindítása, kondenzátorok beépítése, szinkronmotorok alkalmazása.
3. Versenymozgalom. Gépkezelők versenye; energiavadászat (jutalom.)
4. Villamos fűtőtestek kicserélése szénkályhákra.
5. A sürített levegő üzem gazdaságosabbá tétele.
6. Külső szakértői felülvizsgálatok igénybevétele, (EGART, AVESZ),

A fentiek körében általános érdeklődésre tarthat számot a Szovjetunióban kidolgozott „DAG"-kapcsolás (Dankovcev, Afanafiev és Gurievics)

amellyel a fázistényező javítását meglévő csúszógyűrűs aszinkronmotoroknak szinkronmotorrá alakításával érik el. A műfogás abban áll, hogy a forgórészt egyenárammal gerjesztjük, amit száraz egyenirányítóval szeléncellákkal állítanak elő és ez a berendezés bányában nagyobb motoroknál való alkalmazásra megfelelőnek látszik. A kísérletek már megállapították a szükséges védőelemek jellemzőit és a forgórészkör kapcsolásainak önműködővé tételéhez szükséges relék megszerzése után megkezdhetjük az üzemi kipróbálást.

E problémakör távolabbi fejlődésében a leggazdaságosabb áramellátás érdekében gázturbinák alkalmazása várható, amelyek a kombinát szénfeldolgozó művéből a hulladékgázt, esetleg a bányából közvetlenül nyert metánt hasznosítanak. E téren egyelőre külföldön is csak tapogatódzások vannak. Sűrített levegőszükséglet esetében mód van a kombinát gőzerőművének csapolt üzemével hajtott turbokompresszorokkal a gazdaságosság javítására. Villamoshajtás esetében szinkronmotort kell alkalmazni a fázisjavítási lehetőség kihasználására.

3. Villamos felszerelés

Miután a fejtésben majd több villamos gépet használunk és a szállítást is mechanizáljuk, szétágazóbb villamos elosztásra számban több, teljesítményben nagyobb bányabeli transzformáló és elosztó főállomásra, alállomásra és fogyasztói kapcsolókészülékre lesz szükség. Bár a fajlagos áramfogyasztás az országos átlagot tekintve nem változik lényegesen, a termelési volumen növekedése miatt a csatlakozási teljesítményben, a tartós-csúcs értékében (KVA) tekintélyes szaporulat várható. Érdekes összehasonlítani fejtéseink eddigi gépi berendezéseinek megszokott energiaszükségletét a korszerű eszközökkel berendezett fejtés szükségletével. Így 2—3 rázócsúzda vagy 1 kaparószalag, esetleg egy réselőgép vagy a légkalapácsok összesen kb. 25 + 15 = 40 LE egyidejű teljesítménye és a kézzel való csilleszállítás áll szemben a fejtőgép üzemnél szükséges 1 fejtő-rakodó eszköz és 2—3 kaparószalag mintegy 80 + 40 = 120 LE egyidejű, fejtés-környéki energiaszükségletével, illetve az elszállító gumiszalagsorozattal. Tehát a fejtésekbe szállítandó energia megháromszorozódik, esetleg megnégyszereződik. Ugyanekkor a művelés sebességének növekedése folytán nagyobb távolságok keletkeznek (600—1200 m) és a feszültségesési veszteségek inkább esnek latba. Emiatt a villamos használati feszültségek emelése elől kitérni nem lehet. A Szovjetunióban, de valamennyi nyugati államban is eljutottak az 500 Volt (a Szovjet PTE előírásban maximálva) és 550 Volt fejtési alkalmazásához, a 3300 és 5500 Volt középfeszültségnek minél jobban a fejtések közelébe vezetéséig, s nem maradhat el a külszíni 10 000—22 000 Voltnak az akna alá vagy ennél mélyebben való vezetése sem, ha ennek gazdasági előnyei vannak. Ilyen módon a fejtésektől nem messze komoly teljesítményű, 150 KVA-s, ikerfrontok esetén 320 KVA-s transzformáló állomásokat kell telepíteni, amelyeknél fokozottan fontos a tűz elleni védekezés. A fejtések felé kábelkötegek

mennek, amelyek rövidíthetőségét megfelelő szerelvényekkel — dobok, dugaszolók — kell megoldani. További — eddig kevésbbé fontos — szempont a nagyobb tárgyak be- és kiszállítási lehetőségének biztosítása. Végül, mint látni fogjuk, a mozgó gépek biztonsági követelményeit kielégítő jelzőeres gumitömlőkábelek bevezetése is soron van. A rövidíthetőség és a szállíthatóság követelményei a felszerelés kialakítására, de a vágatok berendezésére is visszahatnak.

Ha 2—3, esetleg több teljesen mechanizált ikerfront dolgozik, a főszállító pályák gépeit és az esetleges vízemelést is tekintve, 1500—3000 KVA-s, néha nagyobb, telepszerű villamos állomásokat kell létesíteni a bányában és a külszínen. Amint az átvett villamos teljesítmény nő, fokozattabban esik latba az ugyancsak fejlődő villamos energiaszolgáltató művek megnövekedett rövidzárlati teljesítménye, illetve mind a régi, mind az új berendezéseinkkel szemben e szempontokból támasztott igény. Fejleszteni kell a túlfeszültségvédelmet.

A fejtési és elosztási alkalmazásra bányabeli légkörben és durva használatra megfelelő eddig nem gyártott, villamos kapcsoló és indítókészülékekre tömegesen lesz szükség, a sújtólégbiztos kivitelen kivül. Sajnos, az igény nem elég tömeges ahhoz, hogy iparunk az új típusok gyártására gyorsan ráálljon, be kell tehát érnünk nem kifejezetten bányabeli szerelvények alkalmazásával. Döntő kérdés tehát, a megfelelő készülékek kiválasztása és szabványosítása hazai esetleg külföldi gyártmányok vagy kiviteli tervek alapján, mivel a szállítóberendezések hiánya mellett ez is akadálya lehet a tömegtermelésre alkalmas fejtési rendszerek kialakulásának.

Amilyen mértékben nő a gépesítés és a villamos készülékek elterjedése a bányában, olyan mértékben nő az előzetes, átfogó berendezési tervek gondos előkészítésének a fontossága, különösen az átmeneti időben, míg a szabványok nincsenek kifejlesztve. Máskép nem lehet a megfelelő indító-, kapcsoló- és elosztókészülék-anyagot kellően specifikálni a gépgyártó szektor felé, megrendelések és tervszerű gyártásbaállítás céljára. A szabványok kifejlesztéséhez sok tapasztalatot is kell még szereznünk, az előzetes üzemi próbák és kísérletek számottevő időt kívánnak meg. Ezen átmeneti időszakban a villamosítási (berendezési és szerelési) tervek elkészítéséhez elegendők nagyjából kimunkált bányamű tervek, esetleg több változatban, az alkalmazni kívánt gépek és fogyasztók bejelölésével: „géptérképekkel".

Fontos kérdés a villamos felszerelés felújítása, kicserélése korszerűvel. További feladatokat jelent majd érc- és vegyesbányászatunk, tőzegbányászatunk, végül mélyfúró üzemeink villamosítási anyagszükségletének biztosítása, ami sürgősen előzetes kimunkálásra vár.

A korszerű villamos felszerelések nemzetközi viszonylatban történt áttekintéséből a következők szűrhetők le.

A villamosmotorok, teljesen zárt köpenyhűtésű kivitelben készülnek. A német gyárak hegesztett házat használnak, az AEG 20, 30 és 40 kW-os 1440 percfordulatú, rövidre zárt típusok csak tengelyirányú hosszban különböznek.

Általánosak a sorozatszabványok, s terjed a bányamotorokban a hőálló anyagok használata (üvegfonál és műanyagok). Ez utóbbi szempont különösen sújtólégbiztos szerkezeteknél fontos. A legtöbb államban minden bányába kerülő motor sújtólégbiztos nyomásálló, mást nem alkalmaznak.

A kapcsolóberendezésekben, általában csakis sújtólégbiztos nyomásálló tokozást alkalmaznak. A kapcsolókban egyre több az automatizmus és a távműködtetős kivitel. Az angol szerkezetek szélsőségnek tekinthetők. Ezekben a nálunk szokásos túláram-, rövidzárlat- és nullfeszültség-védelmen kívül földzárlat védelmet, (core balance), távműködtetést helyeznek el, továbbá az elmenő kábel szakadás- és zárlat-ellenőrző védelmét stb., s végül mérőműszert. Ezen alkatrészhalmaz robusztus szekrénybe van beszerelve. Míg a németek sínszekrényeket raknak egymás mellé, amelyek alá szerelhetik a leágazó kapcsolókat, vasállványon, az angolok a kompakt kapcsoló-szekrényeket egybeépített sínszekrényekkel rakják egymás mellé, a talpon állva, úgy hogy minden „egység" külön is használható. Ez utóbbi építési módot egyre inkább veszik át a franciák és a belgák. A kapcsolók olajtöltésű és száraz kivitelben egyaránt készülnek. Bányacélra sújtóléges kivitelben AEG és Siemens is száraz kivitelt ad. Az angol cégek is készítenek erre olajtöltésű kivitelt, de különleges szabványelőírások szerint.

1000 Volt feletti kapcsolók is készülnek sújtólégbiztos kivitelben. Ilyenkor a németek cellaelrendezést használnak, az angolok oszlopra építik az összes alkatrészt.

A transzformátoroknak több jellegzetes bányakivitele alkult ki. Ismert a Merlin-Gerin kvarchomok töltésű tűzálló transzformátor, amely azonban túlterhelésre kényes. A tűzmentes kivitelt célozzák az egyéb száraz kivitelek is, terjednek a kocsikra szerelt transzformátorállomás egységek, amelyeknél a primer és szekunder kapcsoló is a transzformátorra van felerősítve.

Kábeleknél a gumitömlő-kábelek fémhuzal-betételése terjed, mivel az egyszerű gumitömlő-kábel első helyen áll a balesetokozók százalékarányában. Egyik megoldásnál a merev övező huzalok helyett magát a gumizást teszik félvezetővé, korom hozzáadásával. Földelt nullpontú hálózaton ez megfelelő. A távműködtetéssel és védelemmel kapcsolatban jelzőeres kábeleket használnak.

A kábelcsatlakozó szerelvények szovjet kivitele feltünően nehéz, kiönthető részek és konnektorok kiképzése a legkörültekintöbb.

Az aknaszállítógépeken csaknem minden nagyobb cég megszerkesztette az önműködő gyorsulás-szabályozóját mind egyenáramú, mind váltóáramú rendszerre. Kihozták az önműködő távkormányzást is, amellyel a főcsatlós a házi lifthez hasonlóan indítja az aknafelvonást. 1000 LE felett a Ward—Leonard rendszer az uralkodó. Az aknaüzemet Siemens és AEG azzal is javítani igyekezett, hogy az átalakító motordinamó helyett higanygőz-egyenirányítót alkalmazott, de a kísérleti egységnél a várt gazdasági előnyök nem mutatkoztak. Az irányváltás két keresztbe kapcsolt higanygőz-egységet kíván ; ez a beruhá-

zási költségeken át az üzemköltségben jelentkező megtakarítást lerontja. Egyéb nehézségek miatt sem forrott még ki a megoldás annyira, hogy hazai alkalmazásra javaslatot lehetne tenni.

Bányavasúti villamos felszerelésünk legnagyobb része 20 évnél régebbi időből származik, egyre több a karbantartási költség, s ezért az üzembiztonság is egyre több kívánnivalót hagy hátra akár a mozdonyokra, akár az átalakító berendezésekre gondolunk. Más áramnemet, mint egyenáramot, nem használnak bányavasútaink. A külföldi fejlesztési törekvések rendkívül érdekesek, de döntő sikert egyenlőre egyik kísérlet sem mutathat fel. Angliában az államosítás előtt egyáltalában nem használtak munkavezetékes villamos mozdonyt, de a háborús megszállás alatt a Ruhr-vidéken tapasztaltak után megszűnt az elzárkózottság. Általában a bányavasúti fejlesztéssel nagyobb biztonságot kívánnak elérni és a kétségkívül kellemetlenül magas 550 Voltos egyenáramú feszültség helyett kisebb váltóáramú munkavezeték feszültséget tartanak kívánatosnak, ami egyrészt a váltóáram egyszerűbb áramátalakítása miatt kevesebb költséggel beruházható, másrészt a kollektoros motorszerkezettel szemben, 1 vagy 3 fázisú aszinkron motorral, a rövidrezárt forgórész előnyei kihasználhatók. A Ruhr-vidéken repulziós motort használnak sikeresen. A külföldi törekvésekkel a Magyar Elektrotechnikai Egyesületben Welzl, Sztrókay és Déri kartársak foglalkoztak. Mint látjuk, a Szovjetunió ebben is úttörő : Rosenberg, Kreuzberg és Tehmenev 50 periódusú, egyfázisú, rövidrezárt motoros mozdonyt szerkesztett kondenzátoros segédfázis-indítással, 6 és 12 pólusú átkapcsolhatósággal 5,5 és 11 km/óra sebességgel, 7 tonna összsúllyal. Hasonló érdeklődésre számot tartó újabb szerkezet a svájci Oerlikon gyár szerkesztette »giro« jármű, amelyben egy lendkerék tárol energiát ; kb. 1 km-en át vontat a mozdony és munkavezeték nem kell hozzá, ezért sújtóléges üzemekben különösen előnyös lehet. A lendkerék fordulatra hozása konnektor-csatlakozásról hajtva történik az üzemszerű megállóknál.

Szóbajöhet a Kandó rendszer analógiájaként az egyenirányítóval felszerelt mozdony. Elsősorban szeléncellákra gondolunk, 50 periódusú munkavezetékkel és egyenáramú szerieszmotorral, amelynél a kedvező indító nyomaték megmarad és elesik az átalakítók költsége is. Esetleg váltóáramú motor és hidraulikus hajtás. A kérdés gazdaságossági elemzése döntő. A biztonságot kettős munkavezetékkel véljük fokozhatónak a trolleybusznál szerzett áramszedő tapasztalatok felhasználásával. Egyébként erre példa van hazai bányákban, amelyek természetesen csak tökéletesítendő szerkezetekkel rendelkeznek. Rövid távra jöhet a mozdonyra szerelt motorral forgatott kábeldob gumitömlő „uszó" kábellel, valamint e munkavezeték felett guruló áramszedő görgök. A munkavezetékes megoldások erős versenytársa a Diesel-üzem és az akkumulátoros-üzem, amelynél azonban sokban függünk külföldi anyagoktól. Ez utóbbiak is bevonandók természetesen a kimunkálandó tervekbe.

4. *Sújtólégbiztonság*

A korszerű gépi fejtéssel- és a villamos-energia használatával járó gazdaságosságnak tulajdonítható, hogy sújtólég és szénporrobbanás veszélyes bányákban sem kellett kitartani a sűrített levegő mellett, és a fejlődés a sújtólégbiztos villamos berendezések nagyfokú tökéletesítésére vezetett. A fejlődés lépcsőit a szerkesztési szabványok alakulása mutatja. A gyártmányok fejlett minőségi kivitele ugyan kialakult, rá kell azonban mutatni arra, hogy ezen minőségi állapot következetes fenntartása a bányában — az évek során szükségessé váló átszerelések mellett — súlyos terhet ró a fenntartó és felelős személyekre.

A mult év folyamán a Ruhr-vidéki és dél walesi bányákban járt tanulmányi bizottság a sújtólégbiztos berendezésekről nyugateurópai viszonylatban tiszta képet kapott. A VDE szerkesztési előírások sok tekintetben túlhaladottak. Így — mint a mülheim-i AEG motorgyárban láttuk — maguk a németek sem élnek többé azon engedményekkel, melyeket az u. n. „fokozott biztonságú" kivitel rövidrezárt motorokra megenged és olyan nemes hőálló anyagokat építenek be a motorokba, amelyek a megengedett igénybevételeknél többet bírnak. Rá kell mutatni arra is, hogy fejtési alkalmazásra az ottani szabályozás szerint csakis ú. n. „nyomásálló" tokozás van megengedve, tehát a gépesítés folyamán a fejtésekben elterjedő nyomásálló motorok mellett eltörpül a jelentősége annak, hogy egyes, fejtésen kívüli gépek könnyebb kivitelűek legyenek. Emiatt az utóbbi nyugateurópai szabványok nem tartalmazzák a „fokozott biztonságú" kivitelt, csakis nyomásálló tokozásokat ismernek el. Dél-Walesben és a Chesterfield-környéki bányákban pl. minden villamos felszerelés ilyen, indokolás: az ottani bányák túlnyomó része sújtóléges és így átdiszponálás esetén nem lehet zavar. További lényeges eltérés a VDE előírásokhoz képest az olajba merülő kapcsolóknál tapasztalható,amelynél teljesen zárt tokozást írnak elő, (VDE itt nyílást kíván) és lényegesen kisebb légrés-méretet engednek meg. A francia előírások a nem szikrázó segédberendezésekre (ellenállások, leágazó dobozok és transzformátorok is), ha kiöntő anyagba, olajba vagy kvarchomokba vannak ágyazva, nem kívánják meg a nyomásálló tokozást. Itt látszik a tendencia — bár az angol szabványt messzemenően tekintetbe vették —hogy mentesülni akarnak az angolok sokszor nehézkes szerkezeti elemeitől. Ugyanez a tendencia mutatkozott az IEC nemzetközi szabvány párizsi tárgyalásain is, ahol egyébként kiugrott a tőkés államok közötti szabványosítás nehézsége. A szabvány gyakorlatba vételével járó áldozatoktól a felek húzódoznak. Megemlítendő az az Angliában kifejlesztett módszer, az ú. n. „intrinsic safe" (belső biztonságú) kivitel, amelynél a sújtólég gyújtásához szükséges energia alá szorítják az áramkörben felléphető villamos szikraenergiát, gyengeáramú készülékeknél. Végül a belső túlnyomásos és mesterséges hűtéses stb. kivitelű sújtólégvédelem azok a kérdések, amelyekkel a nemzetközi szabványalkotás a jövőben foglalkozni kíván. Összehasonlításként

közöljük még az egyes szabványok jellemző résméret adatait és a szabványok átdolgozásának évét:

	A szabványban előforduló résméretek mm-ben			A szabvány átdolgozásának évei				
	25 mm-es peremnél	minimum	maximum					
Német	0,30,—45	0,2	0,6		1933	1943		
Angol	0,508	0,1524	0,508	1926	1929	1940	1946	
Francia	0,5	0,15	0,5	1926	1939		1946	1948
Belga	0,2—0,25	0,1	0,5					
Nemzetközi	0,5	0,15	0,5					1950
USA	0,2—0,25	0,1	0,79		1938		1945	1947

A Szovjetunió a sújtólégbiztonság előírásait az általános bányabiztonsági szabályzatban adja, ennek egy példánya Szabványügyi Intézetben rendelkezésre áll, kivonatos magyarra fordítása folyamatban van. Az ottjárt tanulmányi bizottság kellő képet hozott a korszerű vizsgáló állomásról, Makijevkáról. Az állomás egyrészt azon alapvető kutatást végzi, amelyre a szabványalkotás támaszkodik, másrészt a gépipar gyártmányait vizsgálja a szabványelőírások alapján. A kutatási munka a legérzékenyebb villamos deformációmérő eszközökkel történik (kondenzátor-membrám, piezoelektromos kristály); a robbanási nyomás időbeli lefolyását katod oscillográfról vagy más módon fényképezik. A vizsgálatok nemcsak metánra, hanem más ipari robbanékony atmoszférákra is kiterjednek. Hasonlóan dolgoznak a derne-i, buxton-i, montlucon-i állomások is, amelyeket a nyugateurópai tanulmányi bizottság tekintett meg. A megengedhető résméretek megállapítására Buxtonban fokozatosan csökkenő résekkel 20—20 sorozat-robbantást végeznek és a talált legkisebb biztos méretből a sorozat-robbantások lefolyása alapján statisztikai matematika felhasználásával állapítják meg azt a résméretet, amelly mellett 10^{12} számú robbantás sem adna átterjedést. Pl. metánra a statisztikailag biztos résméret 1,12 mm. A szabványba ezen érték fele kerül. Érdekes kutatási téma a résméret és a peremszélesség összefüggése, amely legújabban azon álláspont kialakítására vezetett, hogy a peremszélesség mérete nem döntő, a résméret a fontos. Egyes állomások időszerű tanulmányi munkája forgó géprészek behatásaira irányul. Kérdés, hogy turbulenciában levő gáz (motor belsejében) nem ad-e magasabb robbanási végnyomást. További tanulmányokat végeznek a szénporos környezetben megengedhető burkolati túlmelegedésekre nézve, és állandóan előfordul újabb ipari atmoszférák bekapcsolásával kapcsolatos kísérletsorozat.

E képből számunkra is leszűrhető, hogy a biztonsági követelmények fokozódása miatt megfelelő hiteles vizsgáló állomást kell létesíteni, egyelőre legalább a gépipari gyártás ellenőrzésére, a „routin vizsgálatok" céljaira és mind a szerkesztési, mind az alkalmazási előírásainkat fejleszteni kell, kapcsolatban az előző pontban kifejtett szerkezettipizálással is, majd az állomásnak a kutatást is meg kell kezdenie. A felszerelés kiválasztásánál külön probléma a

sújtóléges anyag. Hazai gyártásunk a speciális bányakészülékekre éppen ebben a leghaladottabb, de a korszerű előírások követelményei szerint revizióra és a gépesítés miatt további fejlesztésre szorul.

Ami az alkalmazási előírásokat illeti, állást kell foglalni a rendelkezésre álló villamos anyag felhasználásáról. A kategorizálásnak ki kell terjednie arra is, hogy hol engedhető meg a régi anyag, hol az újabb szabvány szerinti és hol a legszigorúbb szabványú, stb. Szabványtervet is ki kell munkálni kapcsolatban a nem sújtóléges felszereléssel is. Végül a karbantartás és az ellenőrzés szervezetét kell nálunk eddig nem ismert módon fejleszteni. Itt szovjet példára kell hivatkoznunk. Az 1000 főre eső műszaki alsó és középkáderek számát illetően a kint járt bizottság nem képzelt kedvező képet adott. Az üzemeknél külön oktató mérnök működik. Megemlítjük továbbá a Lomb kartárs által sújtóléges motorok légrés ellenőrzéséhez bevezetni ajánlott elektromágneses szerszámot, mint a karbantartás egyik specifikus szerszámát a Szovjetunióban. Mondhatni a sújtólégbiztonság kérdése végső fokon a szakszemélyzet öntudatán, oktatási és arányos bérezési feltételein és lehetőségein áll vagy bukik.

5. Érintésvédelem

Számolva azzal, hogy a villamosság elterjedése a villamos balesetek növekedő számának veszélyét is magában rejti, gondoskodnunk kell az érintésvédelmi berendezések fejlesztéséről. Át kell vinni a gyakorlatba az új MNOSZ 172—50 szabvány intézkedéseit, önműködő elemeket kell bevezetni. E terület bányaviszonylatban jellegzetes kérdése, amely még külföldön sincs eldöntve, a szigetelt vagy földelt nullapont kérdése. Az előbbi az európai szárazföldön, az utóbbi Angliában és Amerikában van elterjedve. Az a jellegzetes védőelem, amelyre az angolszász területeken a földelt nullapontú rendszer támaszkodik, az ú. n. „core balance", kontinensünkön alig ismert. Így a szigetelt nullapontot kell a bányában ajánlatosabbnak tartanunk. Amint angolszász területeken is felfigyeltek a Ruhr-vidék háború utáni ellenőrzése kapcsán a szigetelt nullapont előnyeire és az angol nyelvű szaklapokban a kérdésről visszatérő vitákat olvashatunk, úgy nálunk viszont a földelt nullpontnak vannak hívei. Az egyik vagy a másik rendszer előnyeinek és hátrányainak egybevetése alapján a kérdést megnyugtatóan eldönteni nem lehet, nem zárkózhatunk el tehát az elől, hogy mindkét rendszerben üzemi próbák és hosszabb megfigyelések történjenek, kor szerű védőelemekkel. E helyen röviden megemlékezünk az egyenesen bányabeli, szigetelt nullapontú rendszerek részére az elmúlt és a folyó év folyamán közölt, legújabb, nagy érzékenységű relékről és védőkapcsolókról. Reményekre jogosít a Kujbisev Távolkeleti Politechnikai Intézetben Trofimov által kidolgozott elektroncsöves relé és védőkapcsoló, amely azon alapszik, hogy zárt vasmagra helyezett három gombolyításon vezetjük át a védendő berendezés fázisait. Ha az ellenőrzött berendezésben földzárlat lép fel, a fázisáramok szimmetriája

megbomlik és a vasmag mágnesezést kap. Ennek révén a vasmagra helyezett negyedik — szekunder — gombolyításban feszültség indukálódik, amely szelektív lekapcsolási működtetésre használható fel. Ugyancsak elektroncsöves relét és védőkapcsolót szerkesztett a belga Charleroi-i, valamint az angol Baldwin Francis villamos cég. Hasonló relék hazai kikísérletezése aránylag kevés munkával jó eredményekkel kecsegtet és az idevágó laboratóriumi munka párhuzamosan egyéb bányászati elektroncső-alkalmazásokkal mielőbb megindítandó lenne. Ez utóbbi védőkapcsolókkal külföldön sincs kellő tapasztalat, ezért is szükség van az üzemi kísérletekre és párhuzamosan ki kell dolgozni a gépesítés elemeinek, különösen a szállító szalagoknak és fejtőgépeknek szabványos egyedi érintésvédelmét. Enélkül az 550 Volt fejtési alkalmazása nem engedhető meg, holott ez a gépesítés lényeges előfeltétele. Fejtési »úszó« kábeles gépek érintésvédelme miatt előnyös a távműködtetéses üzem, mivel ezáltal a földelő szál folyamatossága állandóan ellenőrzés alatt áll árammal. Ugyanezen gépeknél a többszörös biztosítás elvét tovább kell fejleszteni. Felhasználhatók a dr. Fonó és Romhányi féle javaslatok, valamint a Heinisch-Riedl védelem.

6. Gyengeáram

A villamosságnak ez a területe annyiban fontos, hogy a szervezett összmunkát nagymértékben elősegítheti és egyéb kisebb-nagyobb előnyöket biztosíthat, egyben a biztonságot és a munkakörülmények jóságát növelheti. Legnagyobb jelentőségű lehetősége a dispatcherezés, a távirányítás bevezetése. A dispatcher-szolgálat, egy üzem munkafázisainak központos irányító helyen történő, áttekintett egymáshoz hangolása, különböző fokban építhető ki. Szóbajön a fővasúti forgalom irányítása, üres csillék diszponálása, osztályozó állás ellenőrzése, általános diszponálás stb. végül egyes feladattal bíró géprendszerek irányítása. Ez utóbbiakon értjük pl. az összes szivattyúk, a ventiláció, a szállítószalagcsoportok, az osztályozómű központos irányítását. Ilyen feladatok részleges megoldására találunk ugyan hazai példákat, amelyek a továbbiakban jól felhasználhatók lesznek, de a teljes egybehangolásra hazai példa még nem volt. A központi irányításba bevonható feladatok száma a helyi adottságok szerint üzemenként változó összeállítást eredményez és gondos előtanulmányokat kíván meg, amelyet bányász és villamos szakemberek kollektív munkájával lehet optimálisan megoldani. Eddigi távműködtetéseink főleg szalagsorozatok távirányítására szorítkoztak. Ezt a Petőfi-bányán csúszógyűrűs motorokkal is megoldottuk. Bár a rendszer megfelelően működik, a dispatcherezés miatt az olcsóbb rövidrezárt motoros hajtás szállítószalagoknál előnyösebb, azért is törekednünk kell erre. A dispatcherezés további súlyos költségokozója a működtető és a jelző kábelhálózat. Ennek javítására műkapcsolásokat illetőleg vivőfrekvenciás átvitelt kell bevezetni, aminek bányaüzemben a zavarszűrés komoly problémája. Mindenesetre ismeretes olyan külföldi megoldás,

amelynél a mozdonyvezető és a dispatcher között állandó telefoni összeköttetés áll fenn a vasúti munkavezetéken terjedő vivőfrekvenciás átvitellel. A dispatcher biztonsági felügyeletét vannak hivatva szolgálni a távmérő eszközök, mint hőfokmérés, sújtólég-indikáció, szellőzés-megfigyelés stb. Ezek a vivőfrekvenciás és távmérő technika hazai fejlődésétől függenek.

A szállítási jelzők újabb elemekkel egészítendők ki. (pl. a húzójelzők). Optikai jelzések adásával tehetjük biztonságosabbá az aknajelzést. Hazai elemekből megoldható az optikai parancsjelzés. Terjesztendők az automatizmusok a szállítási forgalom ellenőrzésére, pl. csilleszámlálók, váltóállítók, zárnyitók, szalagfutás-ellenőrzők stb. Fejlesztési lehetőség van metán, szénmonoxid, karsztvíz stb. indikátorokban és villamos ellenőrző műszerek kiterjedtebb alkalmazásában, rámutatva a geofizikai mérések, mélyfúrások és a kutatás további műszer-szükségletére is. Ezek sok tekintetben hazai gyártásunk függvényei, különösen a relék, egyenirányítók és erősítők vonalán, Az érzékelő elemeket egyelőre külföldről vehetjük. Mindenek előtt megoldandó a bányabeli alközponti kapcsoló kérdése.

A bányabeli világítás fejtési lámpatestekkel javítandó, a kézi villamoslámpák és lámpakamrák fejlesztendők, bevezetendő a fénycsöves fluoreszcens világítás. Végül a dinamós szerkezetű villamos lövőgépek kondenzátor-kisüléses sztatikus szerszámokkal helyettesítendők.

7. *Szervezési kérdések*

Áttekintve az anyagot a különféle technikai ágak egymásra hatásaként a villamosság területén sok fejlesztési lehetőséget látunk. Az ötéves tervben sok év mulasztását és elmaradását kell pótolni, ezért aligha várható, hogy minden elhangzott szempontot kielégítsünk. A hazai gépgyártás átprofilozása és a terv másirányú követelményei mellett villamossági gyáraink bányabeli villamos berendezésekkel aránytalanul keveset foglalkoznak. Félő, hogy ez a körülmény a gépesítés akadálya lesz. Kívánatos ezért a különböző profilu villamossági gyárakban a bányabeli alkalmazásokat bővíteni és fejleszteni. Azon cikkeknél pedig, ahol a hazai bányaszükséglet az általános termelési volumen mellett nem üti meg a tömegtermelés mértékét, a tervállamok villamossági gyártásához kell fordulnunk, mint olyan országokhoz, amelyek bányászati villamosítása feltétlenül komoly szükségletet jelent. A kooperáció lehetőségeinek, majd a gyártás megszervezésének kimunkálása legégetőbb feladatunk.

A további szervezési feladatok: karbantartási utasítások, biztonsági előírások, kimunkálás, a szabványokon kívül. Nagy kérdés a jól képzett szakszemélyzet felállítása, felső, közép és alsó fokon. Ugyanez az iskolahelyek, a tankönyvek, a gyakorló laboratóriumok megoldatlan kérdésével is összefügg. A nem villamos szakszemélyzet általános oktatásán és az öreg munkástörzs

átnevelésén is sok áll vagy bukik. A karbantartó és az ezt ellenőrző szolgálat ényeges kibővítése a villamos vonalon külön is sürget, a megoldandó műszaki feladatok mellett. Megoldandó a szövegben felvetett tanulmányi és részben kutató munkát igénylő feladatok felelős helye (kutató laboratóriumokban, tudományos egyesületekben stb.)

Az itt felvetett gyártási, import, szerkesztési, rendészeti és oktatási feladatok mellett e helyen különösen a tanulmányi és kutató jellegű feladatok kidomborításának van jogosultsága, ezek a következők :

Kutató jellegű feladatok :

Biztonsági műszerek és alkalmazásuk.
Villamos erősítős automatizmusok és alkalmazásuk.
Sújtólégbiztos vizsgáló állomás.
Kondenzátoros villamos lövőgép.
Hidraulikus tengelykapcsoló rövidrezárt motorhoz.

Tanulmányi feladatok :

Diszpécser feladatok megoldása.
Bányavilágítási feladatok megoldása.
Üzem-kategorizálás : sújtólégveszély és az alkalmazható villamos berendezések szempontjából.

Ezek mellett a baráti demokráciák jelen levő i. t. képviselőihez is fordulva, legyen szabad e helyről szorgalmazni a nemzetközi műszaki együttműködést a bányászati villamos berendezések vonalán.

A KARSZTVIZ-PROBLÉMA A BÁNYÁSZATBAN

VIGH FERENC bányamérnök

előadása az 1950 nov. 30-iki osztályülésen.

A karsztvíz közel hét évtizedes problémája bányászatunknak, és bár időközökben a vízveszély elleni védekezés igen nagy fejlődésen ment át, a kérdést még sem tekinthetjük megoldottnak, mert a bányászat mélységének növekedésével a vízveszély állandóan fokozódik és a jelentkező nehézségek miatt a védekezés mind kritikusabb helyzetbe kerül.

Szénvagyonunk és széntermelésünk túlnyomó részét a fiatalabbkorú barnaszenek képezik, feketeszén-termelésünk mindössze 11%-kal szerepel az ország széntermelésében, ezért bányászatunk jellegét és a velejáró nehézségeket a fiatalkorú kőzetek viszonyai határozzák meg. Ennek megfelelően bányászatunk küzd a fiatalkorú kőzetekben és széntelepekben fokozott mértékben fellépő nyomás, kőzetomlás, tűz, gáz- és szénporrobbanás veszélyével, de a legnagyobb ellenség mégis a karsztvíz, mely szénvagyonunk tekintélyes részét veszélyezteti, néha egész bányamezőket, aknákat fullaszt el, és nem egyszer emberéletben is áldozatot kíván. Szénbányászatunk legértékesebb medencéit: a dorogit, és a tatabányait, továbbá a pilisi és ajkai szénmedencéket veszélyeztetik a triászkorú mészkő és dolomit, valamint az eocénkorú numulinás mészkő kavernáiban és repedéseiben tárolt karsztvizek betörései. De a karsztvízveszély, ha jelenleg még nem is olyan nagymértékben, a dudari, oroszlányi, pusztavámi, kisgyóni, várpalotai, kosdi és nagynémetegyházi szénmedencékben, valamint bauxittelepeink jelentékeny területén is fennáll.

A karsztvíz-veszély jelentőségét néhány számadattal fogom szemléltetni.

A karsztvíztől veszélyeztetett felsorolt medencék hazánk legértékesebb szénmedencéi, mert innen kerül ki jóminőségű széntermelésünk túlnyomó része. Összes szénvagyonunk kb. 24%-át veszélyezteti a karsztvíz, kalorikus alapon számolva ez 32%-nak felel meg. A termelésben azonban ennél is nagyobb százalékkal szerepelnek a karsztvíz-veszélyes szénmedencék, mert 43 súlyszázalékkal és 51 kalóriaszázalékkal vesznek részt az összetermelésben. A karsztvíz tehát termelésünk 51 kalóriaszázalékát veszélyezteti. ami egymagában is eléggé mutatja a karsztvíz-veszély jelentőségét.

A vízbetörések cementálása módot nyujtott arra, hogy a kavernák ürtartalmát megismerhessük. A legtöbb kaverna ürtartalma 3—4000 m³ volt, de akadtak olyan kavernák is, amelyek 150—200 000 m³ cementes homokot is elnyeltek. Dorogon pl. a VI-os akna területén egy kavernába 240 000 m³ anyagot iszapoltak be, és az attól 150 m-re telepített fúrólyuk további 55 000 m³ homokot

nyelt el. Egyes esetekben tehát ilyen óriási ürtartalmú kavernákkal is kell számolni.

Vízveszélyes szénmedencéinkben eddig 242 vízbetörést jegyeztek fel 781 m^3 percenkénti vízmennyiséggel.

A vízveszély nagyságát legjobban az emelt vízmennyiség és a termelt szénmennyiség súlyának összehasonlításával szemléltethetjük. Ajtay 1949-es összeállítása szerint Tatabányán hatszor annyi súlyú vizet emelnek, mint amennyi szenet termelnek. Ezzel szemben Dorogon 12,5-szer; Pilisszentiványon 15,2-szer és Ajkán 21,8-szor nagyobb az emelt vízmennyiség, mint a széntermelés annak ellenére, hogy a vízbetörések ellen gátolással és cementálással védekeznek.

A felsorolt néhány adat eléggé rávilágít a karsztvíz-kérdés nagy jelentőségére. Csak ezeknek a számoknak és méreteknek alapján érzékelhetjük helyesen a karsztvíz-veszély nagyságát és annak jelentőségét bányászatunkra. Így alkothatunk egyben fogalmat arról az idegőrlő bányászmunkáról is, amelynek ilyen nagy veszedelemmel kell eredményesen megküzdenie.

A karsztvíz-veszély a külföldi idősebb szeneknél nem jelentkezett olyan veszedelmes formában, mint nálunk, megoldásánál tehát nem számíthatunk külföldi tapasztalatokra. Így teljesen magunkrautalva, úttörő munkát végzünk, és sajnos, meg kell állapítanunk, hogy nehéz helyzetünkben e téren világviszonylatban első helyen állunk. Ez a megállapítás természetesen csak a karsztvíz-veszély elleni védekezés bányászati vonatkozásában áll fenn, mert a karszttal, karsztjelenségekkel, karszthidrográfiával és karszthidrológiával számos kiváló külföldi szakíró foglalkozott, mint Grund, Katzer, Keilhack, Cvijic, Hőfer stb., kik igen értékes tudományos és gyakorlatilag is értékesíthető munkával járultak hozzá a karsztviszonyok bonyolult kérdésének tisztázásához.

A karsztvíz-veszély legerősebben a dorogi szénmedencében jelentkezett. Az ott végzett megfigyelésekről és tapasztalatokról kiváló bányász és geológus kartársak értékes tanulmányokban számoltak be. Ezekre a felhasznált irodalomban hivatkozom. Ezen megfigyelések és felfogások felsorolásától ismétlések elkerülése végett eltekintek; rájuk csak nagy általánosságban, a szükséghez képest térek ki, hogy az időközben bekövetkezett nehézségeket, a kutatómunka eddigi eredményeit és a védekezés fejlődési irányát részletesebben tárgyalhassam.

Dunántúli hegységeink földtani felépítésében jelentékeny mértékben vesznek részt a mészkő- és dolomitrétegek, melyeknek eredetileg szintes üledékei a geológiai korszakok folyamán a földrétegben végbement elmozdulások következtében szétszakadoztak, és függőleges irányban eltolódtak. Az ily módon keletkezett vetők mentén a mészkő összetöredezett és a repedéseken keresztül a légköri csapadék egy része a mészkőbe szivárogva elkezdte romboló munkáját. A csapadék a levegőből és a növényzetből szénsavat vesz fel. A szénsav-

tartalmú víz pedig oldja a vetők mentén összemorzsolt meszet, és a tektonikus eredetű repedéseket idők folyamán mindjobban kitágítja. A nagyobb kavernák képződésénél emellett szerepet játszhatott a miocénkori vulkánosság is, melynek utóhatására szénsavtartalmú melegvizek törtek fel. Ezáltal a vetődések mentén hatalmas, többezer, sőt több százezer m^3 ürtartalmú kavernák és vízjáratok keletkeztek, amelyeket a beszivárgó csapadék vízzel töltött fel, és állandóan vízzel táplál.

Grund a karsztosodott mészkőben egységes karsztvíz-szintet tételez fel. Ezzel szemben Katzer kimutatja, hogy ez ritkán fordul elő, és sokkal gyakoribb a karsztvíznek különböző magasságban való egyenletes eloszlása. A dorogi, tatai, pilisi és ajkai szénmedencében egységes karsztvíz-szint van. Ez Dorogon + 131, Tatabányán + 139,5, Pilisszentiványon + 134,8, Ajkán + 200 m tengerfeletti magasságban van, de a csapadék- és vízszivattyúzás hatására bizonyos mértékben ingadozik. A karsztvíz-szint ingadozását a dorogi medencében 1927-től kezdve önműködő regisztráló készülékkel állandóan mérjük, mert annak ingadozásából értékes tudományos és gyakorlatilag is hasznosítható következtetéseket lehet levonni. 1944-ben a Bányászati és Kohászati Lapokban közöltem 16 év karsztvíz-diagrammját, amelyen a vízszint-görbén kívül az emelt vízmennyiség görbéje is fel volt tüntetve, az időközben történt vízbetörésekkel együtt. A diagrammból teljes határozottsággal megállapítható volt, hogy a vízbetörések a karsztvíz-szintet kivétel nélkül minden esetben befolyásolták, és a szénmedence összes kavernái, függetlenül attól, hogy egy és ugyanazon vagy különböző vető mentén fekvő kavernarendszerhez tartoznak, kisebb-nagyobb mérvben mind összeköttetésben állnak egymással. Dr Kassai folytatta és tökéletesítette a diagrammot, amennyiben az említett görbéken kívül a Duna-vízszint, a csapadék- és a barométerállás görbéjével egészítette ki melynek kiértékeléséről külön tanulmányban fog beszámolni. A vetőktől összeszabdalt alaphegység összefüggő vízjárataiban ily módon egységes karsztvíz szint fejlődött ki, ahol a víz a közlekedő edények törvényei szerint mozog, és mélyebb szinteken tekintélyes hidrosztatikai nyomás alatt áll.

Karsztvíz-veszélyes szénmedencéink alaphegységét felsőtriászkori mészkő és dolomitok alkotják. A tapasztalat azt mutatja, hogy a legerősebben karsztosodó kőzet a rhaeti emeletbe sorolható, ú. n. Dachstein-mészkő, valamint az eocénkorú nummulinás mészkő. Az ugyancsak felsőtriászkorú norinori emeletbe tartozó fődolomit a karsztosodásnak jobban ellenáll, vetőmenti karsztüregei kis szelvényűek, ezzel szemben maga a dolomittest is vizet tárol, mert kataklázos szerkezetű, és emiatt vízleadás szempontjából szivacsszerkezetűnek tekinthető. Amíg tehát a karsztosodott mészkőnél nagy kavernákkal és nagy betörési vízmennyiséggel kell számolni, melyek egyes esetekben katasztrofális méreteket is öltöttek, mert az 1—10 percköbméteres betörések mellett voltak 40—60, sőt 80 percköbméteres vízbetörések is, addig a dolomitnál több kisebb betöréssel kell számolni, melyek azonban együttesen tekintélyes vízmennyiséget

is eredményezhetnek, de a bányászati munkálatokra mégsem jelentenek olyan közvetlen veszélyt, mint a mészkő nagy térfogatú kavernái és összefüggő vízjáratai. (L. az 1-es számú ábrát.) Egyes esetekben, mint pl. Ajkán, kétirányú karsztvízveszéllyel kell megküzdeni, nevezetesen: a széntelep fekűjében levő dolomitból és a fedűben levő eocénkorú nummulinás mészkőből származó vízzel. Utóbbi nem is annyira a benne tárolt vízmennyiség miatt veszedelmes, mint inkább azért, mert a karsztosodott eocén mészkőből betört víz mennyisége szoros összefüggésben áll a csapadékvízzel, és záporok, olvadások idején két-három napi késéssel lökésszerűen jelentkezik a bányában, azonban — szerencsére — ugyanolyan gyorsan le is apad. Tokodon és Mogyoróson a fedűben szintén kifejlődött a nummulinás mészkő, az ú. n. csihacsefi mészkő. Ennek víze az oligocén-telep lefejtését veszélyezteti, azonban a paleocén-telepig eddig még nem hatolt le, mert a kb. 200 m vastag közbetelepült márgaréteg azt megakadályozza.

A karsztvíz-veszély — amely hazánk legértékesebb szénmedencéit fenyegeti — a bányászat mélységének növekedésével állandóan fokozódik, és egyes esetekben már a lét és nemlét kérdését érinti, mint pl. a dorogi VI-os és XII-es akna esetében. A karsztvíz-kérdés ily módon bányászatunk központi kérdésévé vált. Megoldásának nagy nemzetgazdasági jelentősége a tudományos kutató módszerek alkalmazását mindjobban előtérbe tolja, sőt egyenesen nélkülözhetetlenné teszi.

Mivel a karsztvíz-veszély a hegyképződéssel kapcsolatos elmozdulások folytán keletkezett vetőkkel és az azok mentén a mészkőben bekövetkezett karsztosodással kapcsolatos, rendkívül fontos érdeke a tervszerű bányavezetésnek, hogy az alapkőzet tagozódását, tehát a vetőket, elvetési magasságokat, rögöket és tektonikus árkokat még a feltárás megkezdése előtt minden eszközzel kikutassa és térképezze, mert az alapkőzet tagozódásának ismerete egyben a vízjáratok helyzetét is tisztázza. A kutatás eddig majdnem mindig mélyfúrással történt. Ez az eljárás költséges, hosszadalmas, legfőképpen azonban hiányos, és a tervező mérnök nem rendelkezik elegendő támponttal a feltárás és főként a vízveszély elleni preventív védekezés üzembiztos megoldásához. A geofizikai kutató módszerek legújabb fejlődése már komoly reményt nyujt arra, hogy az alapkőzet tagozódását és ezzel kapcsolatban a vízjáratok bonyolult hálózatát a jövőben geofizikai mérésekkel kiegészítve, több támpont segítségével szélesebb alapokon oldhatjuk meg.

A karsztvíz-veszély elleni védekezésben bányászatunk legnagyobb problémája ezért a vízjáratok bonyolult hálózatának a felkutatása, mert ez az alapja mind a preventív, mind a tényleges védekezésnek.

Előadásomban épp ezért a védekezés két módját külön tárgyalom: először foglalkozom a preventív védekezéssel, majd rátérek a tényleges védekezés problémáinak és megoldási lehetőségeinek ismertetésére.

I. Preventív védekezés

A Szénbányászati Ipari Központi Kutató Laboratórium az ötéves terv célkitűzéseit elősegítendő behatóan foglalkozik a karsztvíz elleni megelőző és tényleges védekezéssel, mint a gyakorlat és az élet követelménye által felvetett problémával. Ez a kérdés túlnőtt a szűk prakticizmus keretén. Megoldása többirányú komoly kutatómunkát követel, és a tudományos kutató eszközök széleskörű alkalmazását teszi szükségessé.

A karsztvíz-járatok bonyolult hálózatának felderítése rendkívül nehéz és nagy körültekintést igénylő feladat különösen azért, mert nem rendelkezünk olyan kutató eszközökkel, amellyel a vízjáratok helyzetét közvetlen méréssel lehetne megállapítani. Vannak már e téren komoly reményre jogosító kezdeményezések, de azok alkalmazhatóságát, valamint a mérés módszerét a bányabeli kísérletek eredménye fogja majd eldönteni. A Kutató Laboratórium éppen ezért két módszer — direkt és indirekt módszer — alkalmazásával kíséreli meg a preventív védekezés megoldását.

A direkt módszer szerint a karsztvíz-járatokat e célra szerkeszett, kistávhatású geofizikai műszerekkel tervezi meghatározni. E tekintetben dr. Tárczy-Hornoch és dr. Kántás-féle rövidhullámú készülék a Láday—Reguli-féle elektromos ellenállásmérés és a Méhes és Tari-féle ultrahang visszaverődésen alapuló készülék jön egyelőre számításba. A műszerek már elkészültek, azonban mint minden geofizikai műszernél, ezen újrendszerű vízmeghatározó készüléknél is, viszonylag hosszú időbe kerül, míg az eljárás gyakorlati használhatóságát kifejlesztik, és a szükséges korrekciókat megállapítják. A műszereket először ismert vízjáratok mentén kísérletezzük ki és ha a bányászat pontossági követelményeinek megfelelnek, átadjuk a gyakorlatnak.

Ezek a műszerek kis távhatásuk miatt inkább a kisebb vetők mentén keletkezett vízjáratok felkutatására lesznek alkalmasak. Ezek felkutatására épp olyan szükség van, mint a fővetők megállapítására, mert a kis vetők a fővetőkkel keresztvetők által összeköttetésben állnak, és a fővetők mentén kifejlődött nagy kavernák és járatok vizét bevezethetik a művelés alatt álló bányaterületre. Az említett új vízmeghatározó készülékek a karsztvíz-veszély elleni védekezésben igen nagy szerepet vannak hivatva betölteni, éppen ezért érdeklődéssel várjuk a kísérletek befejezését, és reméljük, hogy gyakorlati alkalmazhatóságuk bányabeli kikísérletezésére is rövidesen sor kerül.

Míg a felsorolt új geofizikai műszerekkel a bányában eszközölt mérésekkel végeznénk a vízjáratok meghatározását, addig a multban megkíséreltek a külszínen végzett geofizikai mérésekkel megállapítani a kavernák helyzetét. Az első ilyen kísérlet az Eötvös-féle torziós ingával történt. Ez negatív eredménnyel végződött, mert az ingával csak nagyobb tömegváltozásokat lehet kimutatni. Kísérleteztek a Wenner-féle elektromos ellenállásmérésekkel is, de az eredmény hasonlóképpen nem volt kielégítő, mert a mérés csak átlagképet adott, a víz-

járatok helyének pontos megállapítására nem bizonyult elég érzékenyne . Dr. Vendel M. professzor szerint számításba jöhetne esetleg a Schlumberger-féle módosított eljárás, amelynél az elektródák távolsága egész kicsiny is lehet, minek következtében azzal finomabb részletek foghatók. A külszínről történő geofizikai mérések közül azonban a legnagyobb esélye a szeizmikus reflexiós eljárásnak van, ezért ennek alkalmazására a következőkben részletesebben kitérek.

Mivel a tapasztalat azt mutatta, hogy a hegyszerkezet és a vízveszély között határozott összefüggés áll fenn, a karsztvíz-járatok meghatározására és térképezésére az indirekt módszer alkalmazását ajánlottam.

A második, vagyis az indirekt módszer szerint az alaphegység tagozódását, tehát a vetőket, elvetési magasságokat, rögöket és tektonikus árkokat a hegyszerkezeti megfigyelésekből és a lemélyített fúrások adataiból állapítjuk meg, a jelentkező határozatlan vetőket pedig szeizmikus mérésekkel ellenőrizzük. Mivel a karsztosodás a tektonikus törésvonalak mentén fejlődött ki, az ily módon megszerkesztett tektonikai térkép egyben a vízjáratok helyzetét is tisztázza.

A közvetett módszer alapján végzett kutatómunkát mint kivitelezett példát kissé részletesebben fogom a dorogi szénmedence tektonikai felvételének és eredményének kiértékelésével ismertetni, mert a karsztvíztől veszélyeztetett összes szénmedencét ugyanezen módszer alkalmazásával szándékozunk feldolgozni.

Egy szénmedence hegyszerkezeti viszonyainak tanulmányozása, felvétele és térképezése olyan hatalmas munkát jelent, hogy azt csak munkaközösségben lehet a megkívánt rövid idő alatt elvégezni. Ezért a felvétel minden igényt kielégítő elvégzése érdekében három szűkebb körű bizottságot szerveztünk : egy felvételező, egy irányító és egy felülvizsgáló bizottságot. A bizottságokban a Szénbányászati Kutató Laboratórium megbízottja, a Földtani Intézet tektonikusa, a Dorogi Szénbányák Nv. vezető igazgatói és üzemvezető mérnökei együttesen működtek közre a Szénbányászati Kutató Laboratórium irányításával. A rendelkezésre álló fúrási adatokat és hegyszerkezeti megfigyeléseket dr. Szentes Ferenc főgeológus rendezte áttekinthető egységbe, ő szerkesztette meg kiértékelés után a tektonikai térképeket, a védőréteg-viszonyok kidolgozásában pedig Meinhardt V. működött közre. Az értékes és harmonikus együttműködésért a bizottságok tagjainak ezúton fejezem ki köszönetemet.

A hegyszerkezeti viszonyok külszíni és bányabeli tanulmányozása, valamint a lefejtett és művelés alatt álló bányamezők ismert vetői alapján az uralkodó vetőrendszer megállapítható volt. Feltáratlan területen a fúrások adataiból az ismert vetőrendszer szellemében a vetők részben megállapíthatók voltak, részben mint határozatlan vetők jelentkeztek. Ez utóbbiak helyzetét még szeizmikus mérésekkel kell ellenőrizni. A kutatások eredményének gyakorlati hasznosítása céljából 1 : 10 000-es léptékben átnézeti térképet szerkesz-

tettünk, és az egyes bányamezőkről 1 : 1000 léptékben üzemi tektonikai térképeket készítettünk. Az átnézeti tektonikai térképek a medencében uralkodó vetőrendszerekről, azok összefüggéseiről és a védőréteg viszonyokról nyujtanak tájékoztatást. Az üzemi tektonikai térképek egyrészt a tervezést és feltárást segítik elő, másrészt a preventív védekezéshez szükséges adatokat tartalmazzák, Ennek alapján a vízvédelmi pillérek kitűzhetők, vagy a vetőmenti vízjáratok preventív becementálhatók.

Az uralkodó vetőrendszerek idő- és térbeli kialakulását röviden a következőkben foglalhatjuk össze.

Az alaphegység eredetileg szintes üledékei Vitális, Szentes, Schmidt E. stb. szerint az alsó és felső krétakor határán végbement ausztriai hegyképződéssel kapcsolatban szétszakadoztak, függőleges irányban eltolódtak. Ezáltal rögök és hegyszerkezeti árkok képződtek, s ezekre rakódtak le később a paleocén, eocén és oligicén széntelepes üledékei. Az alaphegység nagyvonalú kialakulása és a szénképződésre alkalmas medencék képződése tehát a mezozoikum végén, a kréta folyamán történt. Így feltehető, hogy a felső kréta és az alsó eocén idején bekövetkezett szárazulat alatt indult meg a karsztosodás, a tektonikailag preformált alaphegységben, teljes kifejlődése azonban csak az oligocén- és miocénkori üledekékek lerakódása után bekövetkezett végleges szárazulat után történt meg. A hegyképződéssel kapcsolatos elmozdulások a széntelepek lerakódása után is folytatódtak. Ilyen mozgást észlelünk a középső eocénben, majd az eocén és oligocénkor határán, amikor az ú. n. pyreneusi hegyképződés szintén éreztette hatását. A felső oligocén trangressiót megelőző ú. n. intraoligocén denudáció hatása ugyancsak tapasztalható, mert ezzel kapcsolatban a dorogi medencében a széntelepek egy része elpusztult. Az oligocén és miocén kor határát újabb erős hegyképződés jellemzi. A dorogi szénmedence ekkor emelkedett ki végleg a tenger szintje fölé, és Szentes szerint ekkor képződtek a mai térszínre jellemző K—NY irányú sasbércek, mint a dorogi Kőszikla, Gete és Magoshegy vonulatai. A karsztosodás is tulajdonképpen ettől az időponttól kezdve fejlődött ki teljes mértékben, amikor a beszivárgó csapadékvizen kívül szerepet játszhatott a miocénkorú vulkánosság is. Ennek utóhatásaként — mint már említettük — szénsavtartalmú meleg vizek törtek fel, melyek főként a nagy kavernák kifejlődését segítették elő.

Végeredményben a nagy formátumok kialakulása és a szénmedencére jellemző ÉNy—DK és arra közel merőleges ÉK—DNy irányú vetők keletkezése a kréta idejére, a jelenlegi térszín finomabb kialakulása, valamint a K—Ny és arra merőleges É—D irányú vetők keletkezése pedig az oligocén végére és a miocén idejére tehető.

Stille a földkéreg történelmében evolúciós és revolúciós periódusokat különböztet meg. Az evolúció lassan fejlődik és a kéreg alapstruktúráját teremti meg, felemelve az egyik és lesüllyesztve a másik területet. Az evolúció korszakában fejlődtek a föld medencéi, a geoszinklinálisok. A forradalmak időn-

kint megszakítják a geoszinklinálisok fejlődését, és a hegyek képződését idézik elő. Szénmedencéink hegyszerkezetét is ilyen forradalmi erők és mozgások alakították ki, melyek — mint láttuk — többször ismétlődtek. A mozgások azonban az evolució látszólagos nyugalmi periódusaiban is lassan folytatódnak. Obrucsjev szovjet akadémikus foglalkozott behatóan a jelen korban is folytatódó legfiatalabb mozgásokkal, amelyeket neotektonikának nevezett el. Szerinte a különböző országokban az utolsó 30—40 évben végzett ez irányú megfigyelések felfedezték, hogy ezek a mozgások nagyon jelentősen el vannak terjedve, és nagy szerepük van a korszerű relief kialakításában. Eszerint a szénmedencék törésvonalait jelenleg is élővetőknek kell tekinteni, amelyek bár lassan, de tovább mozognak, és ennek következtében bizonyos mértékben hatással vannak a vetőmenti töredezett zónára és a vízveszélyre is.

A dorogi szénmedencében az alapkőzet három kiemelkedő rögvonulata ismeretes, amelyek K—Ny-i irányban helyezkednek el. Az északi rög a Kőszikla és annak földalatti nyúlványa, a középső rögvonulatot a Köveshegy, Nagygete- és Henrik-hegy alkotja, végül a déli rögöt a Magoshegy képezi. (Lásd a 2. számú ábrát.)

A Gete dőlése déli, a Magoshegyé északi, a kettő között egy lerogyott szinklinális képződött. A széntelep csapása nem egyezik a rögvonulatok csapásával, hanem ívalakban meghajlik. Az ívalakú meghajlás oka az egyenlőtlen nyomás, amely a tektonikus árok középső részén erősebb volt, mint a keleti- és nyugati részen. A széntelepet ÉNy—DK-i irányú vetők tagolják, amelyek a széntelep csapásirányával nagyjából párhuzamosan képződtek. Ezek a vetők általában DK irányban hajlamosak ollószerű szétválásra. Az ÉNy—DK irányú vetők a medencében uralkodó jellegűek, az erre közel merőleges ÉK—DNy irányú keresztvetők kevésbbé fejlődtek ki. A rögvonulattal párhuzamosan képződött fiatalabb korú, K—Ny-i irányú vetők elvágják az idősebb ÉNy—DK-i vetőket, de egyben össze is kötik azokat. Így a karsztvíz akadálytalanul hatol át az egyik rögből a másikba, és ily módon az összefüggő karsztvíz-hálózatban egységes karsztvíz-szint alakult ki. A K—Ny irányú vetők keresztvetői, vagyis az ÉD irányú vetők ugyancsak ritkábban mutathatók ki. Schmidt E. szerint az átlós vetők nem mindig lépnek fel mindkét irányban egyszerre. Ennek oka az anyag nem teljes homogenitásában keresendő.

A medencében tehát négyirányú vetőrendszer fejlődött ki, amelyek páronkint egymásra közel merőlegesek. Schmidt E. szerint a vetőpárok kialakulása a nyomás okozta Mohr-féle törési irányokra vezethető vissza. A tárgyalt tektonikai árokban az ÉNy—DK irányú vetők uralkodnak, de egyes helyeken, mint pl. a szénmedence északi részén, a fiatalabbkorú K—Ny irányú vetők érvényesülnek erősebben.

Az árkon belül lépcsős vetődések, kisebb teknők és boltozatok keletkeztek. A mészkő rideg, törései ennek megfelelően merevek, ezzel szemben a széntelep és a mellékkőzetei plasztikusabbak, ezért nem követik mereven az alap-

kőzet töréseit, hanem azon elkenődve, enyhébb dőlésű teknőket és boltozatokat alkotnak. (Lásd a 3. és 4. ábrát.)

A tárgyalt középső tektonikus árkoktól északra a Nagy-gete és a dorogi Kőszikla között asszimetrikus nyomás következtében egy fél szinklinális alakult ki, a dorogi Kőszikla kisebb diapír feltolódásával. A széntelep egy magasabb medencét képez, mely jelenleg is művelés alatt áll. A széntelep dőlése déli, tehát a Gete felé lejt, és K—Ny irányú lépcsős vetők taglalják, az É—D irányú keresztvetők gyengébben fejlődtek ki. A dorogi Kőszikla északi dőlésű, attól északra a széntelepet K—Ny irányú hatalmas vetők lépcsőzetesen vetik le a +140 m tengerfeletti magasságból először —70, majd —225, illetve —309 és —500 m mélységekre. A függőleges elmozdulás mértéke tehát több mint 600 m. A dorogi Kősziklától északra és délre fekvő területen tehát a K—Ny irányú vetők uralkodnak, az arra merőleges É—D-i, valamint az ÉNy—DK-i vetők és azok harántvetői kevésbbé fejlődtek ki.

A Magos-hegytől délre fekvő szénterületen az északihoz hasonló szerkezetet találunk. Itt egy K—Ny irányú hatalmas törésvonal mentén—240 és —360 m-ig süllyedt az alaphegység, és egy K—Ny irányú peremi teknő képződött, amelyben egyrészt a K—Ny-i és arra merőleges, másrészt az ÉNy—DK és annak harántvetői uralkodnak. A viszonylagos elmozdulás értéke itt is kb. 500 m.

Dr. Kassai szerint a rendszeresen végzett vízszintmérések és azok kiértékelése azt mutatják, hogy a vízmérő-állomások inkább az É—D és ahhoz közel eső ÉNy—DK és ÉK—DNy-i törésvonalak mentén bekövetkezett vízbetöréseket jelzik gyorsabban és erősebben, mint a K és Ny irányú vetők mentén történt vízbetöréseket. Ez mindenesetre a mellett szól, hogy az ellenállás az előbb említett irányokban kisebb, a karsztosodás előrehaladottabb, és így a víz áramlása emiatt könnyebb. Az altáróval megütött hasadékbarlangok kifejlődése is túlnyomó részt ezekbe az irányokba esik, K—Ny irányú barlang csak kivételesen fordul elő. Mivel a főnyomás is északról hatott, mindezek alapján várható, hogy a K—Ny irányú vetők zártabbak és így kevésbbé veszélyesek, mint az E—D irányú és ehhez közeleső vetők.

Dr. Kassai megvizsgálta a cementálló fúrólyukak nyelőképességét, és megállapította, hogy vannak irányok, amelyekben a nyelőképesség hosszú szakaszon azonos, ugyanakkor más irányban kisebb. Ezek az irányok az egész medence területén víznyelés szempontjából azonos jelenséget mutatnak. A nyelési vizsgálat eredményei azt igazolták, hogy főként az ÉNy—DK és arra merőleges ÉK—DNY irányú törésvonalak mentén nagyobb a nyelő képesség, tehát ezek a vetők nyitottak és egyben uralkodók is a medencében.

Eszerint a négyirányú vetőrendszert nemcsak a tektonikai felvétel, hanem a rendszeresen végzett vízszint mérések, az altáróban feltárt kavernák és a nagyobb és azonos nyelőképességű irányok is valószínűsítik.

A bonyolult töréssíkokat a térképen egyszerűsített vetősíkokkal tüntettük fel, a magasabb szinten feltárt vetőket a dőlésszög és elvetési magasság figyelembe

vételével a palocén széntelep színtjére vetítettük, és a vetők nagyságát színezéssel megjelölve, egyszerű csapásvonallal ábrázoltuk. Hangsúlyozzuk azonban, hogy nemcsak az ily módon ábrázolt vetővonal maga veszélyes, hanem a hozzátartozó egész vetőmenti töredezett zónát veszélyesnek kell tekinteni. Vízveszélyesnek tekintendő továbbá a vetősíkon kívül minden olyan sík, ahol széthúzás, dilatáció jelentkezik vagy várható, tehát veszélyes az elmozdulás nélküli törésvonal is, amely a boltozatok tetején vagy vetőknél áthajlás következtében a húzott övben, rendszerint a vetővel párhuzamosan keletkezik. Ugyancsak veszélyes a flexurás vonszolódások területe is. Legveszélyesebbek azonban mégis a vetőkereszteződések csomópontjai és az ollószerűen szétnyíló vetők, valamint a keskeny konvergáló tektonikus árkok csúcspontjának a környéke. A tektonikai térkép és főként az 1 : 1000-es léptékű üzemi tektonikai térkép ezeket a veszélyes szelvényeket és pontokat feltünteti, és ezzel mind a vízveszély elleni preventív védekezést, mind a feltárás tervezését és irányítását elősegíti.

Mivel a feltárás ily módon a tektonikai viszonyok és a veszélyes szelvények figyelembevételével történhet, az üzem nincs oly mértékben a véletlennek, a jó- vagy balszerencsének kitéve, mint az eddig, a szórványos fúrási adatok alapján természetszerűen történt.

Hangsúlyozzuk azonban, hogy ebből nem szabad azt a következtetést levonni, hogy a vízveszély elleni védekezés ezzel megoldódott, mert a karsztvízveszély sokkal hatalmasabb, bonyolultabb és több ismeretlen kockázatot magában rejtő természeti erőhatás, hogy egykönnyen le lehetne küzdeni. Nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy olyan elemi erővel állunk szemben, melynél a küzdelemben nem mindig az ember a győztes.

A kutatás azzal, hogy megállapítja és térképezi a veszélyes szelvényeket, csak segítséget nyujt a veszély elhárításához. Összegyüjti a szükséges bányászati, fúrási, földtani és geofizikai támpontokat, amelyeket csak az egész medencére kiterjedő egységes szempontok figyelembevételével lehet megállapítani és egységesen kiértékelni, amelyekre azonban a karsztvíz-veszély elleni védekezésben elengedhetetlenül szükség van, hogy a mélység növekedésével állandóan fokozódó veszéllyel szemben a küzdelmet eredményesen felvehessük.

A tapasztalat azt mutatta, hogy a hegyszerkezet és a vízveszély között határozott összefüggés van, de annak mérvét még nem vizsgálták. Most, hogy a dorogi szénmedence tektonikáját feldolgoztuk, ez az összefüggés is tisztázódott. A tektonikai térképek kiértékelése ugyanis azt mutatta, hogy a vízbetörések 80%-a közvetlen a vetődések mentén következett be, 16%-a a vetők töredezett zónájára esik, és csak 4%-nál nem volt megállapítható a vetődésekkel való összefüggés. Ez a megállapítás teljes mértékben igazolja, hogy a vetődések és a vízbetörések között a legszorosabb összefüggés van, vagyis helyes utat követünk akkor, amikor a vízjáratok bonyolult hálózatát közvetett úton, a vetődések meghatározása által állapítjuk meg, mert a kettő — mint megállapítottuk —

96%-ban azonos. A tektonikai viszonyok pontos felvételének, tehát a vízveszély elleni védekezésben döntő jelentősége van. Ez magában véve is eléggé indokolja a geofizikai mérések alkalmazásának szükségességét.

A dorogi szénmedencében uralkodó négyirányú vetők az alapkőzetet és a széntelepet szabálytalanul feldarabolták. A szénterület különböző részein hol az egyik, hol a másik vetőpár érvényesül erősebben. A vetők mentén kifejlődött vízjáratok tehát a legváltozatosabb és a legbonyolultabb módon függnek össze egymással. Ez magában véve is eléggé igazolja, hogy a karsztvíz-kutatás nehéz és sok körültekintést igénylő feladat, s nem lehet azt az eddig alkalmazott módszer szerint szórványos fúrási adatokból megnyugtatóan megoldani, hanem igénybe kell venni minden eszközt, amely a kutatást elősegíti. Így elsősorban igénybe kell venni a geofizikai kutatóméréseket, hogy a földalatti nagy vetőket és az azok mentén keletkezett vízjáratok bonyolult hálózatát mind a külszínről, mind a bányából a bányászat követelményének megfelelő pontossággal meghatározhassuk. A karsztvíz-kutatás tehát a tudományos kutató műszerek alkalmazását nem nélkülözheti, és e téren komoly eredményt csak abban az esetben várhatunk, ha az eddigi kutatások módszerét kibővítjük és tökéletesítjük.

A tektonikai viszonyok felvétele alkalmával ugyanis jelentkeztek olyan vetők, melyeknek helyzetét a szórványos fúrásokból nem lehet kétséget kizáróan megállapítani. Ezek meghatározására geoszeizmikus mérésekkel kísérleteztünk, mert a szeizmikus módszer geológiai szerkezetek felvételére alkalmasnak bizonyult, és különösen az olajbányászatban szélesen el is terjedt. Heiland szerint Nyugat-Texas-ban olajkutatással kapcsolatban a mészkő tagozódásának meghatározására kiváló eredménnyel alkalmazták. Dr. Pogánynak és Vargha Bélának 1942-ben Dorogon végzett szeizmikus kísérleti mérései ezt hazai viszonylatban is megerősítették. Pogány szerint: »A szeizmikus reflexiós módszer a triászmészkő felületének kitapogatása és a vetők helyének és nagyságának megállapítása szempontjából a hozzáfűzött reményeket nagyon szépen beváltotta, sőt azonfelül a széntelepet is kimutatta.«

A Geofizikai Intézet szeizmikus csoportja mindenekelőtt a triászmészkő alaphegység és a fedőrétegek vezetőképességét vizsgálta meg azon szempontból, hogy a szeizmikus hullámok terjedési sebessége a mészkőben és a fedő rétegekben különbözik-e olyan mértékben egymástól, hogy a mészkő felületéről jól észlelhető reflexió jöjjön létre. Az eredmény kielégítőnek mutatkozott. Ezekután a VIII-as akna területén, tehát ismert szerkezeti viszonyok mellett végeztek méréseket egy kitűzött profil mentén, ahol egyes szakaszokon határozott reflexiókat kaptak, nagy részén azonban nem jelentkeztek reflexiók. Hasonló eredménnyel járt a XII-es akna területén végzett kísérlet is, ahol a felszíni réteget igen vastag lősz képezi, amely alatt fornai homok és homokkő következik. Mindkét réteg nagy elnyelőképességgel bír, és ezért a reflexió elmaradásának oka valószínűleg a robbantólyuk nem kielégítő mélységében keresendő.

A csoport ugyanis kezdetben csak kézifúróval rendelkezett, és amikor Craeliusfúrót kaptak a bánya kérésére, a SárisápNagysáp között feltárásra kerülő területen folytatták a vetőmeghatározási kísérletet. Itt a kísérlet már reménnyel kecsegtetett, mert a feltételezett vető előtt reflexiók jelentkeztek, majd a vetőterületén — mint várható volt — kimaradtak, utána pedig újból jelentkeztek. Sajnos, azonban, a rendelkezésre álló rövid idő nem volt elegendő ahhoz, hogy a kísérletet határozott eredménnyel fejezhették volna be, és a viszonyoknak legjobban megfelelő mérési eljárást kikísérletezhették volna. Így a rövid kísérlet —a feldolgozás és kiértékelés elvégzéséig — azzal az előzetes véleménnyel zárult, hogy nem lehet azt állítani, hogy a szeizmikus módszer a feladat megoldására nem alkalmas, mert helyenkint reflexiók jelentkeztek, de ezek nem voltak elég határozottak ahhoz, hogy a kérdésre határozott és megnyugtató feleletet adtak volna. Ehhez hosszabb kísérletezési időre és a viszonyoknak megfelelő felszerelésre lett volna szükség, hogy a robbantó lyukakat, a rugalmas kőzet határáig mélyíthessék le.

A karsztvíz-kérdés megoldásának nagy jelentőségére való tekintettel a kísérletet tehát tovább kell folytatni egyrészt, mert remény van annak eredményes megoldására, másrészt mert a karsztvíz-kutatás a vízjáratok bonyolult hálózatának meghatározásánál a tudományos kutató eszközök alkalmazását nem nélkülözheti. Eredmény esetén viszont kívánatos lenne egy szeizmikus csoportot külön személyzettel és a feladatnak megfelelő tökéletes felszereléssel ellátva csupán karsztvíz-kutatással foglalkoztatni. A tektonikai felvétel eredménye ugyanis csak akkor tekinthető teljes értékűnek, ha a fúrásokból meg nem állapítható határozatlan vetők helyzetét szeizmikus, mérésekkel ellenőrizhetjük, és a tektonikai térképeket ennek eredményével kiegészíthetjük. A Geofizikai Intézet intenzívebb bekapcsolódása a karsztvíz elleni védekezésbe annál is inkább kívánatos, mert dr.Tárczy-Hornoch professzor véleménye szerint remény van arra, hogy az újabban gyártott hordozható kis szeizmikus műszerekkel földalatti vetőmeghatározásokat is lehetne végezni, ami a karsztvíz-kutatás szempontjából rendkívül nagyjelentőségű lenne. E célra természetesen egészen új mérési eljárást kellene kidolgozni és kikísérletezni. Ezt a Geofizikai Intézet a Szénbányászati Kutató Laboratóriummal együttműködve végezhetné el.

A vízveszély elleni védekezésben igen fontos probléma az alaphegység és a széntelep közötti ú. n. védő réteg szerepének a tisztázása. A gyakorlat ugyanis azt igazolta, hogy a vízbetörések nagyságát elsősorban a vetőmenti hasadékrendszer hossza, annak átlagos keresztszelvénye, az elvetési magassággal kapcsolatos hidrosztatikai nyomás és a víznyomáshoz viszonyított védőréteg-vastagság befolyásolja. E célból a tektonikai felvétellel egyidejűleg a lemélyített fúrások alapján megvizsgáltuk a széntelep-alatti védő réteg vastagságát azon célból, hogy az arányban áll-e az uralkodó hidrosztatikainyomással, melynek alapján az egyes bányamezők veszélyességi fokát meg-

határoztuk, és a tektonikai térképeken színezéssel feltüntettük. A gyakorlati tapasztalat ugyanis azt mutatta, hogy amennyiben a védőréteg vastagsága egy atm hidrosztatikai nyomásra vonatkoztatva az 1,5—2 métert eléri, akkor a védőréteg vízveszély ellen már védelmet biztosít.

A védőréteg abszolút vastagságának és az uralkodó hidrosztikai nyomásnak a viszonya a biztonságot fejezi ki, ezért biztonsági tényezőnek nevezzük. A vizsgálatot 0—0,5 m, 0,5—1 m, 1—1,5 m, 1,5—2 m és 2 m-en felüli biztonsági tényezőkre vonatkozólag állapítottuk meg, és annak eredményét a tektonika térképeken színezéssel tüntettük fel.

A vízbetörések és a biztonsági tényezők együttes kiértékelése azt mutatta, hogy

1. a vízbetörések 54%-a 0—0,5 m/atm. biztonsági tényezős területre
2. « « 20%-a 0,5—1 « « « «
3. « « 14%-a 1—1,5 « « « «
4. « « 6%-a 1,5—2 « « « és végül
5. « « 4%-a 2 m-en felüli biztonsági tényezős területre esett.

Ebből az a következtetés vonható le, hogy a vízbetörés ellen a leghatékonyabb védelmet a megfelelő vastagságú védőréteg nyujtja. Ha vizsgáljuk a 4. és 5. pont alatti nagy biztonsági tényezős területeket, azt tapasztaljuk, hogy a szórványosan előforduló vízbetörések kizárólag csak a vetők mentén következtek be, tehát a vastag védőréteg is csak abban az esetben biztosít védelmet, ha annak folytonossága nincs vetővel megszakítva. A vízbetörésveszélye különösen akkor áll fenn, ha az elvetési magasság a védőrétegnél nagyobb, ha a védőréteg a vetőn elkenődött és ezáltal elvékonyodott. Különösen a vastag védőréteggel bíró területen van tehát fokozott jelentősége a vetőmenti védőpillér visszahagyásának, vagy a vetőmenti vízjárat preventív becementálásának, mert ezáltal a széntelepet esetleg teljesen vízmentesen lehet lefejteni. Ezt igazolja a VIII-as és az Erzsébet-akna példája, ahol a fővetők mentén vízvédelmi pilléreket hagytak vissza. Ezen az alapon egy feltárásra kerülő szénmező vízveszélyességét csak a tektonikai és védőréteg-viszonyok együttes kiértékelése alapján lehet kellő pontossággal megállapítani. Ezt a célt szolgálja a tektonikai térképek kiegészítése a védőréteg tényezőkkel, mert az ily módon kiegészített térképekről az egyes bányamezők veszélyezettsége és azon belül a veszélyes szelvények a térképről közvetlenül leolvashatók. A védőréteg vizsgálata továbbá azt is kimutatta, hogy a becslésen alapuló eddigi 1,5—2 m/atm. védőrétegnél kisebb vastagság mellett is lehet eredményes bányászatot folytatni, mert tekintélyes nagyságú bányamezőket fejtettek le 1—1,5 m/atm. védőréteg mellett viszonylag nem nagy vízemeléssel. de kiadós cementálással, sőt 0,5—1 m/atm. védőréteg mellett is több helyen (pl. Reimann, Tömedék- és Samu-aknán) leművelték a széntelepet nagyobb, de még elviselhető vízemelés és erőteljes cementálás

alkalmazásával. Az egész szénmedencére kiterjedő védőréteg-vizsgálat eredménye tehát azt mutatja, hogy a veszélyesség elbírálásánál a védőrétegre vonatkozó eddigi követelményt csökkenteni lehet. Ez különösen abból a szempontból fontos, hogy a még rendelkezésre álló nagymélységű és ennek megfelelően kis biztonsági tényezőjű szénterületek művelésére is kilátás nyílik. A 0—0,5 m/atm. védőréteggel bíró avagy teljesen védőrétegnélküli területek művelése kis mélységben a lecsapoló eljárással, vagyis nagymennyiségű víz emelésével lehetséges addig a mélységig, ameddig a vízemelés fajlagos energiafogyasztása az elviselhető határt túl nem lépi. A nagy betörések elcementálásával itt is lehet némileg enyhíteni a helyzetet, így a lecsapolás gazdaságossága újból helyreállítható. Nagy mélységben azonban ily csekély védőréteg mellett a legintenzívebb cementálás sem biztosít gazdaságos művelési lehetőséget. Ezt igazolja az ötször elfulladt VI-os akna esete, hol 53 000 q cement és 352 000 m³ homok becementálása sem biztosította a bányamező tekintélyes részének a lefejtését.

Valószínű, hogy igen nagy mélységekben, 4—500 m-rel a karsztvíz szintje alatt az alaphegység karsztosodása kisebbmérvű, mint a magasabb szinteken, és a keskeny vízjáratok részben el is tömődtek. A fúrólyukak nyelőképességének vizsgálata alapján Albel külső munkatársunk erre már felhívta a figyelmet, de a kérdés tisztázása még beható vizsgálatot igényel. Egyelőre csak mint kedvező valószínűség érdemel figyelmet.

Nem hagyható azonban figyelmen kívül, hogy a kisebbmérvű karsztosodás előnyét a nagy mélységnél megnövekedett hidrosztatikai nyomás erősen ellensúlyozza. Ennek következtében a mélyben megoszlottan több kisebb vízbetöréssel számolhatunk. Az előny tehát csak a vízbetörések nagyságrendjére, illetve annak jelentkezési formájára vonatkozik, mert a sok kis betörés együttvéve tekintélyes vízmennyiséget eredményezhet, amelyet a leromlott nyelő képesség miatt nem lehet cementálással elfojtani. Ezt mutatja a víz alatt álló XII-es aknak példája. Megfelelő vastagságú védőrétegre eszerint a nagy mélységben is feltétlenül szükség van. A művelhetőség elbírálásánál csak reális tényekkel számolhatunk, és erre megnyugtató alapot az eddigi vizsgálatok és tapasztalatok alapján csak a tektonikai és védőréteg viszonyok ismerete és azok együttes kiértékelése nyujthat. Nagy mélységű bányamezők feltárása tehát csak akkor javasolható, ha a terület tektonikai és védőréteg viszonyai a kutatás és tapasztalat felállította minimális követelményeknek megfelelnek. Szerencsére a természet gondoskodása folytán a nagymélységű medence fenekén és oldalain helyenkint olyan vastag védőréteg fejlődött ki, mely emberi számítás szerint a nagy hidrosztatikai nyomással szemben kielégítő védelmet biztosít, mint pl. a VIII-as akna, az Erzsébet-akna területén.

Az aknamezőn belül az egyes bányamezők veszélyességi fokát is figyelembe kell venni a feltárások tervezésénél. Karsztvíz veszélyes bányák feltárásánál ugyanis elsősorban a biztonsági sorrendnek kell érvényesülnie minden más szemponttal szemben. Számos idő előtti elfulladásra mutathatnánk rá ezen elv

elhanyagolása miatt. A tektonikai térképeken a biztonsági tényezők színezéssel vannak feltüntetve. Ennek alapján a helyes feltárás sorrendje megállapítható.

A tárgyalt direk és indirekt módon végzett kutatások és vizsgálatok mind a preventív védekezés célját szolgálják. Ezekután lássuk, hogy a tényleges védekezésnél milyen problémákkal állunk szemben, és a megoldásban milyen szempontoknak kell érvényesülniök!

II. Tényleges védekezés

A vízveszély elleni védekezés módozatairól a kérdéssel foglalkozó kartársak több tanulmányban számoltak be. Ismétlések elkerüléséért az eljárások részletes ismertetésétől eltekintek, ezeket csak főbb vonásaikban érintem, hogy az időközben felmerült kérdésekkel és a kutatások eredményeivel részletesebben foglalkozhassam.

A gyakorlatban a vízveszély elleni védekezésnek három módozata fejlődött ki:

1. a gátolás;
2. a lecsapolás;
3. a cementálás.

A gátolás a multhoz képest — amikor nem a víz emelésére, hanem a víz elzárására rendezkedtek be, — jelentőségéből sokat veszített. A gátolásnak manapság inkább csak kisegítő szerepe van. Célja lehet az egyes szénmezőknek egymástól való elzárása, továbbá cementálásnál nyugvó vízszint előállítása a cementálás sikere érdekében.

A lecsapoló eljárást a védőrétegnélküli területen alkalmazzák. A betört víz szivattyúzásával depressziós teknőt, vagyis helyi vízszint-süllyedést idéznek elő. Az eljárást Tokodon alkalmazzák védőrétegnélküli területen. A lecsapolásnak határt szab a mélység és az emelt víz mennyisége, mert a vízemelés fajlagos energiafogyasztása egy bizonyos mértéket nem haladhat túl. Az eljárás gazdaságosságának határa kb. 2 kwó energiafogyasztással 1 q termelt szénre vonatkoztatva.

A Schmidt-féle cementálás célja a víz elzárása, mégpedig a karsztosodott mészkő üregeiben, annak cementes homokkal való beiszapolása útján. A bányászat mélységének növekedésével a vízbetörések hatalmas arányokat öltöttek, ellenük a beépített nagyteljesítményű szivattyútelepek már nem biztosítottak kellő védelmet. Ekkor a cementálás bevezetése mentette meg a dorogi bányászatot.

A cementálás — ha nem tekintjük is a karsztvíz-kérdést teljesen megoldó eljárásnak — igen nagy mértékben vitte előre a karsztvíz elleni védekezés kérdését, de az elért, elvitathatatlanul nagy sikerek mellett, vannak még meg nem oldott problémái is. Ilyen pl., hogy a cementálás csak nyugvó vízben vezet biztos sikerre. Voltak ugyan áramlás közben is eredményes vízelzárások Doro-

gon is, Tatabányán is, de az esetek nagy részében az áramló vízben való cementálás vagy nem sikerült, vagy csak részleges eredményre vezetett, vagyis a vízhozamot apasztotta.

A cementálás eredményét és nehézségét néhány dorogi számadattafogom szemléltetni: Az 1927—1950. évig végzett cementáló vízelzárások kiértékelése azt mutatta, hogy a cementálás a vízbetörések 58%-ánál teljes elzárásra vezetett, 24%-ánál csak részleges eredményt biztosított, tehát csak a vízhozamot apasztotta, 18%-ánál pedig egyáltalában nem vezetett eredményre.

Ez utóbbi levonásával a sikeres és részben sikeres cementálások 37%-át nyugvó vízben végezték, 29%-át áramló vízben cementálták, 34%-ánál pedig amikor az áramló vízben való cementálás nem sikerült, duzzasztott vízben cementáltak, vagyis az ereszkét részben víz alá eresztették, hogy az áramlást a hidrosztatikai nyomással csökkentsék. A nyugvó vízben való cementálás nem minden esetben jelenti a bánya elfulladását, de ha a bánya egy nagyobb vízbetörés következtében elfulladt, akkor nemcsak az elfulladást okozó vízbetörést cementálták, hanem az áramló vízben nem sikerült összes vízbetörést álló vízben újból cementálták. Ez rendszerint eredményre vezetett. Innen ered a nyugvó vízben végzett cementálás magas százaléka.

Mint látjuk, a bekövetkezett vízbetörések áramló vízben való cementálása sok esetben igen körülményes, bonyolult eljárás, a karsztvíz-kutatás éppen ezért azt a célt szolgálja, hogy a vízjáratok helyét még a betörés előtt határozzuk meg. Ez lehetővé tenné a vízjáratok preventív becementálását, ezzel tehát bizonyos mértékben elejét vennénk a vízbetörésnek, és a vízjáratok cementálását nyugvó vízben, a siker nagyobb reményével végezhetnénk.

Az áramló vízben való cementálás eredménye bizonytalan, a cementálás sikere érdekében tehát gondoskodni kell biztosabb eljárásról, vagyis nyugvó vizet kell létesíteni az egész bánya elfullasztása nélkül. Ez csak gátolással érhető el. A gátolásnak eszerint a jövőben nagyobb szerepet kell biztosítani, mint eddig történt, ennek előfeltétele viszont az, hogy már a feltárás tervezésénél gondoskodni kell arról, hogy az egyes bányamezők fedűben elgátolhatók legyenek, mert nagy nyomásnál a gátolás csak a fedümárgában lehet eredményes. A lépcsős vetők vagy árkok feltárását tehát ajánlatos e célból úgy tervezni, hogy mind a szállító, mind a légereszke fedüből induljon ki, amelyben az ereszkemező, ha az áramló vízben való cementálás nem sikerül, szükség esetén elgátolható legyen. Így a cementálás álló vízben nagyobb sikerrel hajtható végre. Mind a preventív cementálás, mind a gátolás tehát ugyanazt a célt szolgálja, nevezetesen, hogy a cementálás álló vízbe legyen keresztülvihető, és az áramló vízben való bizonytalan cementálás minél kisebb mértékre szorítkozzék.

Megvizsgáltuk továbbá a cement szerepét az áramló vízben történt cementálásoknál is. Egyes esetekben kis mennyiségű anyag beadásautána vízelzárás bekövetkezett, még mielőtt a cement köthetett volna. Ilyen esetekben az elzárást nem a cement kötése, hanem a beadott anyag tömeghatása idézte

elő. Tatabányán több esetben végeztek áramló vízben csupán homokadagolással sikeres vízelfojtásokat. Ezeknek egy része évek múlva újból áttört, mert a víz a homokot lassan kimosta, de nagyobb részének elzárása maradandónak bizonyult. Dorogon is végeztek áramló vízben több esetben cementálást. Ezeknek 45%-a nem vezetett eredményre, de 48%-a sikeres volt. Ezek az esetek igazolják, hogy bizonyos kedvező körülmények között lehet áramló vízben csupán homokadagolással is vízelzárást végezni. Az eljárás alkalmazásánál azonban fontos az, hogy amennyiben a vízelfojtás sikerült, és a fúrólyuk már fulladozni kezd, a befejezést erős cementes keverékkel végezzék. Így betondugó létesül, mely a homok lassú kimosását megakadályozza. Ily módon az áramló vízben fölöslegesen beadott cement kikapcsolásával a vízelzárás költsége lényegesen csökkenthető. Az eljárás szélesebbkörű alkalmazásának kiértékelésünk szerint meg van az alapja, és a jövőben áramló vízben csak homokadagolással kell a vizet lefojtani. Cementet csak a dugó kiképzéséhez szabad adagolni.

Mind a lecsapodó eljárásnál, mind a részleges víz-aláeresztéssel végzett cementálásoknál előfordulhat, hogy az ereszkét áramló vízzel szemben kell víztelenìteni. Ez igen nehéz és kockázatos feladat, mert a vízleszívatás csak fokozatos szivattyú-süllyesztéssel végezhető. Ilyen esetekben igen nagy és kockázatmentes segítséget nyujthat a Rozinek—Ganz-féle búvárszivattyú. Tokodon az I-es ereszke víztelenítésénél ezt eredményesen alkalmazták. A kísérletek folytatását a háború megakasztotta. Az elért eredmények alapján indokolt és kívánatos lenne a búvárszivattyú fejlesztésével mind gépészeti, mind bányászati vonatkozásban tovább foglalkozni.

Egy másik igen nagy problémája a cementálásnak a nyelő képesség biztosítása. A cementálás alkalmazásának előfeltétele ugyanis a nyelőképes vagy sósavazással nyelőképessé tehető fúrólyuk legalább is 1000 liter percenkénti nyelő képességgel. Triász-mészkő esetében a nyelő képesség legtöbb esetben biztosítható, mert a vetőmenti kavernák és vízjáratok nagy szelvényűek; dolomitnál vagy dolomitos mészkőnél azonban nem, vagy csak jelentős sósavmennyiség felhasználásával vezet eredményre, mert a dolomit a karsztosodással szemben jobban ellenáll, ennek következtében repedései szűk szelvényűek. Ajtay Zoltán vizsgálatai szerint a dolomit és a dolomitos mészkő a kémiai összetétel szerint kataklázos szerkezetű és vízleadás szempontjából szivacsszerűnek tekinthető; másrészt, mivel a karsztosodással szemben jobban ellenáll, a vetődések mentén nincsenek nagyobb kavernaképződések, tehát olyan arányú vízbetörésekkel, mint a triászmészkőnél tapasztalható, dolomit esetében nem kell számolni. Triászmészkő esetében is előfordulhat, különösen nagy mélységekben, hogy a karsztosodás kisebb mérvű, ilyen esetben a vízbetörés megjelenési formája hasonló a dolomitnál tapasztalahtó szétszóródáshoz. A repedékes szerkezetnek természetszerű folyománya ugyanis, hogy a repedésekben tárolt víz a nagy hidrosztatikai nyomás és szűk szelvény miatt megoszolva több helyen tör be a bányába. Ezt igazolja a dorogi XII-es akna esete. Részben hasonló esettel

állunk szemben Tatabányán is, hol hasonlóképpen nem nagy kavernákkal, hanem csak vetőmenti repedésekkel kell számolni. Ugyanez a helyzet Ajkán, Pilisszentiványon és a többi dolomit alaphegységgel bíró medencékben, beleértve a bauxitelőfordulásokat is.

Védekezés szempontjából tehát mindenekelőtt annak a megállapítása fontos, hogy milyen karsztosodással állunk szemben. Eszerint a kutatásnak ki kell terjednie az alapkőzet pontos meghatározására, nemcsak makroszkópikusan, hanem kémiailag is, hogy az alapkőzet összetételéből következtetést vonhassunk a krasztosodás jellegére.

A triászmészkő és a dolomit karsztosodása között tehát éles különbséget kell tenni. Ebből következik, hogy a tömítő eljárásnak is más irányt kell szabni. Dolomitos területen kétirányú védekezés alkalmazásával kell számolni. Az egyiknek a vetőhasadékok mentén betört víz elzárására, a másiknak a dolomittömegben megoszolva jelentkező kis vízbetörések elfojtására kell irányulnia.

Tatabányán, hol a széntelep alatti védő réteg vastagsága a hidrosztatikai nyomás ellen kellő védelmet biztosít, az első védekezési irány, vagyis a vetők mentén betört víz elzárása a legfőbb feladat. A vetőmenti hasadékok — mint említettük — dolomitos mészkőnél csak kis méretűek, ezért a beiszapolt anyag tömeghatására csak kedvező körülmények között lehet számítani. A nagy ellenállás miatt a cementálás akciórádiusza igen kicsi, itt tehát csak a dorogi viszonyoktól eltérő cementálási mód vezethet kielégítő eredményre. A főelv az, hogy a cementálás minél nagyobb nyomással történjék, hogy a cementes zagy minél nagyobb távolságra hatoljon a repedésekbe. Az alkalmazandó rendszer Kálmán M. kutatónk elgondolása szerint kialakulóban van, a gyakorlati használhatóság kifejlesztése még természetesen hosszabb kísérletezést igényel. Az eljárás alapelve az, hogy a vízelzárást finomszerű homok adagolásával kezdik ; ha ez a vízáramlást csökkenti vagy megszünteti, nagy nyomású zagyszivattyúval cementes zagyot préselnek a vízjárat keskeny repedéseibe, és ha a fúrólyuk már fulladozni kezd, tiszta cementtej adagolással fejezik be a cementálást. Az eljárás tehát a tatabányai eltérő karsztosodási viszonyokhoz alkalmazkodva oldja meg a kérdést. Siker esetén az eljárás alkalmazható lesz a dolomitos területek vetődései mentén betört vizek elfojtására is.

A második irányú védekezés, vagyis a dolomittömegben megoszolva jelentkező kis vízbetörések leküzdése rendkívül nehéz feladat. Nem is annyira a víz mennyisége veszélyes, mert annak emelése pénzkérdés, még hozzá nem is elviselhetetlen anyagi megterhelés, mint inkább az, hogy a rendszertelenül szétszórt források vagy a fejtések beiszapolását teszik problematikussá, vagy olyan facsatorna-hálózat kiépítését tennék szükségessé, amely az intenzív lefejtést biztosító fejtési módok bevezetését nagy mértékben gátolná.

A repedezett dolomittestből rendszertelenül előtörő kis vízmennyiségek ellen a leghatásosabb védelmet a széntelep alatti, kellő vastagságú védőréteg

biztosítja. Ha ez megvan, mint sok esetben Tatabányán is, akkor csak a vetődésből származó vízzel kell megküzdeni. Ezt már tárgyaltuk.

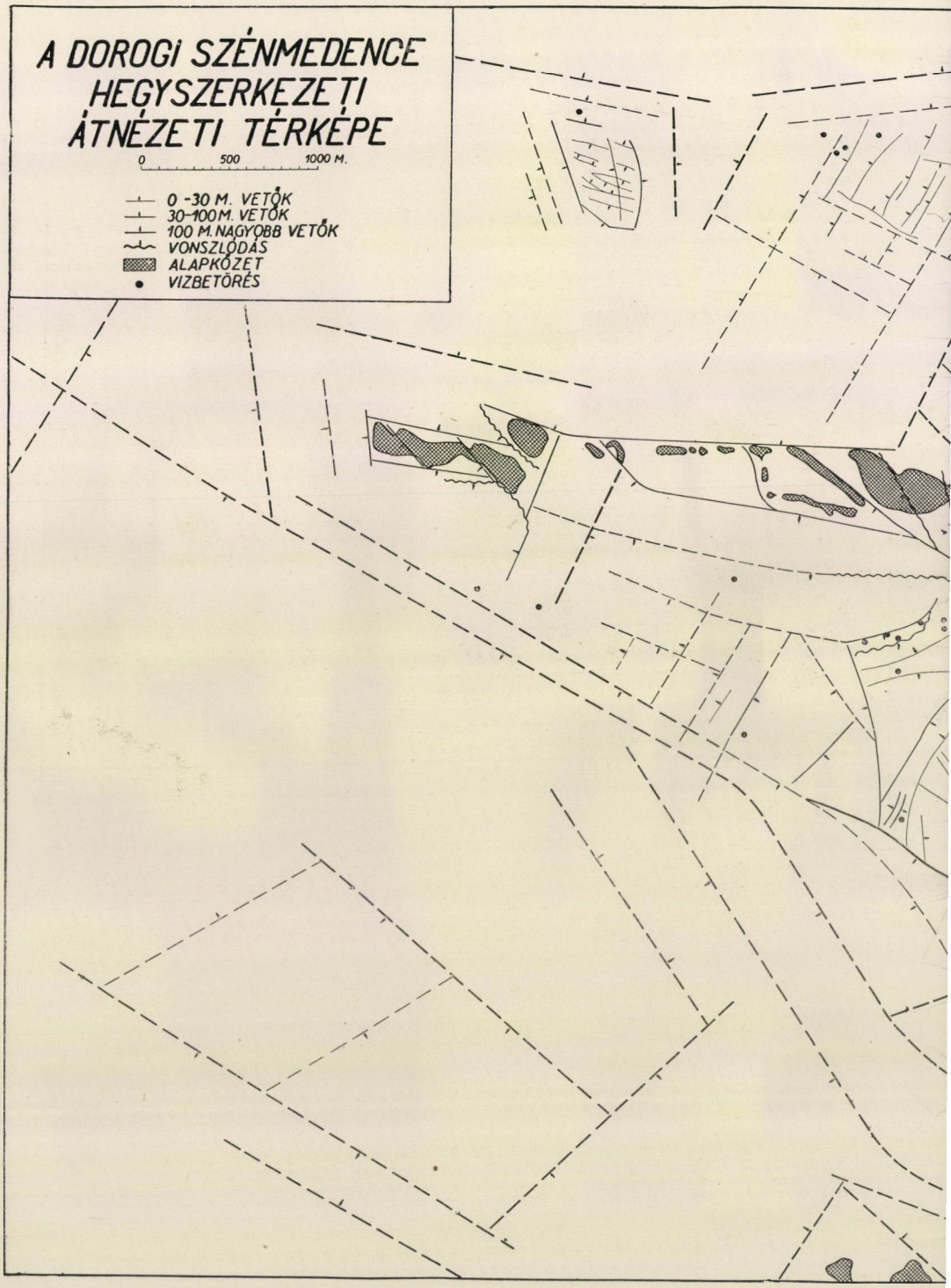
A dolomitból rendszertelenül és szétszórtan előtörő kisebb vizek ellen a külszínről eszközölt cementálással nem lehet védekezni, mert a dolomitban levő és szabad szemmel alig látható repedések egyáltalában nem biztosítanak nyelő képességet, már pedig enélkül nem lehet cementes homokkal cementálni. Itt legfeljebb a cementtejjel való cementálás sikerülhetne, ha a bányából Craeliussal mélyített fúrólyukon keszresztül préselnék be a dolomit repedéseibe. Ez az eljárás azonban hosszadalmas és költséges, emiatt csak fontosabb vízbetörések elzárására jöhet számításba. Kisebb mélységeknél a lecsapoló eljárás alkalmazható. Itt a vizet egy mély szinti lecsapolóvágattal megcsapolva, depressziós teknőt létesítenek, amelyen belül a szén szárazon fejthető. Ugyanez a védekező eljárás alkalmazható a kisebb mélységű bauxittelepeknél is.

A cementen kívül számításba jöhetnek más kémiai anyagok is. A Kutató Laboratórium behatóan foglalkozik a mélyfúró technikából ismeretes plasztikus anyagok alkalmazásának lehetőségeivel is. Plasztikus anyaggal kívánjuk tömíteni a cementáló fúrólyuk béléscsövét, mert vannak esetek, amikor sem cementtel, sem azbesztttömítéssel nem sikerül a tömítés, emiatt a karsztvíz elzárására szánt anyag nem kerül a vízjáratba, hanem rövid úton a bányaüregbe jut. Ilyen esetekben a műanyagok felhasználása tömítés céljára eredményesebbnek ígérkezik. A műanyagokkal való laboratóriumi kísérleteket a Klotild Acetic laboratóriuma végzi. Az eddigi kísérletek szerint a fenolgyantából készült műanyagok látszanak megfelelőknek.

A Kutató Laboratórium foglalkozik azzal is, hogy a kisszelvényű vízjáratokat és a dolomitrepedéseket olyan plasztikus anyaggal zárja el, melyet a bányából mélyített fúrólyukon keresztül folyadék formájában lehet a vízjáratokba szivattyúzni. Mivel azonban ezek a műanyagok nagyon drágák, alkalmazásukra csak ott kerülhet sor, ahol csak keskeny repedésekkel van dolgunk. Az ez irányú kísérleteket Tassonyi és dr Kassai eljárása szerint Tokodon szándékozunk a közeljövőben lefolytatni. A nagy kavernák eltömésére azonban marad továbbra is a bevált cementáló eljárás, amely nélkül a dorogi bányászat már rég elsorvadt volna.

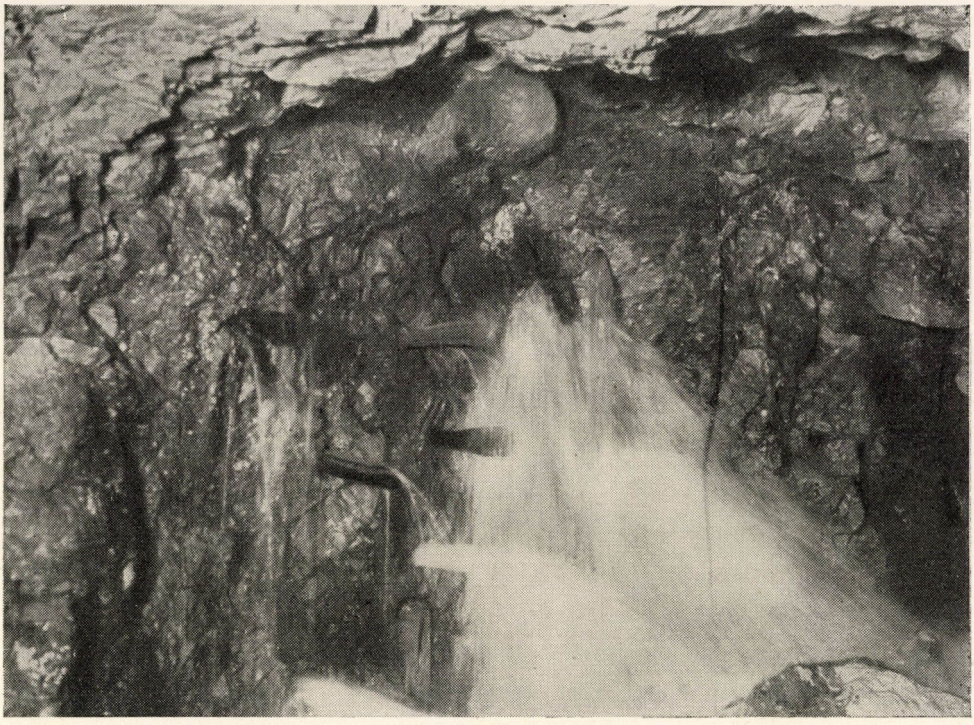
A cementálás költséges és nem egészen tökéletes eljárás, ezért a tényleges védekezésnél a főelv az, hogy a cementálást olcsóbbá és tökéletesebbé kell tenni. E téren már lényeges haladást értünk el a helyszínen található lősszel való cementálás kikísérletezésével. Ezt Varga B. kezdeményzte, s Albel és dr. Kassai igazolták be laboratóriumi és üzemi kísérletekkel alkalmazhatóságát.

Eddig a cementáláshoz az iszaptömedékelésnél használt homokot alkalmazták. Ezt baggerrel termelték, és több km távolságból villamosvasúton szállították az üzem közelébe, ahonnan többszázméteres iszacsővezetéken jutatták tovább a cementáló fúrólyukig. Albel és dr Kassai laboratóriumi kísérletekkel kimutatták, hogy a homok és a cement vízben való ülepedésénél nem ad egyen-


A DOROGI SZÉNMEDENCE
HEGYSZERKEZETI
ÁTNÉZETI TÉRKÉPE
0
500
1000 M.
0 -30 M. VETŐK
30-100 M. VETŐK
100 M. NAGYOBB VETŐK
VONSZLÓDÁS
ALAPKŐZET
VIZBETÖRÉS


Északi rög
Tektonikai árok
Középső rögvonulat
Tektonikai árok
Déli rögvonulat

a.



1. ábra. 10 m^3/min-os vízbetörés triászmészkőből 1927-ben.

letes eloszlású keveréket, hanem fajsúly és főként szemnagyság szerint rétegesen ülepszik, s így nem válik tökéletes tömítő anyaggá. Ezzel szemben a lősz egyrészt mindenütt a helyszínen található, így szállítást nem igényel, másrészt mivel szemnagysága és fajsúlya a cementét megközelíti, a lősz és a cement keveréke vízben való ülepedésnél mind szemnagyság, mind fajsúly szerint egyformán ülepszik, ha a lősz-cement keverékhez dr. Kassai javaslata alapján 1% égetett mészport adagolnak. A mésznek csak annyi szerepe van, hogy a sokáig lebegő lőszszemecskék elektromos töltését az ellentétes iontöltés következtében kisüti, és ezzel a lősz ülepedését meggyorsítja. A lőszcement-keverék víz alatt ugyan nem ad nagy szilárdságú anyagot, de az összeálló homogén anyag alkalmas a kavernák kitöltésére és a finom szemnagyság miatt behatol a mészkő legkisebb repedéseibe is, és a karsztvíz áramlásának ily módon gátat vet. A löszben levő kolloid anyagok leválasztására az Albel-féle agyagleválasztó készüléket használják. Így kedvezőbb szilárdságot érnek el, mint leválasztó használata nélkül. A löszcement keverékkel való cementálás tehát olcsóbb és tökéletesebb eljársnak ígérkezik, mint az eddig alkalmazott homokcementes keverékkel történő cementálás.

A laboratóriumi kísérletek eredményét az üzemi kísérletek is igazolták, de még hátra van az eljárás eredményességének konkrét esetben, tehát egy bekövetkezett vízbetörés elfojtásánál való kipróbálása. Az »A« aknán már ez is folyamatban van.

A bányászat mélységének növekedésével mind nagyobb időt és költséget jelent a cementáló fúrásoknak a külszínről való lemélyítése. Ez különösen akkor jelent nagy problémát, ha a nyelőképesség nem látszik biztosítottnak, pl. dolomitos jellegű karsztosodásnál. Felmerült már az a gondolat is, hogy a cementáló fúrólyukat a bányavágat talpából kellemes lemélyíteni és a zagy bevezetésére az iszapcsővezetéket felhasználni. Ez azzal a veszéllyel jár, hogy a fúrással a meglevő betörés vízhozamát esetleg megnöveljük, azonban bizonyos mélységen túl a költség és az idő fog rákényszeríteni arra, hogy a cementálás érdekében ezt a kockázatot is vállaljuk.

A karsztvíz-kérdés és főként a dolomitos jellegű karsztosodás a szénbányászaton kívül bauxitbányászatunkat is erősen érinti. Mint ismeretes, a bauxit minden védőréteg nélkül közvetlenül a dolomitra települt. A karsztvízszint felett ez természetesen nem jelentett semmi hátrányt vagy nehézséget, mihelyt azonban a bányászat a mélység felé haladva a karsztvíz-szintet elérte, a karsztvíz elleni védekezés a bauxitbányászatnál is fontos kérdéssé vált. Már 25 m-rel a karsztvíz-szint alatt tekintélyes, kb. 4 m^3/min. vizet fakasztottak, és a dolomit karsztosodási jellegének megfeleleőn, a vető mentén nagyobb mennyiséget, a repedezett dolomittestből pedig szabálytalanul szétszórva több kisebb vízbetörést kaptak.

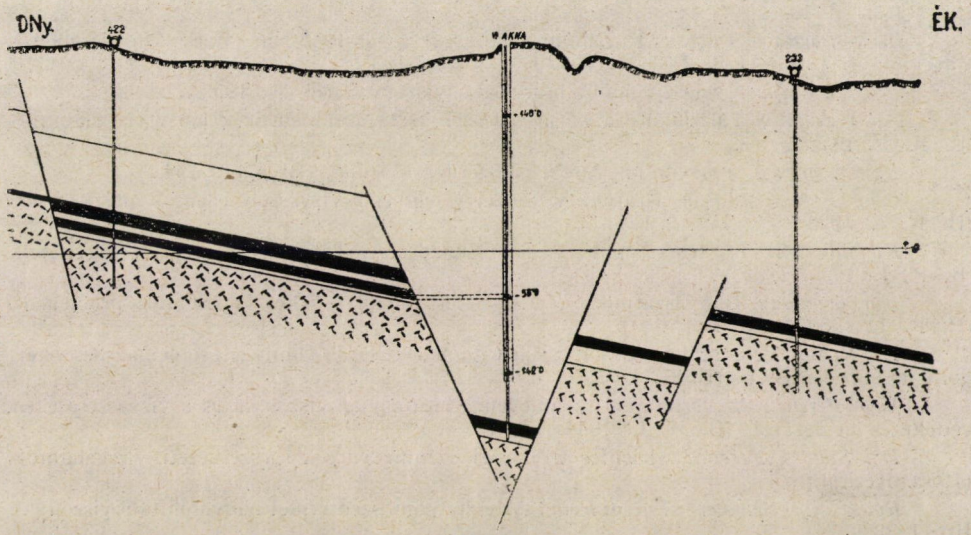
Mivel a bauxit fejtése omlasztással történik, a vízmentes lefejtés biztosítása fontos feltétele a védekezésnek. A védekezés tehát a tokodi viszonyokhoz

hasonlóan lecsapolással, vagyis depressziós tölcsérek kialakításával történhetik addig a mélységig, amíg a vízemelés fajlagos energiafogyasztása a gazdaságosság határát el nem éri.

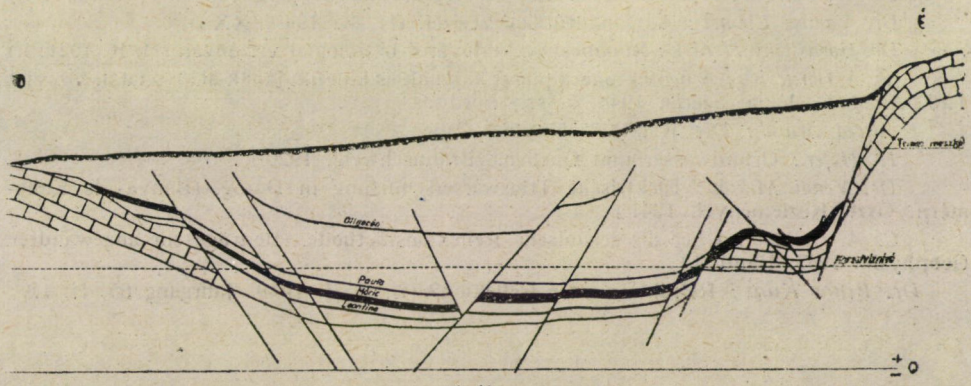
A karsztvíz-veszély jelentőségét tehát a bauxitbányászat is növeli. Ily módon a kérdés bányászatunk és nemzetgazdaságunk széles területét érinti. Ez szinte parancsolólag írja elő a bonyolult kérdéssel való intenzív foglalkozást és a különböző formákban jelentkező problémáknak lehető legjobb megoldását.

A fentiekben igyekeztem összefoglalni a karsztvíz elleni preventív és tényleges védekezésnél felmerült problémákat és a megoldásukra, illetve enyhítésükre irányuló kutatómunkát. Ez a munka még további, részletekbe menő beható tanulmányozást igényel, hogy a fokozódó veszéllyel szemben a bányászatnak segítségére lehessen abban a heroikus küzdelemben, amelyet ezzel a hatalmas elemi erővel szemben úgyszólván állandóan folytatni kell. A küzdelem arányára jellemző, hogy egyedül a dorogi medencében 1927-től 1950-ig 180 cementáló fúrólyukat mélyítettek le, 67 000 fm összhosszban és 62 000 q cementet, 791 000 m^3 homokot és lőszt cementáltak be a vízjáratokba, a nyelőképesség fokozására pedig 220 000 liter sósavat használtak fel. Pénzértékben kifejezve a cementálás eddig közel 50 millió forintba került, mellyel 369 m^3 percenkénti állandó vízfolyást zártak el. Ez 79%-os eredménynek felel meg. A hatalmas arányú védekezés ellenére mégis 35 m^3 vizet emelnek percenként a sikertelen vagy csak részben sikerült vízelzárások megmaradt vízhozamából.

Ezek a számok eléggé kifejezik a cementálás költséges voltát. Preventív cementálás esetén még további fokozódással kell számolni, ezért rendkívül fontos, hogy mind a karsztvíz-kutatás, mind a vízveszély elleni védekezés minden támogatást megkapjon, főként geofizikai vonalon, a vízjáratok bonyolult hálózatának felderítéséhez, mert csak szélesebb alapokra épített kutatással biztosítható a cementálásba fektetett nagy költség eredménye. Népi demokráciánk az ipari kutatás fejlesztése érdekében nagy áldozatot hoz, népgazdaságunk vezetői pedig a karsztvíz-kérdést súlyponti kérdésnek tekintik. Ez mindenesetre biztosítékot nyújt a kutatás szélesebb alapokon való továbbviteléhez, és bízunk abban, hogy a támogatás révén sikerülni fog az állandóan fokozódó veszéllyel szemben az egyensúlyi helyzetet biztosítani.



3. ábra
Lépcsős árkos vetődés.



4. ábra
Szinklinális peremi redőzése vonszolódással.

IRODALOM:

Schmidt Sándor: Az esztergomi szénmedence bányászatának ismertetése. 1932.

Dr. Kassai Ferenc: Paleogén szénbányászatunk, a karsztvíz és a védekezés módjai. Hidr. Közl. 1948. 1—4. sz.)

Gerő—Pogány—Vargha: Szeizmikus mérések Dorogon 1942-ben. (Magy. Tud. Akadémia Matemat. és Termt. Ért. LXI. k. 1942.)

Ajtay Zoltán: A triász-dolomit hidrológiai viszonyai. (H. K. 1950.)

Ajtay Zoltán: Tanulmány a hazai paleocén-kréta szénmedencék karsztvíz-adatairól. (B. K. L. 1949. 9. sz.)

Esztó Péter: A magyar bányászat időszerű problémái. (B. K. L. 1942.)

Csanády László: Bányászatunk vízveszélyessége és a vízveszély elleni óvintézkedések. (B. K. L. 1928.)

Kálmán Miksa: Karsztvíz-betörések leküzdésére Tatabányán végzett kísérletek. (B. K. L. 1950. 7. sz.)

Vargha Béla: Bányászatunkat veszélyeztető elemi erőkkel kapcsolatos problémák. (B. K. L. 1950. 2—3. sz.)

Dr. Kassai Ferenc: Lősszel kapcsolatos tömedékelési és tömítési problémák az esztergomi szénmedencében. (B. K. L. 1950. 4—5. sz.)

Vigh Ferenc: Az esztergomi szénmedence hidrológiai viszonyai és a vízveszély elleni védekezés módozatai. (B. K. L. 1944. 14—15. sz.)

Dr. Szentes Ferenc: Jelentés a dorogi szénmedence hegyszerkezeti vizsgálatáról. (1950. Kézirat.)

Rozlozsnik—Schréter—Telegdi Roth: Az esztergomi szénterület bányaföldtani viszonyai. Bp. 1922.

Dr. Vitális Sándor: Budapest Székesfőváros vízellátásának problémái. (H. K. XVII. 1937.)

Dr. Szádeczky-Kardoss Elemér: A Dunántúli-középhegység karsztvizének néhány problémájáról. (H. K. XXI. 1941.)

Dr. Kántás Károly: Korszerű elektromos mérési módszerek az olajkutatás és feltárás vizsgálatában. (B. K. L. 1950. 2—3. sz.)

Dr. Schmidt E. Róbert: Geomechanikai tanulmányok. (B. K. L. 1944. 9—10.)

Dr. Vigh Gyula: A karsztvíz-kutatás kérdése a budai hegységben. (H. K. 1940. XX.)

Dr. Vaddsz Elemér: A Dunántúl karsztvizei. (H. K. 1940. XX.)

Dr. Horusitzky Henrik: Budapest székesfőváros hidrológiai viszonyai. (H. K. 1921. I.)

V. A. Obrucsjev: A neotektonika plasztikájának és kinetikájának alapvonalai. (Szovjet Tud. Akad. Geológiai Széria. 1948. 5. sz.) Fordítás.

Alfréd Grund: Die Karsthidrographie. (Wien.)

H. Höfer: Grundwasser und Quellen. (Braunschweig, 1920.)

Dr. Vendl Miklós: Elektrische Triaswasserschürfung in Dorog. (Bánya- és Kohómérn. Oszt. Közleményei. 1941.)

C. A. Heiland: Über die seismische Reflexionsmethode. (Beiträge zur angewandten Geophysik. 1943. Band 3.)

Dr. Bruno Kunz: Refraktion oder Reflexion? (B. B. Z. 1949. Jahrgang 65. H. 1.)

HOZZÁSZÓLÁSOK VÍGH FERENC ELŐADÁSÁHOZ

VENDEL MIKLÓS rendes tag

Igen örvendetes, hogy barnaszén-bányászatunk egyik legnagyobb és legégetőbb problémája, a karsztvíz-kérdés, bányászatunk megoldandó súlyponti kérdései közé került. Amint *Vígh Ferenc* előadásából hallottuk, nem lekicsinylendő jelentőségű, bár nagyon nehéz feladatról van szó, olyan kérdésről, amelyet nekünk magyar bányászoknak, geológusoknak és geofizikusoknak kell megoldanunk saját erőnkre támaszkodva, mert más segítségre aligha számíthatunk, lévén ez a kérdés valóban sajátosan magyar probléma. Nekem különös örömömre szolgál, hogy ez a kérdés immár egységes, átfogó, az ország összes karsztvízveszélyes bányaüzemeit figyelembe vevő vizsgálati lehetőség stádiumába jutott, mert a karsztvíz-veszély leküzdését mindig szívügynek tekintettem, s szerény képességeim szerint támogattam, propagáltam és — a lehetőségek szerint — igyekeztem a gyakorlatban magam is, újabban *Kántás Károly* és *Tárczy — Hornoch Antal* tanártársaimmal való munkaközösségben, előbbre vinni.

Bár már igen sokat tudunk karsztvizeink természetéről, származásáról, tárolásáról stb. bányászaink, hidrológusaink, geológusaink munkássága alapján, azért még mindig akadnak kellőképpen nem tisztázott kérdések, amelyeknek pontosabb ismerete pedig egyrészt hozzá tartozik a karsztvíz fiziográfiájához, másrészt hasznos lehet a karsztvíz-veszély leküzdése szempontjából. Így például érdekesnek tartjuk, hogy a főleg *Szádeczky — Kardoss Elemér* kutatásai nyomán valószínűnek vehető[1], a magasabb tükörszint felől az alacsonyabb felé irányuló gravitációs talajvíz-áramlást még a karsztviz-veszély miatt legjobban vizsgált Nyugati-középhegységben sem sikerült eddig közvetlen áramlási módszerekkel érzékeltetni. Ugyancsak nem ismerjük a »*sztagnáló övben*« valószínűsíthető áramlásokat sem. Ilyen, a mozgásokra irányuló vizsgálatok azonban igen kívánatosak lennének, mert eredményeikből egyrészt a víz származására biztosabban következtethetnénk, másrészt pedig, nem lehetetlen, hogy a karsztvíz-veszély preventív leküzdésében is szerep juthat ezek ismeretének.

[1]) Szádeczky-Kardoss Elemér: *A Dunántúli középhegység karsztvizének néhány problémájáról.* Hidr. Közl. 1941. XXI. 67—92. *A Dunántúli-középhegység karsztviztérképe.* Hidr. Közl. 1948. XXVIII. 2—3. *Karsztvíz-térkép és preventiv védekezés.* Hidr. Közl. 1950. XXX. 170—174.

Kassai Ferenc: *Paleogén szénbányászatunk, a karsztviz és védekezési módja.* Hidr. Közl. 1948. XXVIII. 4—48.

Már *Schafarzik Ferenc* rámutatott arra,[2] hogy a Budai-hegység keleti peremén felfakadó hév- és langyos források vizében keveredhetik a hegységből érkező hidegebb karsztvíz az Alföld felöl érkező meleg vízzel. Úgy képzelte el Schafarzik, hogy a Duna-jobbparti tönkhegységében elszivárgó freátikus víz mind mélyebbre, egészen a kristályos palák régiójáig leszivárog, s eközben mind jobban és jobban felmelegszik. Több — paleozoós és mezozós — vízemelet alakuhat ki a mélyben a kőzetsorozatok víztároló — és vízrekesztő képessége szerint. A mezozoós-paleozoós képződmények a Duna balpartján a mélybe sülyednek és impermeábilis kőzettakaróval, amelynek ebből a szempontból a legfontosabb tagja a kiscelli agyag, letekartak. Szerinte e szerkezet alapján a jobbparti hegységre és altalajára nézve más, mint leszálló, a legmélyebb szint felé lassúbbodó keringés, míg ellenben a teknő mélyéből, tehát a balparti térszin alatti altalajból, csakis a hidrosztatikai nyomás és a fajsúly követelte felszálló áramlás lehet az eredmény. Ez az áramlás a medence harmadkori köpenye alatt a felszin nyílt és viszonylag legmélyebben fekvő törésvonalai felé tart, s ezeken kilépve hozza létre az ismert hévforrásokat. A jobbparti rész különböző vízemeleteiben szerinte még erős oldaláramlás is keletkezik, amely a harmadkori köpeny alatt felszálló hévvíz-árammal találkozik, azzal elegyedik és vele együtt mint kevert forrás lép a felszínre. *Schafarzik* elméletében sok valószínűség van, bár lehetséges, mint mások felteszik, hogy a termák vizében más, az Alföld vízháztartásból származó mélységi vizek is szerepelnek. Nem tartom szükségesnek az utóbbi kérdésre vonatkozó különböző felfogásokat itt ismertetni, vagy elemezni mert ezek tulajdonképpen már nem tartoznak a karsztvíz-probléma körébe, de a mélységi vízáramlások kérdésének tisztázását, illetve annak előbbrevitelét fontosnak vélem, mert ennek nemcsak tudományos, de gyakorlati vonatkozásai is lehetnek.

Bányászatunk karsztvíz-problémájának szempontjából a mezozoós képződményeknél mélyebb, lehetséges vízemeletek kérdését mellőzhetőnek véljük. Karsztvíz-veszélyes kréta, eocén és oligocén (kivételesen miocén) széntelepeinkkel kapcsolatban ugyanis triásznál idősebb képződményekkel nincs dolgunk, s ezért a mélyben feltételezett egyéb idősebb képződmények figyelembevételétől eltekinthetünk. Ismeretes, hogy a karsztvíz hőmérséklete a Nyugati-középhegységben a hegység belsejétől a hegységperemek felé haladva általában emelkedik.[3] Ennek oka is részben a karsztvíz áramlásaiban rejlik. Sajnos, eddig tudatosan rendszeres regionális hőmérséklet-mérések, amelyek a függélyes kiterjedést is figyelembe vették volna, nem igen történtek, s általában csak szétszórt mérések eredményei állnak rendelkezésre. A víz-hőmérsékletnek szisztematikus és megbízható mérése a karsztvíz különböző mélységű szintjeiben azonban hozzásegít bennünket először is ahhoz, hogy a *Schafarzik* feltételezte, hegység belsejéből a pe-

[2]) Schafarzik Ferenc: *Budapest-Székesfőváros ásványvízforrásainak geológiai jellemzése és grafikus feltüntetése.* Hidr. Közl. 1923. IV—VI. 14—20.

[3]) Szádeczky-Kardoss Elemér: *A Dunántúli-középhegység karsztvizének néhány problémájáról.* Hidr. Közl. 1942. XXI. 67—92.

remek felé irányuló áramlás jelenlétét igazolhassuk, amennyiben, — ha a feltevés helyes, — a hegység belsejében a csapadékból, vagy a felszíni vízfolyásokból származó karsztvíznek felül valóban hidegebbnek, mélyebben melegebbnek kell lennie. Ennek fennállása esetén azonban a nagyobb sűrűségű hideg víznek lefelé irányuló szivárgása küzd egy, a vizrekesztő alzat felől felfelé igyekvő melegebb-könnyebbel. Vagyis a karsztvízben a »sztagnáló övben« mindenütt kell egy ilyen gravitációs és termikus konvekciós kiegyenlítésre törekvő áramlásnak lennie, amely nem szünetel, mert állandóan újabb és újabb hideg-víztömeg jut a felszinről a karsztvízhez. Nyilvánvaló, hogy ez az áramlás a nyílt üregekben, a hasadékokban nagyobb sebességű lehet, igen sok helyen azonban, még pedig ott, ahol csak igen finom repedéshálózat vezetheti, nagyon lassú, esetleg már csupán diffuziószerű, úgyannyira, hogy elképzelhetően csupán különlegesen érzékeny eljárásokkal vizsgálhatjuk majd. E lényegében függőleges tendenciájú áramláson kívül azonban úgy, amint *Schafarzik* már rámutatott, oldalas áramlás lehetséges a »sztagnáló övben« is, ugyancsak termikus okok következtében. Amint már mondottuk, az Alföld és a hegység érintkezésében fellépő peremi törések alatt a hidegebb karsztvíz oldalasan érintkezik az Alföld felé eső melegebb vízzel. Ennek következményeképpen — legalább is a peremen — a hidegebb és nehezebb karsztvíznek az alföldi melegebb és könnyebb víz alá kell csúsznia, s oldalast az Alföld alá bizonyos távolságig, addig, ameddig a termikus és diffuziós kiegyenlítődés be nem következik a kétféle víz között, az Alföld alá be is kell hatolnia. Ha ez a valószínű feltevés áll, akkor annak igen fontos következményei vannak a budapesti mélyfúrásokkal feltárható vizek hőmérsékleti viszonyait illetően, mert az oldalas termikus és diffúziós kiegyenlítődés felületéig az Alföld felől a peremi törések felé igyekvő hévvíznek közvetlenül a vízrekesztő rétegek alatt, vagyis a víztároló triász vagy eocén kőzetekben legfelül általában nagyobb hőmérsékletűnek kell lennie, mint egy bizonyos mélységig ez alatt; vagyis a hévvíz kezdeti magas hőmérséklete bizonyos mélységig csökken, majd lefelé geotermikusan ismét emelkedik. A vázolt kép alapján azonban szakaszosan negatív geotermikus grádiens is jelentkezhetik a kritikus övben. Lehetséges tehát, hogy Budapesten az Alföld alatt mélyfúrásokkal a vezető és tároló övezetben már megütött hévvizek hőmérsékletét továbbfúrásokkal egy ideig emelni nem lehet, sőt bizonyos mélységig annak csökkenésével is számolhatunk. Ebből a szempontból igen tanulságos volt a Gellért-fürdő alatt a Szikla-templom előtti 142 m mély és a 9-ik métertől végig dolomitban haladó vízkutató fúrás, amelyben *Pálfy Mór* közlése szerint[4] 11,5 m mélyen 32° C volt a vízhőmérséklet. A hőmérséklet 71 m körül elérte a maximális 48,6° C-t, majd tovább 142 m-ig a hőmérséklet nem emelkedett, sőt inkább 0,8° C-al sűlyedt. *Pálfy* ebből azt következtette, hogy a dolomit mélyebb részében a termális víz nem egyenletesen eloszlott hanem a vetődési vonalon termális víz száll fel, amely a karsztvízzel érintkezve

[4]) Pálfy Mór: *A Gellért-hegyi mélyfúrás tanulságai.* Földt. Közl. 1929. LVIII. 77—87

és avval keveredve lehül. A vetődés fekvő szárnyában minél inkább eltávozik a fúrás a vetőtől, annál hidegebb lesz a víz. Még érdekesebb a Margit-sziget északi végén 1941—42-ben mélyített III. számú fúrás. *Sarló Károly* közlése szerint[1] az első feltörő vizet 107 m mélységben 43° C-al, majd 134—141 méterben egy újabb feltörést 41° C hőmérséklettel kaptak. Mélyebb vizet óhajtván nyerni, továbbfúrtak, de 502 m mélységben már csak 31° C-ú vizet kaptak. 104,5 m-től kezdve eocénben, főleg mészkőben haladt szerinte a fúrás.

De nemcsak a Budai-hegység és a Nagy-alföld pereméről vannak ilyen adatok, hanem a Pilis és a Kis-alföld érintkezési vonaláról is ismeretes hasonló jelenség, s végül egy másik, hasonló esetet gyaníttató adatunk is van a Keszthelyi-hegység és a Zalaháti-dombság érintkezési övéből.

A Kis-alföld szegélyén, Esztergomban az 1909-ben mélyített Szent István artézi-kút, amely 16,64 m-ben érte el a triászmészkövet, a fúrómester jelentése szerint[2] 140 m mélységből 22° R = 27,5° C-ú, 157 m-ből ugyanilyen hőmérsékletű, 225—238 m-ből pedig 26,5° C-ú vizet adott, tehát mélyebben itt is alacsonyabb a hőmérséklet.

A hegység és a Zalai-dombság (amely szerkezetileg medence helyzetű a Bakonyhoz képest), érintkezésében a balatonhévízi pénzügyi üdülőnél a közeli tónál melegebb, 46° C-os termális vizet fúrtak a pannoniai és a triászdolomit rétegek határán. A dolomitba belefúrva azonban olyan hideg vizet ütöttek meg, hogy a keveredett víz hőfoka 34° C-ra süllyedt le.[3]

A fúrások mind igazolni látszanak azt, hogy a karsztvíz — legalább is bizonyos távolságig — csakugyan behatol az Alföldek alá, illetve a medencékbe. Igen kívánatos lenne, hogy legalább a Nyugati-középhegységünk és a medencék érintkezésétől már kissé távolabb mind a középhegységben, mind a medencékben a jövőben esetleg mélyítendő mélyfúrásokban megvizsgáljuk, hogy vajjon helytálló-e a vázolt feltevés, s ha igen, akkor meddig tart a karsztvíznek a medenkbe. felől érkező termális víz alá való rétegeződése. Ezt bizonyos mélységig való továbbfúrással és hőmérsékletmérésekkel lehetne tisztázni.

De térjünk vissza a karsztvíz bányászati problémáihoz. Milyen haszonnal járhat a karsztvíz hőmérsékleti viszonyainak és az ebből eredő áramlásoknak ismerete a vízveszély leküzdésében? Legfontosabb az, hogy a hőmérséklet-eltérésekből valószínüleg bizonyos áramlások származhatnak a mélységben is. Ha azonban ez így van, akkor nem lehetetlen, hogy ezeket az áramlásokat, a preventív védelem munkája során hasznosíthatja. Lehetőség látszik ugyanis a vázolt módon szivárgó, vagy diffundáló vizek alapján még a makroüregmentes, csupán finomabban repedékes, de nem kevésbbé vízveszélyes vízvezető vetőövek kimutatá-

[1]) Sarló Károly: *Ujabb adatok a Margit-szigeti hőforrások hévizei összetételéhez.* Hidr. Közl. 1949. XXIX. 90—94.
[2]) Kassai Ferenc l. c.
[3]) Pávai Vajna Ferenc: *Gondolatok a Hidrológiai Közlöny* 1948. *évi* 1—4. *számával kapcsolatban.* Hidr. Közl. 1949. XXIX. 123—125.

sára is, — munkaközösségünk geofizikusai erre gondolnak — mégpedig a rendkívül érzékeny elektrofiltrációs, vagy elektrodiffuziós módszer segítségével. Erről *Kántás Károly* munkatársunk fog még közlést tenni.

Szükségesnek tartjuk tehát, hogy jövőben a hőmérsékletméréseket a karsztvíz-kérdést érintő minden mélyfúrásban, de ezeken kívül a bányákban is, az előírásos pontossággal végezzék. Amidőn 1—2 éve — részben a mi ajánlatunkra — megszervezte a szénbányászat a kerületi geológusi intézményt, ennek feladatkörébe tartozónak gondoltuk a napi munkamenet során adódó, s a karsztvíz-kérdéssel összefüggő adatok gyüjtését is a kerületben. Egy további igen jelentős lépés volt azután *Kassai Ferenc* vezérigazgatóhelyettesnek Dorogon *Albel Ferenccel* való együttműködése, amely értékes eredményeket hozott a karsztvíz-kutatás és a védelem vonalán. Nagyobb apparátussal folytatja most e munkát a Szénbányászati Ipari Kutató Központ Laboratóriuma, amelynek munkásságáról *Vigh Ferenc* kartársunk az előzőkben számolt be. Ennek keretében máris igen érdemes munkát végzett a dorogi munkaközösség. Mint geológus, külön kiemelem a hármas bizottság eredményeiből azt a részletes tektonikai térképet, amely *Szentes Ferenc* főgeológus kartársunk irányításával készült el. A bányászat feltétlenül nagy hasznát fogja látni e felvételnek, s nagyon kívánatos, hogy minden egyes karsztvíz-veszélyes bányánkról minél előbb hasonló térkép készüljön. A már említett dorogi felvétel továbbá a geofizikai módszerek használhatóságát kikisérletező munkálatok számára is igen hasznos lesz, annál is inkább, mert ezen is tanulva biztosabban lehet majd új területek feltárása esetén, ahol a tektonikai részletezés a dolog természeténél fogva még nem lehetséges, a geofizikai módszerekkel a telepítés számára megbízható alapokat nyújtani.

Végeredményben mindnyájunknak a jövőben is mindent el kell követnünk, hogy a karsztvíz-veszéllyel lehető sikerrel megbirkózhassunk. Ismerve bányászaink, geológisaink, hidrológusaink és geofizikusaink képességeit, hiszem, hogy annak leküzdésében, amennyire ez emberileg egyáltalában csak lehetséges, eredményes lesz a harc.

KASSAI FERENC bányamérnök.

Vigh Ferenc előadásából megismertük a karsztvízproblémát, a megoldására irányuló munkálatok szerteágazását, de egyúttal azt is, hogy ezt a problémát magyar bányászati viszonylatban nekünk magunknak magyaroknak kell megoldanunk. Elfogultság nélkül mondhatjuk, hogy a karsztvíz-probléma egyetlen egy államban sem olyan nagy jelentőségű bányászati szempontból, mint éppen hazánkban. Jelentősége ma már köztudomásúvá vált, hiszen a kérdés állandóan napirenden van. Napirenden kell lennie, mert hazánk legértékesebb szénmedencéit fenyegeti a karsztvíz-veszély: Ezekből a legértékesebb szénmedencékből kerül ki a magyar ipar fenntartásához és továbbfejlesztéséhez szükséges nagy

mennyiségű szén, ötéves tervünk sikeres keresztülvitele érdekében tehát a megoldás halaszthatatlan.

A karsztvízkérdés a magyar bányászatban régóta és állandóan napirenden van és a jövőben még nagyobb mértékben, még erőteljesebben, komolyan, lelkiismeretesen, időt és fáradtságot nem kímélve, hivatásszerűen kell vele foglalkoznunk. Ahhoz, hogy ezt a kérdést, illetve ennek a kérdésnek megoldását előbbre vihessük, feltétlenül szükséges, hogy ne általánosságban, hanem lépésről-lépésre foglalkozzunk azokkal a törvényszerűségekkel, amelyek a karsztvíznek az életét irányítják és szabályozzák, azét a karsztvízét, amely a magyar bányászatot rendkívüli mértékben veszélyezteti és — túlzás nélkül mondhatjuk — márólholnapra esetleg tönkre is teheti.

Szerény véleményünk szerint a kérdés megoldását alapjaiban kell keresnünk. Ha ismerjük a törvényszerűségeket, akkor megpróbálhatunk beleavatkozni ezekbe a természeti jelenségekbe, megkísérelhetjük szabályozni őket. Ha ismerjük a szabályozás lehetőségét, akkor a kérdés megoldása részben már biztosítva is van.

Amint ismeretes, a múlt században — a történeti visszapillantást csupán az érdekesség kedvéért teszem — magáról a karsztvízről bányászati vonalon csak annyit tudtunk, hogy az az esztrgomi szénmedencében + 126 m tengerszint feletti magasságig kitölti egy nagyobb vízbetörés esetén a kinyitott bányatérségeket és hogy a szintje állandó. A karsztvíz él és az emberi vérkeringéshez hasonlóan, mintegy vérkeringése a földnek. A vérkeringés vérnyomásban jelentkezik, melyet már mérni, mérő eszközökkel érzékelni is lehet, de ezt csak 1913. január 1-től ismerjük. Ekkor vált ismeretessé, hogy a nyugalmi szint nem jelent abszolut nyugalmi állapotot, mert ez a nyugalmi szint változik. Változik naponta, sőt vannak olyan egészen érdekes megfigyeléseink is, hogy — közelben lévő beömlés esetén — változik óránként is. Ez a változás a vérnyomáshoz hasonlóan azt bizonyítja, hogy maga a karsztvíz nem holt, hanem élő valami, mert átvitt értelemben szerintünk ez élettani jelenség. Éppen ezért tartjuk elsőrendű fontosságúnak, hogy rendszeresen végezzünk vízszint-méréseket és ezeket a vízszint-méréseket lelkiismeretesen a legnagyobb pontossággal hajtsuk végre, mert csak pontos adatok ismeretében lehet olyan törvényszerűségeket megismerni, hipotéziseket felállítani, amelyek nem szakadnak el a való élettől, hanem teljes mértékben fedik a gyakorlati életet. Több esetben rámutattunk arra, hogy ezeket a vízszint-ingadozásokat egységes alap-pontra kell vonatkoztatni, mert messzebbmenő, egyértelmű következtetéseket csak így lehet levonni. A vízszint-mérések rendszerében az esztergomi szénmedence első helyen áll. Éppen e szénmedence kiváló bányászai voltak azok, akik a vízszint-méréseket rendszeresítették. Ezen mérések eredményei mutatták, hogy nemcsak közeli, hanem távolabbi vízbetörések is hatással voltak a karsztvíz nyugalmi szintjére, amely — mint az előbbiekben már rámutattunk — nem abszolut nyugalmi vízszint. A jövőben ezekre a mérésekre még nagyobb gondot kell

fordítani. Ezt célozzák a szénmedencéinkben nemcsak az esztergomiban, hanem a dunántúli, sőt a borsódi iparvidékeken is felállítandó állandó regisztráló állomások. A regisztráló-készülék segítségével elérjük azt, hogy szinte óránként fogjuk ismerni a karsztvíz-szintet. Pontos és egyformán beállított műszerekkel elérjük, hogy nemcsak távolsági, hanem időbeli ismeretekre is szert tehetünk, és így a csapadék hatása és egyéb hatások is, éppen az idő ismeretéből, fokozatosan tisztázódhatnak.

Szerintünk feltétlenül szükséges, hogy a sok gazdátlanul szanaszét heverő adat egy helyre kerüljön, és azokat fel is dolgozzák. Az adatgyűjtésnek csak akkor van értelme, ha az adatok nem kallódnak el, hanem rendszerbe foglaljuk és nemcsak a bányászok és hydrológusok, hanem az összes érdekelt szakemberek bevonásával megvizsgáljuk őket, és csak ezután bocsátjuk — mint a haladó tudomány egyik eredményét — a köz rendelkezésére.

A másik ugyancsak fontos szempont a karsztvíz hőmérsékletének ismerete. Itt is számos adat hever szétszórtan, egyrészt az irodalomban, másrészt pedig egyes üzemeknél. Ugyancsak kívánatos volna nemcsak szórványosan, hanem állandóan, előre meghatározott időközökben hőmérsékletet mérni. A rendszeres hőmérséklet-mérések, illetve ezek eredményei ugyancsak hozzájárulnak egyes kérdések tisztázásához. Gondolok itt elsősorban a törésvonalak mentén keveredő karsztvizekre, a sztagnáló és folyási övben lévő karsztvizekre ; és ha a csapadékkal időben szoros vizsgálat alá vetjük ezeket az eredményeket, akkor a matematikai statisztikai összehasonlítások révén feltétlenül olyan jelenségeket mutathatunk ki, amely már nemcsak tudományos értékkel bír, hanem amelynek a gyógyvíz-forrásoknál gyakorlati jelentősége is lehet.

Nemcsak a vízszint és hőmérséklet-mérések segítenek a természeti törvények felismeréséhez, hanem szükségesnek mutatkozik minden apró, lényegtelennek látszó szempont feljegyzése és vizsgálata, is. Így pl. a karsztvizek rendszeres kémiai analízise, a víz színének, szagának figyelemmel kisérése, a víz íze, esetleges iszaptartalma, ennek kémiai összetétele, bakterológiai vizsgálata stb. mind olyan mozzanatok, amelyek a nagy kérdésnek nemcsak felismeréséhez, hanem annak minél gyorsabb megoldásához vezethetnek.

Az előbbiek szerint meg fogjuk ismerni mindazokat a tényezőket, amelyeknek befolyásuk van a karsztvízre és irányítják annak életét. Ezeknek az ismereteknek birtokában lehet majd kimutatni a gyakorlati életnek megfelelő elegendő pontossággal az áramlási irányt, a víztükör-süllyedését és visszaemelkedését, az időbeli lefolyását, ha pedig mind ezeket a tényezőket ismerjük, akkor lehet majd megállapítani a geológiai viszonyok figyelembevételével azokat a hidrológiai összefüggéseket, amelyek hidrosztatikai és hidrodinamikai alapokra támaszkodva jellemzik egy-egy, egymástól független vagy egymással összefüggő »víz-terület« hidrológiáját.

Örömmel kell üdvözölnünk szakszempontból mindazokat a kezdeményezéseket, amelyek részben a Magyar Hidrológiai Társaság egyes bizottságaiban

jöttek létre, és a Szénbányászat Ipari Központi Kutató Laboratórium, a Földtani Intézet, a Nehézipari Minisztérium XIX. Bányászati Főosztálya, az Egyetemek és nem utolsó sorban a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Vízgazdálkodási Hivatal intencióinak megfelelően megvalósításra várnak. Rá kell világítanunk azonban arra is, hogy ezek a vizsgálatok csak kezdeti fázisai egy nagyfontosságú munkának, amelytől azonban máról-holnapra megoldást nem kívánhatunk. Éppen a matematikai statisztika alkalmazásával érhetjük majd el a kérdések tisztázását, tehát az esetek többségében ismertekké válnak majd bizonyos koefficienseknek a bevonásával az esetek többségére jellemző értékek, és így a továbbfejlődés során az előbbiek alapján megismerhetjük teljesen a karsztvíz életét és tudjuk arra majd esetleg befolyásunkat is érvényesíteni.

Az egységes irányítás alatt álló kutató fúrásoknál már kiterjesztettük és még szélesebb alapokra fogjuk fektetni a hidrológiai adatok rendszeres gyűjtését. Csak így tudjuk elképzelni azt, hogy egy-egy szénmedence felfúrásánál már eleve megismerjük a hidrológiai összefüggéseket, az esetleges karsztosodási jelenségeket, amelyeknek ismerete hidrológiai és bányászati szempontból nemcsak ajánlott, hanem feltétlenül fontos is. A mélyfúrással való kutatás kiinduló-pontja a bányászatnak és éppen a kutató fúrásoknál kell alkalomnak nyilnia ilyen irányú vizsgálatokra. Csupán érdekesség kedvéért közölhetjük, hogy ugyan nem veszélyes területen mélyített egyik szénkutató fúrásunknál a geofizikai mérések már igen kedvező eredményt mutattak, és ötfajta méréssel a széntelep helyzetét egészen pontosan meg tudták állapítani.

Vígh munkatársunk előadásában külön tárgyalja a preventív és külön a tényleges védekezést. Részletesen ismerteti a direkt és indirekt úton való kutatást, mindebből láthatjuk, hogy a probléma igen széleskörű kutató munkát követel és nem egyoldalú a megoldási lehetőség.

A *Vígh* megállapította irányelvek kivizsgálása még hosszabb időt vesz igénybe, de egyúttal a jövőt tartva szem előtt, már arra is kell gondolnunk, hogy a bányászatban, amennyiben ezek az elméleti eredmények helytállóak, olyan munkának kell kialakulnia, amely szoros kapcsolatban áll azzal a teóriával, amely a bányászat szempontjait tartja szem előtt. Így tehát bányák telepítésénél akár direkt, akár indirekt úton nyert és kiértékelt adatok vannak birtokunkban, azokra kell támaszkodnunk és nem mint eddig a jó szerencsére bíznunk egy-egy bányamező fejlődését. Ellenkező esetben a fejlődésnek könnyen gátat vethet a sorozatos elfulladás.

Az előadás második részében igen részletesen foglalkozik *Vígh* munkatársunk a tényleges védekezés módozataival és a még megoldásra váró feladatokkal. Magától értetődik, hogy a védekezés módozatai szorosan kapcsolatosak a bányászati lehetőségekkel. A gátolás, s a lecsapolás kérdése határozottan bányászati kérdés. A lecsapolásnál szivattyú-technikai kérdéseket is figyelembe kell venni. Helyesnek találnánk éppen a dorogi példákból kiindulva, a búvárszivattyúk tökéletesítését és azoknak intenzív alkalmazását víztelenítésre. A szivattyú-

technikai kérdések megoldása már bányaépítészeti feladat, konstrukció elhelyezés stb kérdése ; de a bányagépészeti feladatoknak megoldásukban szorosan kell kapcsolódniok a bányászati lehetőségekhez. Ezzel a problémával foglalkoznunk kell különösen aknák és ereszkék víztelenítésénél.

Ugyancsak a víztelenítéssel kapcsolatban helyes lenne foglalkozni a mamutozással való víztelenítés kérdésével is, mert bár külföldön folytak sikeres akna-víztelenítések mamutozással, magyar viszonylatban komolyabb, nagyobb szabású kísérletek gyakorlatilag nem történtek. Érdekes ez a probléma, nemcsak a víztelenítéssel, hanem például fúrólyukak vizet adó képességének megállapításával kapcsolatban is. Példának említem meg, hogy megfelelő kompresszor hiányában nem tudtuk megállapítani a bánhídai Turul- és Szelimbarlang között húzódó vetőre telepített fúrólyuk vízadó képességét, amely fúrólyuk 234 m-ében 1,9 m-es barlangot találtunk, a mészkő kereken 90 m-ében. Ez az adat karsztosodási szempontból is érdekes, mert 90 m-ig a fúrólyukban még kisebb mennyiségű vízveszteségünk sem volt, annak ellenére, hogy tiszta öblítő vízzel dolgoztunk, amelyhez sósavat is adagoltunk.

Itt említjük meg, hogy a fúrólyuk már a tatai medence karsztvíz-szintjének regisztrálását célozza.

Népi demokráciánk tudományos fejlődésünk anyagi és szervezeti feltételei messzemenően biztosítottak.; központi feladatunkká kell tehát tennünk, hogy a tudományos kutatást teljes egészében a szocializmus szolgálatába állítsuk.

A BÁNYÁSZATBAN EMELT KARSZTVÍZ HASZNOSÍTÁSA

MAZALÁN PÁL bányamérnök

E hozzászólásra az késztet, hogy az egyes bányavidékeken a termelt szénmennyiséget többszörösen túlhaladó vízmennyiség emelésével járó tetemes költséget olyan létesítmények útján gyümölcsöztessük, amelyek hazánk iparosodása kapcsán egyre nagyobb mennyiségű ipari- és ivóvíz szerzését teszik múlhatatlanul szükségessé.

A bányászattal kapcsolatban kényszerűségből emelt nagy vízmennyiség, egyes kertészetektől eltekintve, ma felhasználatlanul folyik el valamely vízgyűjtő medencébe. Bármily örvendetes is bányászszemnek, hogy ez a nagy »kártevő«, a karsztvíz egyre fejlődő szivattyúipar hathatós közreműködésével eltávozik a verejtékes munkahelyekről, az nem mindegy, hogy hova távozik el. Ma már széleskörű tudományos munka van folyamatban annak megállapítására, hogy hazánk melyik vidéke rendelkezik olyan víztartalékokkal, amelyek a nemzetgazdasági boldogulásunk szempontjából annyira jelentős ipar- és lakótelepek szükségletét el tudnák látni megfelelő mennyiségű ipari- és ivóvízzel. Vannak ugyanis olyan vidékeink, ahol az ipari- és ivóvízszerzés csak nagy nehézséggel és költséges vízemeléssel valósítható meg. Ezek éppen azok a területek, amelyek a mészkő-dolomit hegyvidék környékén, karsztvíz-veszéllyel küzdő bányászatunk közelében vannak, ahol a lakósság ivóvízét vagy annak tekintélyes részét jobbára szennyeződésnek kitett, igen kemény vízű és nagyobb mélységű ásott kutakból nyeri. E vidékek iparosításának természetszerű komoly akadálya volt eddig a nagyfokú vízszegénység.

Önként vetődik fel az a gondolat, hogy a bányaszati munkákkal kapcsolatban emelt »káros« vizet állítsuk az ilyen irányú hiány kiküszöbölésének szolgálatában abban az esetben, ha e víz mennyisége és minősége az elérni kívánt célra megfelelő.

Vígh Ferenc előadásából is tudjuk, hogy a bányászati kapcsolatban emelt karsztvíz mennyisége egyes bányaterületeken a napi 50 000 köbmétert is eléri. Ez a vízmennyiség csak a rendszeresen emelt mértéket adja, amikor a bányászat minden törekvése arra irányul, hogy a szivattyúzott vízmennyiség és a széntermelés viszonyszáma mennél alacsonyabb értéket eredményezzen. Ha figyelembe vesszük azt, hogy fővárosunk napi víztermelése az 1949. év átlagában 250 000 köbméter körül mozog, akkor nyilvánvaló, hogy pl. a dorogi szénmedencének a bányászat fenntarthatása érdekében szivattyúzott napi 50 000 köbméter

körüli vízmennyisége bármely ipari- vagy lakótelep vízszükségletét bőségesen fedezné.

Már ebből is azt látjuk, hogy a bányászatban emelt karsztvíz mennyiségére vonatkozó kifogások nem helytállók. Karsztvíz már a kényszerű emelés fázisában is elegendő mennyiségben áll rendelkezésre valamely nagyobb iparvállalat céljaira. Kétségtelen, hogy amennyiben a bányászat több víz feltárására és kitermelésére irányulna, a mai meglevő vízmennyiséget jóval meghaladó igények kielégítése is lehetővé válnék. Megállapításunkat nagyban alátámasztja annak a régebbi törekvésnek kudarca is, amely arra irányult, hogy a karsztvíz szintjének csökkentésével könnyítsenek víztől veszélyeztetett szénbányászatunk üzemi nehézségein. Beigazolódott ugyanis, hogy a szivattyúteljesítmények növelésével nem sikerült a karsztvíz nyugalmi szintjét tartósan és lényegesen csökkenteni, jeléül annak, hogy az utánpótlás eléri a kiemelt vízmennyiség mérvét. A szénbányászat vízveszélyes vidékein jelenleg észlelt kisebb-nagyobb mérvű vizszintcsökkenés véleményem szerint nem csupán vízemelésre vezethető vissza, hanem ennek oka főleg a hosszantartó csapadékszegény időszak, amely mind a karsztvízből táplálkozó víztartókra, mind pedig a kutak nagy részére már most, a továbbiakra előbb utóbb érezteti hatását.

A bányászatban jelenleg emelt vízmennyiség hasznosítása szempontjából a már elmondottakon felül figyelembe kell venni a karsztvíz bakteriológiai, hőmérsékleti, vegyi összetételi és gazdasági jellemzőit is.

A baktérium tenyészetek életviszonyai a karsztvíz-szint és a térszín alatti megcsapolási mélység szerint változnak. Olyan helyeken, ahol a karsztvíz szintje viszonylag közel van a térszínhez, a nagyobb méretű repedés hálózaton át könnyen lehetséges bakteriológiai szennyeződés. A leszivárgó csapadéknak az egészségre ártalmas baktériumok útján való fertőzöttségi veszélye a mélység felé egyre csökken, és a repedésekben képződött karsztiszapon való átszűrődés után már csak egyes anaerob baktériumok jelenlétével kell számolnunk, amelyek az egészségre nem ártalmasok. Mennél hosszabb utat tesz meg, a karsztvíz a mélység felé, annál kisebb a fertőzés lehetősége. Amennyiben tehát a karsztvizet a sztagnáló ővszintje alatt nagyobb mélységben csapoljuk meg, az ember egészségére káros baktériumok jelenlététől tartani nem kell. Ez a biztos mélység a nem mozgó víz szintje alatt 50—100 m-re tehető. A fentiek szerint tehát a karsztvíz bakteriológiai szempontból iható.

A karsztvíz hőmérsékleti viszonyai még további tanulmányozást igényelnek. A szénmedencékről rendelkezésre álló adatok szerint a karsztvíz hőmérséklete 8—20°C között változik. Kétségtelenül elhatározó szerepet játszik a karsztvíz hőfokának kialakulásában az a körülmény, hogy fennáll-e magasabb hőfokú szintekkel való közlekedés lehetősége vagy sem. Már az eddigi tanulmányok alapján is ismertek olyan karsztvíz-előfordulások, ahol a karsztvíz egy bizonyos szinttől lefelé haladva a várt emelkedés helyett csökkenő irányzatot mutat. Ez a jelenség kétségtelenül amellett szól, hogy itt a mélyebb

szintek felöl magasabb hőfokú vizet szállító hegyszerkezeti felületek játszanak közre. E felületek eléréséig a hőfok emelkedése, az azokon való áthatolás után pedig — mintegy távolodva a hevítő tényezőtől — a hőfok csökkenése észlelhető. A bányászattal kapcsolatban emelt karsztvíz hőfoka rezultáns érték, mely pl. Dorogon 18°C körül mozog. Legalacsonyabb hőmérséklete az évi középhőmérséklet körüli. A vizsgálatokkal kapcsolatban megadott alacsonyabb hőfok csak a felszínhez közeli szinten való mintavétel és az alacsony külső hőmérséklet következményének tudható be. A külszínen fakadó karsztforrások hőmérséklete is megközelítően egyezik az évi középhőmérséklettel. A vizsgálatok alkalmával észlelt legmagasabb értékek is még messze alatta maradnak az Alföldünk számos kútja által szolgáltatott víz hőmérsékletének.

A karsztvíz hőmérsékleti viszonyainak részletesebb tanulmányozása során kívánatos volna a bármely célból a karsztos kőzetbe lemélyített fúrásokban ellenálláshőmérővel az ismert megbízható és gyors eljárásokkal sorozatméréseket végezni. Kétségtelen, hogy azilyen mérések — főleg a termikus egyensúlyi állapot megbontása útján — az egyes fúrt lyukaknak a vetőkkel és tektonikai felületekkel való metszéspontját már a mélyfúrás üzeme alatt vagy annak végeztével könnyen észlelhetővé tehetnék, és ezzel is nagyban hozzájárulnának a folyamatba tett részletes felvételek adatszolgáltatásához.

Hőmérsékleti vonatkozásban is megállapíthatjuk, hogy a karsztvíz nyers állapotában is alkalmas ivásra. A víznek a felhasználás helyére való elvezetése alatt beálló lehülés tovább fokozná ez irányú alkalmasságát.

Vegyi összetétel szempontjából a szénbányászattal kapcsolatban külszínre szivattyúzott karsztvíz határozottan a magas és igen magas keménységű vizek közé sorolandó. Az elemzési adatok szerint az egyes karsztvíz komponensek 12,8 és 48,25 német összkeménységi fokot mutatnak, amely értékek azonban az idő függvényében is lényegesen változnak. A karsztvíz-fiziológiával kapcsolatban e téren is rendszeres vizsgálatok vannak folyamatban s máris számos értékes adattal gazdagították ismereteinket. Így megtudtuk, hogy a karsztvíz nem mozgó öve mutatja a legkisebb töménységet nyilván azért, mert a leszívárgott víz szénsavtartalmát a perkolációs és a folyási övben már leadta. Ebből az következik, hogy a túlzott keménység elkerülése érdekében a mély, nem mozgó öv vizének feltárására és telhasználására kellene törekednünk, ha a karsztvizet ivásra és ipari célra kívánjuk felhasználni. Közismert, hogy több külföldi városban a mi karsztvizeinknél lényegesen keményebb, 50 német keménységi fokot is elérő vizeket használnak ivásra. Ajka környékén a felsőcsingeri ivóvíz-forrás és az úrkúti vízakna vizei a legkedveltebb ivóvizek, jóllehet az előbbi összes keménysége a 36 fokot is meghaladja. Megállapíthatjuk, hogy a bányászatban emelt karsztvíz, melynek rezultáns keménysége pl. a dorogi karsztvíz-elfolyásban mérve 25 német keménységi fok körül van, vegyi összetétel szempontjából ivásra alkalmas, mert az egészségre káros szervetlen vagy szerves anyagokat nem tartalmaz.

Egyes ipari célokra való felhasználás esetében a keménység kétségtelenül hátrányos tulajdonság, mert lágyítást tesz szükségessé, ami a felhasználást megelőzően további költséget jelent.

Karsztforrások esetében gyakori jelenség a csapadékos időszakban vagy azt követően észlelhető megzavarosodás. Ez a jelenség azonban csak a szivárgási és folyási övnek jellemző tulajdonsága. Amennyiben a a bányaterekbe az említett övekből legbetetett iszapot tartalmazó víz jut, akkor ez a nem mozgó öv vizével keveredve ez utóbbit így szennyezi. A különféle eredetű kevert karsztvizet eszerint meg kell szabadítani lebegtetett karsztiszapjától mindaddig, amíg a zavarosodás lehetőségét megfelelő elkülönítéssel ki nem zártuk. A kevert karsztvíz e tisztítására szolgáló eljárás kikísérletezése értesülésem szerint már folyamatban van.

Gazdasági szempontból mindenekelőtt azt kell figyelembe venni, hogy a nagymennyiségű karsztvízemelés szénbányászatunk létfontosságú érdeke, mert a kétségtelenül nagy lépésekkel haladó bányászati gyakorlat mai állása mellett a szenet vízemelés nélkül kibányászni nem lehetne. E víz felhasználását egyéb szempontok mellett az teszi vonzóvá, hogy a vízszerzéssel kapcsolatos költségek megtakaríthatók, mert hiszen azok jelenleg egyedül a bányászatot terhelik. E költségek csak a puszta üzemköltséget tekintve tehát akkor is lényegesek, ha nem számítjuk a víz kutatásával és feltárásával kapcsolatban egyébként elkerülhetetlen beruházást. Csupán a víz szivattyúzásra közvetlenül szolgáló gépi berendezés befektetési költségei törlesztésének figyelembevételével minden 100 m mélységről emelt víz köbmétere kereken ½ KWóra energiát igényel. Ezek a költségek az emelési magassággal és a vízmennyiséggel egyenes arányban nőnek. Azt jelenti ez, hogy a 400 m mélységről való szivattyúzás köbméterenkint 2 KWóra energiát fogyaszt, a vízemelő berendezés korszerű hatásfoka esetén. Ha azonban a való helyzetet vesszük figyelembe és meggondoljuk, hogy a bányászattal kapcsolatban emelt vízmennyiség több kisebbteljesítményű szivattyúegység teljesítményéből adódik össze, akkor a csökkenő hatásfok folytán már 350 m mélység körül adódik a szénbányászat szempontjából még gazdaságos köbméterenkinti 2 KWóra határérték vízköbméterenként. Ez azt jelentené, hogy ha a szénbányászat által szivattyúzandó vizet teljes egészében 350 m-nél nagyobb mélységről kellene a külszínre emelni, ez a szénbányászat szempontjából már nem volna gazdaságos. A való helyzet azonban az, hogy a vízemelés nagy része magasabb szintekről történik és mélyen a nem mozgó öv szintje alatt a hasadékok szűkebb szelvényei a szivattyúzandó víznek csak egy részét, bár a magasabb nyomásviszonyok folytán nem lényegtelen hányadát szolgáltatják.

Mint már az előzőkben láttuk, a nem mozgó öv karsztvizének keménysége lényegesen alacsonyabb, mint a magasabb szintekből emelt karsztvizé. Ivóvíz-ellátás és ipari vízszolgáltatás szempontjából tehát ez a mély karsztvíz felelne meg leginkább a vízzel szemben támasztott követelményeknek. Amenny i-

ben valamely karsztvíz-veszélyes bányaterületen vagy annak közelében nagy vízfogyasztású ipartelep vagy lakótelep létesítését vennénk tervbe, kívánatos volna ezt a nagyobb költséggel szivattyúzható karsztvizet felhasználni. Ez a törekvés azonban nem egyeztethető össze a szénbányászat érdekeivel, csak abban az esetben, ha a nem mozgó öv szintje alatt települt szénvagyon bányászatával kapcsolatos vízemelési költségek bizonyos hányadát a karsztvizet felhasználó ipartelep vagy lakótelep fedezné. A vízemelési költségek e megosztása a szénbányászatra a fokozott vízveszély-elhárítás útján többtermelést, az ipartelepre jobb vízellátást eredményezne.

A bányászati munkák tartama alatt soha vissza nem térő alkalom nyílik a karsztvíz viszonyainak részletes tanulmányozására, és így arra is, hogy az egyes bányamezőkből kitermelhető karsztvíz mennyisége és minősége gondosan meghatároztassék. Így megállapíthatók volnának azok a bányaterek is, amelyekből ipari vagy egyéb célra csak kevéssé alkalmas vizet lehet kitermelni. Ezek a munkálatok és tanulmányok mintegy előmunkálatait képeznék egy vízbányászatnak, amelynek a szénbányászat a helyét átadná, amikor a szénvagyon kimerült, de a vízszükséglet továbbra is fennáll. A karsztvíz-emelésnek ebben a fázisában a vízművet terheli a vízemelést szolgáló bányaterek fenntartása és a víztermeléssel járó minden üzemköltség, még mindég nagy gazdasági előnyt biztosítva a víz kutatásának és feltárási költségeinek megtakarításával.

Karsztvíz-veszélyes területeken való bányanyitással kapcsolatban már a bánya terveinek kidolgozásakor figyelembe kell venni a szivattyúzandó víz hasznosításának lehetőségeit. Szocialista gazdaságban az egyes ipari érdekek koordinálásával ez könnyen megvalósítható. Bár az eddigi tapasztalatok szerint a karsztvíznek a bányamező területéről szivattyúzás útján való távoltartása, szintjének csökkentése nem járt a kívánt gazdasági eredménnyel, mégis bizonyos, hogy nagyobbmérvű vízemelés már a bányászati munkák kezdetétől lényeges könnyítést jelent a bányászatra. Ez a nagyobbmérvű vízemelés azonban már részben a vízmű érdekeinek előmozdítása, lehetőség új ipari- és lakótelepek létesítésére olyan területeken, ahol eddig ilyenekre a vízhiány miatt gondolni sem lehetett.

Kisebb, a bányászattól független vízművek már eddig is létesültek a karsztvízre. Ezek azonban korántsem érhettek el olyan eredményeket, mint amelyek a bányászattal kapcsolatos és már eleve megfelelően méretezett létesítmények útján, a szerzett tapasztalatok alapján, elérhetők lettek volna. Ennek oka főleg a karsztvíz mennyiségével és minőségével szemben kialakult bizalmatlanság, melynek leküzdése ma is tart.

A karsztvíz-tanulmányok további folytatása kétségtelenül elérhetővé fogja tenni azt, hogy a veszélyeztetett bányászat biztonságosabb körülmények között termelhet, a vízbányászat pedig kisebb kockázattal és befektetéssel fogja elérni megkívánt eredményeit.

A KARSZTVÍZ-KUTATÁS GEOFIZIKAI LEHETŐSÉGEI

KÁNTÁS KÁROLY egyetemi magántanár

Ha a karsztvíz-kutatás geofizikai lehetőségeire a külföldi irodalomban példákat keresünk, sajnos, alig találunk valamit. Amit találunk, az is inkább csak gondolatokat ébreszt a kutatóban, mintsem hazai viszonyokra alkalmazható megoldás. A karsztvíz geofizikai felkutatásának lehetőségeivel is úgy vagyunk, mint a többi bányászati, ill. bányakutatási geofizikai problémával. Majdnem minden egyes esetre külön kell az alkalmazható módszert megtalálni. Általánosan használható megoldás és általánosan alkalmazható elv nincs.

A mostani kutatási beszámolók bizonyos mértékig határkő jellegűek. A multban ugyanis ezek a kutatások egyesek kezdeményezésére történtek, ma pedig intézményesen, tudományunk legfelső szerve, a Tudományos Akadémia legteljesebb támogatásával végeztetnek.

A mai beszámolónk alkalmával tekintsünk vissza, mit csinált a mult, s vizsgáljuk, mivel kecsegtet a jövő.

A korábbi hazai karsztvíz-kutatásokról öt alapvető beszámoló készült. Ezek közül négy a dorogi karsztvíz geofizikai kimutathatóságának a kérdésével s a Dorog környékén végzett geofizikai mérések kiértékelésével foglalkozik. Ez az öt alapvető terv:

1. *Pekár Dezső:* Földalatti vetődések kimutatása torziós ingával. (Math. és Term. Tud. Értesítő XXXIX. köt.)

2. *Pekár Dezső:* Földalatti üregek kimutatása Eötvös torziós ingájával. (Math. és Term. Tud. Értesítő LIII. köt.)

3. *Pogány Béla:* Víz kutatására felhasználható geofizikai módszerekről. (Hidrológiai Közlöny. XXI. 7—12. 45—58.)

4. *Vendel Miklós:* Elektromos triászvíz-kutatás Dorogon. (Hidrológiai Közlöny. XXI. 7—12. 59—66.)

5. *Gerő Lóránd, Pogány Béla* és *Vargha Béla:* Szeizmikus mérések Dorogon 1942-ben. (Mat. és Term. Tud. Értesítő. LXI. köt. 1942 1087—1115.)

Az 1. és az 5. munkát felolvasták a Magyar Tudományos Akadémia ülésén is.

Amidőn az eddigi munkálatokról s azok elvégzőiről megemlékezünk, joggal tehetjük fel a kérdést, kik voltak, akik ezekre a már akkor is égető problémákra a kutatók figyelmét felhívták. A választ Pogány Béla fent idézett 5. munkájában találjuk meg. E szerint »a mérést azért határozta el a bánya, mert a dorogi szénmedencében ólálkodó vízveszedelem hervadhatatlan érdemű

előharcosa, dr. Schmidt Sándor vezérigazgató, Vargha Béla előterjesztése alapján — Vendel Miklós tagtársunk által támogatva — hatásos fegyvert sejtett a geofizikai (szeizmikus) mérésekben e veszedelem elleni küzdelemben.«

A karsztvíz-kutatásban is, az egyéb bányászati geofizikai kutatásokhoz hasonlóan két út kínálkozik a kutatóknak:

1. közvetlenül keresni a kérdéses anyagot,

2. közvetve, azaz a geofizikai módszerekkel, olyan struktúrákat felkutatni, amelyek a kérdéses anyag előfordulására jellemzőek, kedvezőek.

A közvetlen geofizikai kutatás módszerei mind azon alapulnak, hogy a keresett anyag valamilyen fizikai sajátsága, illetőleg annak mérőszáma különbözik a keresett anyag környezete ugyanazon fizikai sajátságának mérőszámától.

A vízkutatásban az ilyen közvetlen módszerek majdnem egyedül az elektromos módszerek. Ezeknek használhatósága abban rejlik, hogy a víznek ión tartalmánál fogva tág határok között, esetenként igen jó a képessége a környező kőzetek vezetőképességéhez képest, és így eltorzítja a talajban létesített elektromos, vagy elektromágneses erőtereket, ahhoz az erőtérhez képest, amely homogén altalajban előállna. Ugyanez vonatkozik a dielektromos állandóra is. Az így létesülő torzítások a felszínen is megnyilvánulnak és mérhetők. A torzításoknak a felszínen (vagy egyáltalában távolban) való megnyilvánulásai annál erőteljesebbek, annál könnyebben mérhetők, minél nagyobb a vezető képességben vagy a dielektromos állandóban való eltérés a víz és környezete között, vagyis minél nagyobb az így létesített torzítás, és minél csekélyebb annak mélysége (minél közelebb van az észlelési helyhez).

A közvetett kutatás abban áll, hogy geofizikai eszközökkel olyan geológiai struktúrákat mutatunk ki, melyek a keresett anyag előfordulására jellemzőek, kedvezőek.

Karsztvíz-kutatásnál a törések, repedések, vetők kimutatása a fontos, ugyanis a karsztvíz ezek mentén törhet fel.

Vetők kimutatására bizonyos körülmények között az elektromos ellenállás módszere is alkalmas, nevezetesen, ha az alapkőzet elektromos ellenállása nagyobb a felsőbb rétegek ellenállásánál, s ha a vető magassága nagy. Ugyancsak alkalmasak a gravitációs módszerek is, sőt ha a terep nem nagyon tagolt, az Eötvös-inga is eredményesen alkalmazható. (1. és 2. dolgozat). Legmegbízhatóbbak erre a célra azonban, mint a gyakorlat mutatja, a szeizmikus mérések.

Közvetlen kutatásra a multban az elektromos ellenállás-mérést alkalmazták, éspedig a Wenner-féle elektróda elrendezésében. Amint Pogány Béla idézett 3. dolgozatából kiderül, a jó vezető vizes rétegek szépen kimutathatók, azonban a vetők mentén felszökő, néha csak néhány centiméter vastagságú vízréteg nem. Már maga Pogány is rámutat arra, hogy a Wenner-féle eljárás mellett a Schlumberger-módszer alkalmasabb volna részletek kimutatására. Egész határozottsággal Vendel Miklós tett javaslatot idézett 4. munkájában a Schlumberger-féle módszerrel végzendő mérésekre. Ezek a mérések azonban

a mérésekhez szükséges igen érzékeny galvanométerek hiányában nem voltak megvalósíthatók.

Közvetett kutatásra — a vetők kimutatására — az Eötvös-ingát alkalmazták, azonkívül Pogány Béla és munkaközössége a szeizmikus méréseket. Ez utóbbiakat Vargha Béla és Vendel Miklós javaslatára határozta el a dorogi bánya vezetősége. A mérések eredményéről az idézett 5. munka így számol be: »Összefoglalva azt jelenthetjük, hogy a reflexiós szeizmikus módszer a triász mészkő felületének kitapogatása és a vetők helyének és nagyságának megállapítása szempontjából a hozzáfűzött reményeket nagyon szépen beváltotta, sőt azonfelül közvetlenül a szén vonulását is mutatja.« Meg kell jegyeznünk, hogy ezek a szeizmikus mérések azokkal az eszközökkel készültek, melyeket Pogány Béla 1936—37-ben konstruált a Geofizikai Intézet számára. Az eszközöket a Geofizikai Intézet fennhatósága — az iparügyi minisztérium — nevében telegdi Róth Károly bocsátotta rendelkezésre Pogány Bélának és munkatársainak a karsztvíz-probléma megvizsgálására.

Ennyit tett a múlt, s amint látható, eredményei pozitívek voltak.

A felszabadulás után a karsztvíz geofizikai felkutatásának lehetősége újból felmerült. Tárczy-Hornoch Antal 1947-ben létrehozott egy kutató munkaközösséget (Tárczy-Hornoch Antal, Vendel Miklós, Kántás Károly és később Simonyi Károly), mely a karsztvíz geofizikai felkutatásának lehetőségeivel foglalkozik. A Bányászati Kutató Intézet szintén elsőrendű problémájának tartja a karsztvíz-kérdés megoldását. A soproni műegyetemen még Méhes Kálmán foglalkozik a kérdés megoldási lehetőségével és végül a Dunántúli Tudományos Intézet programmján is szerepel e fontos probléma megoldása.

Az újabb kutatások módszerei ugyancsak két csoportra oszthatók: a víz közvetlen felkutatására és a strukturális kutatásokra irányulók.

A Bányászati Kutató Intézet főként Pogány Béla nyomdokain haladva, közvetlen kutatási módszerül az elektromos ellenállás-mérést kívánja alkalmazni (az Akadémia Karsztvíz Bizottsága ülésén elhangzott bejelentés alapján), közvetett — strukturális — kutatásokra a szeizmikus méréseket. A szeizmikus mérések már folyamatban vannak, sőt egyes vidékeken már be is fejeződtek. E mérések szép eredményekkel kecsegtetnek a vetők és törések meghatározására.

Méhes Kálmán új utakon, ultrarezgésekkel kívánja a problémát megoldani. E módszer is közvetett, a vetők helyét jelölné ki.

Tárczy-Hornoch Antal és munkaközössége kutatásait négy irányban folytatja.

1. Elektromágneses hullámokkal való kutató módszerek. E módszerek a víznek az elektromágneses térre gyakorolt torzító hatásán alapulnak. Vizsgálatok vannak folyamatban különböző hullámhosszúságú (rádiófrekvenciás) tartományokban. A kutatások pozitív eredménnyel végződtek a padragi bányában. E módszerrel eldönthető volt az is, hogy egy vető tartalmaz-e vizet vagy sem. Tervbe van véve a kisebb frekvenciák birodalmában is a mérések elvég-

zése. A kutatásokat az nehezíti, hogy az eszközök javarészét külföldről kell beszerezni (hő és nedvességálló alkatrészek). Stabil készülékek építése folyamatban van.

2. Vendel Miklós ajánlatára a Schlumberger-féle ellenállás-módszert e speciális probléma megoldásához alakították; a felszínen is, a bányában is alkalmazható. A terepmunka a külföldről rendelt Picard-galvanométerek megérkezése után haladéktalanul megkezdhető.

3. Kántás Károly javaslatára vizsgálja a munkaközösség, hogy a karsztvíz lassú mozgása következtében milyen nagyságú elektromos áram lép fel (áramlási potenciál), s ez a földi áramoknál ismert és használt módszerekkel kimutatható-e?

4. Tárczy-Hornoch Antal javaslatára a kutatás kiterjed — a bányában vízszintes és egyéb irányú reflexiókkal — a vető helyének és irányának meghatározására szolgáló szeizmikus módszerre.

A soproni kutató munkaközösség tehát kutatásainak javarészét a közvetlen hatások meghatározására, a szeizmikus mérést pedig egész speciálisan új beállításban strukturális kutatásokra kívánja használni.

Amint az elmondottakból látható, a kutatási lehetőségek főként az elektromos és szeizmikus mérések terére szorítkoznak, speciális problémák megoldhatók azonban, a gravitációs mérésekkel is.

A kutatások még jórészt az előkészítés stádiumában vannak, de nem is várható azonnali megoldás ilyen hatalmas problémánál. Részleteredmények máris vannak, s ez serkenti a kutatókat további munkára.

A mostani kutatásokat a régiekkel összehasonlítva azt láthatjuk, hogy a multban e téren csak egyes kutatók dolgoztak, inkább a probléma iránti szeretetből, ma intézetek és munkaközösségek dolgoznak — nem kisebb hévvel és szeretettel a kutató munka iránt, de ezenfelül — Akadémiánk bőséges anyagi támogatásával. Így a tudás, a munkaszeretet anyagiakkal párosulva bízvást meghozza e kutatások terén is a bőséges eredményt.

A HAZAI ÉRCEK FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI

SZELE MIHÁLY vaskohómérnök

előadása az 1950. november 29-i osztályülésen

Hazánk ásványi eredetű nyersanyagainak felkutatása és feltárása fontos és időszerű. Az elmúlt rendszerben ezt a kutatást financiális, tőkés elgondolásokból irányították és igen sok esetben olyan értelemben kezelték, ahogy azt a mindenkori üzleti érdekek megkövetelték. Országunk minden kincsének hasznosítása elsőrendű feladat, ezért a kutatásnak is egész más szempontok szerint kell történnie, mint a múltban.

Feldolgozó iparunk szükségleteit a rendelkezésre álló nyersanyagok mennyiségéhez viszonyítva, szegénységünk ásványi anyagokban közismert. Sokan abban a tévedésben vannak, hogy a feldolgozó ipar létezése csak akkor jogosult, ha megfelelő minőségű nyersanyagbázisokkal rendelkezik és ezek a nyersanyagok elegendő mennyiségben állnak rendelkezésre. Természetesen ez a felfogás inkább a multé és ezért elvetendő. Ha nyersanyagaink korlátolt számban állnak is rendelkezésre, feladatunk az, hogy azokat megfelelő előkészítés útján az ipar részére használhatóvá tegyük és ezzel saját kincsünket a termelés szolgálatába állítsuk. Sok olyan ipari országot ismerünk, amely ugyancsak szűkében van egyik vagy másik nyersanyagnak és mégis fejleszti iparát. Erre vonatkozólag érdemes felemlíteni az összefüggéseket, amelyek a külföldi anyagoktól való függést szemléltetik más országokban.

Jelenleg elsősorban a vasiparral foglalkozunk. Nagyon jól tudjuk, hogy a Szovjetunió kivételével a legtöbb nyersanyag az országok zömében nem áll kellő mennyiségben rendelkezésre. Csehszlovákia és Lengyelország pl. szénnel rendelkezik, de ércekben Csehszlovákia és Lengyelország is behozatalra szorul. Ha más országokat veszünk figyelembe, a következő képet látjuk : a Saar-vidék 100%-ban, Belgium és Hollandia, Anglia 45%-ban, Luxemburg pedig 50%-ban függ a külföldi bázisoktól. Magyarország jelenlegi és jövő helyzete a külföldi függés tekintetében ezekbe a számokba illeszkedik bele. Csehszlovákia és Lengyelország jobb helyzetben van, mint Magyarország,. Emellett meg kell jegyezni, hogy a lengyel ércek vas-szegények, a cseh érceknek pedig csak kb. fele tekinthető dúsabb ércnek, nagyobb részük igen alacsony vastartalmú érc. De a Szovjetunióban is elismerték azt az elvet, hogy az ércvagyonnál a geológiai előfordulás és helyzet következtében figyelembe kell venni a kisebb vastartalmú érceket is, és már az 1946—50. évi ötéves terv elsőrendű feladatul tűzte a szakemberek elé ezeknek a sovány érceknek dúsítását és kohászati célra alkalmassá tételét. Ezzel kapcsolatosak azok a kísérletek, amelyeket a Szovjetunió a saját érckészletében igen jelentős mennyiségben rendelkezésre álló úgy-

nevezett savanyú ércek előkészítésére elindított. Ezek a kísérletek nem csupán az érc mechanikus előkészítésére vonatkoztak, hanem az ércek összetételi dúsítására is. Természetesen az, amit a Szovjetunió gyenge ércnek nevez, az a mi viszonyaink között már félig-meddig dús ércnek tekinthető. Példa erre a krivojrogi előfordulás alsó telepe, amely 35—40% *Fe* tartalmú kvarcitból áll. Hasonló ércek fordulnak elő a kurszki mágneses területen is. Itt kb. kétharmad mennyiségben állnak 35%-os ércek megfelelő nagytömegű kvarcittal keverve rendelkezésre. Ha már most az ércek felhasználásáról és azok feldolgozásáról szólunk, akkor két irányban kell haladnunk: egyfelől az ércek mechanikus előkészítéséről, másrészt a gyenge ércek megfelelő berendezésekben való dúsításáról, vagyis fémtartalmuknak azon határ felé növeléséről kell beszélnünk, amelyen a nagyolvasztó munkája abszolút mértékben gazdaságosnak tekinthető. Az ércek mechanikus előkészítésén nem csupán azok osztályozását kell érteni, hanem a szemnagyság szerinti osztályozáson kívül egyrészt azok átalakítását darabos formába, másrészt a darabosított anyag vasban való dúsítását is. A két főeljárás egymásba kapcsolódik, és sok esetben egymástól el sem választható. Általánosságban véve az ércek mechanikus előkészítése a következő alapelvek szerint történik:

A 0-tól 350 mm szemnagyságig terjedő nyersércet 80 mm szemnagyság alá törik, azután két fajtára osztályozzák. Ezek közül az egyik fajta 30—80 mm szemnagyságú, és közvetlenül a nagyolvasztóban kerül felhasználásra, a másik rész agglomerálásra, illetőleg újból osztályozásra kerülhet. A 0—10 mm közötti szemnagyság modern nagyolvasztó telepeken minden körülmények között agglomerálóba, a 10—30 mm közötti szemnagyság nyersen nagyolvasztóba, vagy, amennyiben szükség van rá, kiegyenlítőkbe kerül. Ezt a fenti rendszert fogadta el a Szovjetunió is azzal a kiegészítéssel, hogy újabban az összes ércfajták törés után kiegyenlítőkbe és keverőkbe jutnak, és csaknem az egész ércmennyiség agglomerálásra kerül. Ez utóbbi eljárást különösen akkor alkalmazzák, ha az ércfajták zöme apró szemnagyságú vagy hajlamos a porosodásra. Az ércosztályozás kiegészítő részei az úgynevezett kiegyenlítő eljárások, amelyek egyrészt az ércek természetes összetételi változásait egyenlítik ki, másrészt az elegyet már a kiegyenlítésnél megfelelő módon állítják össze. Ennek lényege az, hogy a kohóművekhez befutó összes ércet kisebb szemnagyságra törik, és az így összetört ércet vízszintes rétegekben halmozzák fel már az elegy összetételének megfelelő százalékos arányban. Ezekből a rakásokból az elvétel függőleges szelvényekben történik. Ezáltal az elegyben való kiegyenlítődés teljes mértékben megtörténik, és a nagyolvasztó adagjának egyenletes összetétele biztosítva van. Ennek a kiegyenlítő eljárásnak a kiegészítése az ércdarabosítás is. Az egyenlősítés annál tökéletesebb, minél apróbb szemnagyságú az érc. Ennek természetesen követelménye az, hogy az egyenlősítés után az elegynek teljes darabosítása következzék. Az eljárás létjogosultságát alátámasztják azok a kísérletek, amelyeket a Szovjetunióban, valamint Svédországban végeztek. Ezeknél a kísérle-

teknél a nagyolvasztóba adagolt ércelegyet 90—96% mennyiségben tömörítésnek, agglomerálásnak vetik alá. A svédeknél Domnarvfétban alkalmazott eljárás szerint az érceket mind darabosításnak vetik alá. Így sikerült elérni azt a hihetetlenül alacsony kokszfogyasztást (650—700 kg/1 tonna termelés), amely a nagyolvasztó üzemében szinte szokatlannak látszik. A fejlődés útja erre vezet akkor is, ha az ércek fémtartalma sokkal alacsonyabb, mint a Svédországban alkalmazotté. Meg kell említenem e helyen, hogy a magyar kohóművek 1949-ig semmilyen érctömörítő (agglomeráló) berendezssel nem rendelkeztek. Ez természetesen befolyásolta nemcsak a hazai ércek gazdaságos felhasználását, hanem a kohóművek munkáját is. A már felépített tömörítő művek szemmelláthatóan megváltoztatták kohóműveink technológiáját és eredményeit. A jövőben erősen bővítendő tömörítő műveknek az ércek gazdaságos felhasználásában, az ércek szükséges előkészítésében van nagy jelentőségük.

Ha most már az ércek osztályozásának gazdasági következményeit vesszük szemügyre, a rendelkezésre álló adatok a következő számokat adják: Egyenletes ércösszetétel mellett a nagyolvasztó termelése 4—5%-kal növekszik, kokszfogyasztása 2—3%-kal csökken. Ha viszont a 45%-ra megyünk fel a tömörített ércek arányával, akkor a kokszfogyasztás 16%-ig terjedően csökken, a nagyolvasztó termelése pedig legalább 10%-kal nő. Minden 10% 5 mm alatti szemnagyságú érc a betétben 3%-kal csökkenti a termelést, és ugyanannyival növeli a kokszfogyasztást. Mindezek a meggondolások megerősítik azt az elvet, hogy a kohászat korszerűsítésének és az észszerű gyártásnak elengedhetetlen kelléke az ércek megfelelő mechanikai előkészítése. Ehhez még hozzá kell fűznünk, hogy világviszonylatban az ércek fémtartalma egyre csökkenő irányzatot mutat, és előbb-utóbb rá kell térni az úgynevezett gyengébb ércek általános használatára is. Itt példaképül újra a Szovjetuniót kell felhoznom. Bargyin professzor ismeretes könyve a vaskohászat szerepéről a legújabb ötéves tervben különös hangsúllyal mutat rá, hogy a Szovjetunió fémben gazdag érceinek az a mennyisége, amelyeket dúsításnak vagy agglomerálásnak alávetni nem szükséges, az egész érckészlet kisebb részét teszi ki. Ezért figyelmeztet Bargyin professzor arra, hogy a szovjet vaskohászat egyik legfontosabb kérdése az ércek dúsítása és kiegyenlítő alkalmazása.

A másik igen fontos eljárás, az ércek minőségi összetételének megváltoztatása, összefügg az előbb elmondottakkal. Dúsító eljárásként leginkább az ércek mosása ismeretes. A dúsító eljárások tökéletesítése még világviszonylatban is szükséges. Az úsztatáson és ércmosáson kívüli dúsítások kevésbbé ismeretesek, és csupán a legújabb időben fejlődtek annyira, hogy egyik-másik országban nagyiparszerűen foglalkoznak velük. Mégis, mint látni fogjuk, a különleges magyar viszonyok szükségessé teszik ennek a kérdésnek a vizsgálatát, mert így vagy értékes melléktermék kinyerésére számíthatunk, vagy az érc káros alkatrészeit kell eltávolítanunk. A fentiek előrebocsájtása után az általános

szempontok figyelembevételével rátérek hazai érceink különleges helyzetére és azok feldolgozási lehetőségeinek tárgyalására.

Érceink, mint Schmidt Eligius Róbert megállapítja, kisebb szóródástól eltekintve az országot délnyugat északkelet irányban harántoló súlyvonal mentén helyezkednek el. Itt helyezkednek el egyéb ásványi kincseink is, valamint az energiabázisunkat alkotó szénvagyonunk legjelentősebb tömege. Ez a súlyvonal nyilvánvalóan összefügg azokkal az erőkkel, amelyek az ország részét érték az alpesi hegyképződés alkalmával. Feltehető, hogy ezek az eruptív erők csak azokat az érceket és egyéb ásványi kincseket hozták felszínre, amelyekről jelenleg tudomásunk van, és éppen ezért azokból az eredményekből ítélve, amelyek a vaskohászatnak a jelenlegi ércvagyont nyújtják, az országot nem tarthatjuk teljes mértékben felkutatottnak. Szorosan vett vasérceket nagy mennyiségben ennek az átlós vonalnak az északkeleti nyúlványánál találhatunk. Elszórtan egyéb helyeken is, igen kis mennyiségben. Ilyen a tengelyvonal elgyűrődését képező Mecsekhegységi bauxit és elszórt vaselőfordulás. Mangánércünk és bauxitunk nagy része mégis a tengelyvonal mentén helyezkedik el. A dunántúli bauxitnak azt a részét, amely vasban dúsabb, vasércnek tekintjük, a bakonyi, halimbai és gánti előfordulás vasra való hasznosítása elképzelhető, de valószínűleg nem választható el az alumíniumgyártás ismeretes folyamataitól. Bár a Finkey—Szarvasi féle kísérletek laboratóriumi méretben eredményesek voltak, az előkészítés mai állása mellett ezeket egyenlőre mégsem tekinthetjük vasércnek, mert az előkészítés igen drága berendezéseket és egyenlőre iparilag nem hasznosítható eredményeket mutat. A készletek tekintetében ugyancsak igen eltérőek a vélemények, de jelentős eltéréseket mutat a gyakorlat is, mert az úgynevezett pizolitos bauxitok összetétele a gyakorlatban igen hátrányosan változatos. Ha ezekből a gyakor-latban egyre-másra felmerülő eredményekből kell ítélni, akkor ez a bauxitféleség sem tekinthető olyan ércfajtának, melyre kohómű folyamatos és biztos gyártását alapítani lehetne.

Legjelentősebb vasércelőfordulásunk a rudabányai. Ez eredetileg sziderit-előfordulás. Ennek felső része a légköri hatások következtében főleg limonittá alakul át. Jelenleg az érctermelés kb. 65%-a limonit 15%-os ankerit takaró alatt, a mélységből pedig 20% pátérccel kell számolni. Ez a 15—65—20%-os arány a folyamatos művelésnél egyre inkább a pátvasérc javára változik. Jelenleg csak 20% pátvasércet nyerünk, de ez a mennyiség már az ötéves terv távlatában is jelentősre, az 1950-es évek végére pedig legalább 45%-ra nő. Ha azt is tekintetbe vesszük, hogy a felszíni limonit az egész termeléshez viszonyítva állandóan csökken, akkor egyre inkább előtérbe lép a pátvasérc feldolgozásának jelentősége. Rudabánya környékét még nem tárták fel teljesen. Feltehető, hogy magának az előfordulásnak valamilyen összefüggése van a Szepes-Gömöri érchegység nagyobb mennyiségű ércelőfordulásával, hiszen még az alaphegység sem ismeretes ezen a vidéken, és szükség volna arra, hogy ezt erőteljesebben és a mélység felé is feltárják. A rudabányai termelés, melyet kb. 1880-ban

indítottak meg, már inkább a mélység felé halad, az eddig kitermelt mennyiséget kb. 20 millió tonnára becsülhetjük. Geológusainkra, kutatóinkra itt nagy feladat vár, hogy a rudabányai korlátozott mennyiséget bővítsék, és kohászatunknak újabb bázist termtsenek.

A Bükkben levő szarvaskői titánvaskő kohósítási problémája egyáltalában nem tekinthető megoldottnak, sőt igen nehéz kérdéseket vet fel, mennyisége oly kicsi, hogy vasércnek nem tekinthető. A Tiszántúlon Nagyléta, Bagamér környékén található gyepvasércet egyáltalában nem érdemes kiaknázni. Az érc ugyanis nagy területen erecskék és vízfolyások medréhez kötött. Az érc nem tömör előfordulás formájában jelentkezik, hanem földes, agyagos kőzetekben, gumók formájában. Az erősen szétszórt település kihasználása minden valószínűség szerint nem hajtható végre, bár ezt igen sok esetben vitatták.

Az Eperjes-Tokaji vonulat déli részén helyenként fellelhető, erősen kovasavas érc egyelőre összefüggéstelen települést mutat. Az összefüggéstelenség a felhasználást igen kétségessé teszi, az eddig megbecsült mennyiség pedig oly kicsiny, hogy az előfordulás helyzetéhez képest kiaknázása alig kecsegtet valami eredménnyel. Amennyiben geológusaink ezt a területet még tovább is kutatási programmjukban tartják, reméljük, hogy az eddigi elszórt mennyiségekhez jelentékenyebb mennyiség és jobb minőség járul. Meg kell emlékeznünk a Pécs környéki előfordulásról, amely bázikus alapú, 32—36%-os vastartalmú ércet eredményezett. Ennek a mennyisége is igen korlátozott, bár tiszta barnavasércről van szó, amelyet különleges kezelésnek, dúsításnak alávetni nem szükséges. Vasércnyomok találhatók még a Mecsek más részén, Ezeknek felkutatása a geológiai programmhoz tartozik. Megemlítendők még a Bükk-hegység északnyugati és északi nyúlványaiban Uppony környékén levő előfordulások. Ez a régebbi bükki kohászat vasércbázisa volt, de feltevés szerint mind lencsés előfordulásúak, tehát kiterjedtebb ércvagyonra nem engednek következtetni. Mangánérc előfordulásainkat előadásom későbbi részében fogom tárgyalni.

Az ércek előkészítését tekintve, elsősorban a rudabányai ércek azok, amelyeket előkészítés alá kell venni, részint változó összetételük, részint eltérő sajátosságaik miatt. Mint az előbbiekben említettem, az ércelőfordulás és annak művelése, a súlypontot egyre jobban a pátérc felé viszi. A vonatkozó elosztást már előbb közöltem. Ha az érceket fajtáik szerint jellemezzük, akkor határozottan meg kell állapítani, hogy a barnavasércnél a művelés egyre inkább a gyengébb minőségek felé tart. A régebbi időben ugyanis még számolhattak a kohóművek 30%-ot jóval meghaladó *Fe* tartalommal, ez a szám azonban az utóbbi években egyre jobban csökken. Az érc savanyú jellegű, tehát kovasav tartalma jóval nagyobb, mint a bázikus összetevők mennyisége. Ha a baritot nem számítjuk, lényegében ez a jellege a pátércnek is. Tekintettel azonban arra, hogy a barnavasérc a bányánál elkülönítve termelhető, ezen ércfajta előkészítésénél esetleg figyelembe vehető a mágneses dúsítás is úgy, amint azt a rudabányai pátnál is végre lehet hajtani. Kérdés azonban, hogy ha dúsítjuk az érceket,

nem lehetne-e a barnavasércet a pátérccel együtt, sőt esetleg az ankeritet is figyelembe véve, együttesen dúsítási eljárás alá venni. A legegyszerűbb esetet feltételezve, elkülönítve kezelnénk az egyes ércfajtákat. Ez esetben a barnavasércnél a zúzás jöhet számításba, utána következő osztályozással és az apró érc tömörítésével. Sajnos fel kell tételezni azt is, hogy a bányászatnál nyert apró érc nem teljesen azonos összetételű a darabossal, ezért itt is szükség lesz egyenlősítő berendezés létesítésére. A barnavasérc azonban egyenlősítés után viszonylag jó ércnek mondható, mert sem vastartalma, sem a kísérő alkatrészek tartalma nem változik benne oly nagy mértékben, mint a másik két fajtánál. Amennyiben mégis dúsításra kerülne, a dúsítást a pátvasércnél tárgyalandó módon, esetleg azzal együtt kellene elvégezni.

A rudabányai pátvasérc egyik leghátrányosabb tulajdonsága, hogy vastartalma és barittartalma erősen ingadozik. A barit ugyanis kísérő kőzetként hol nagyobb, hol kisebb mennyiségben kapcsolódik a páthoz, és éppen ez a változó barittartalom okozza a nehézségeket a kohósításnál. Ha tehát a pátvasércet dúsításnak nem vetnők alá, akkor feltétlenül egyenlősíteni kellene, hogy az egyenlőtlenség a kohóműveket ne zavarja, és a bárium kellemetlen hatása a lehetőségig kiküszöböltessék. A barit maga kéntartalma miatt is súlyos gondot okoz, ha eltekintünk is a *BaO* nem teljes értékű bázisjellegétől. Régebben ugyanis, különösen abban az esetben, ha a nagyolvasztók nagyobb mennyiségű baritos ércet dolgoztak fel, a salakvezetés soha sem volt nyugodt, és a báriumoxidot az erősen ingadozó jelleg miatt rossz salakképzőnek tüntették fel. Ez a vélemény azonban nem teljesen helytálló, mert a salak egyenlőtlenségeit valószínűleg más, egyéb rokon alkatrészek okozták. A rudabányai páttal végzett pörkölési kísérletek alkalmával kitűnt, hogy a barit igen magas hőmérsékleten bomlik el, és alakul át báriumoxiddá, amely ilyen alakban már határozottabb bázisnak tekinthető, legalább is annyira, mint a *MgO*. Ezért nem vezettek eredményre a rozsnyói pátvasérceknél alkalmazott egyszerű pörkölő eljárások, mert a barit bontását nem tudták végrehajtani. Viszont azok a kísérletek, amelyek a pátvasérc agglomeráló pörkölésére irányultak, ennél sokkal jobb és használhatóbb eredményeket szolgáltattak. Itt ugyanis a hőmérséklet oly magasra emelkedik, hogy a barit a fentebb jelzett módon valóban felbomlik. Ezért állították egy időben, hogy a rudabányai pátok egyetlen előkészítési módja az agglomeráló pörkölés. Vécsey Bélának a Finkey-féle kísérletek alapján végzett kísérletei a fentiektől eltérő úton haladnak. Ezek a baritot nem is bontják el, mert a hőmérséklet nem emelkedik a szükséges bontási hőmérsékletre, másrészt a barit nyerése népgazdaságunk részére előnyt is jelenthet. Vegyiparunk ugyanis a baritot előnyösen használhatja fel különböző célokra. Vécsey Béla kísérletei a Vasipari Kutató Intézetben forgódobos kemencékben alacsony hőfokú pörkölést alkalmaznak. Így az érc vastartalma mágnesezhetővé válik. Pörkölés után a mágneses részt a meddőtől mágneses szeparátoron elválasztják. A barit legnagyobb része elválasztható, mert a kísérletek tanusága szerint

főleg a meddőben, tehát a nem mágneses részben marad. Az eljárás maga nemcsak a barit elválasztását célozza, hanem azáltal, hogy a vashoz közvetlenül nem kötött meddő részt a vastartalmútól elválasztja, egyúttal az ércet is dúsítja. A jó elválasztáshoz szükséges azonban, hogy az érc minél apróbb szemnagyságú legyen, hogy ezáltal a mágneses pörkölés hatása teljesen érvényesüljön. Ez tehát megköveteli, hogy az ércet minél apróbb szemnagyságúra zúzzuk, és a pörkölést, valamint a mágnesezést követően darabosításnak vessük alá. Ez az a pont a rudabányai pátérc előkészítésénél, ahol a régibb eljárás az újabb előkészítési iránnyal találkozik : az ércet ugyanis teljes egészében zúzzuk, egyenlősítjük és utána vetjük alá a dúsítási eljárásnak. Az eljárás különösen hangoztatandó lényege, hogy a vasérc dúsítása mellett baritot is nyerjünk, és így értékes melléktermény szolgáltatunk a vegyiparnak. Népgazdaságunknak érdeke, hogy saját érckincsünket a legjobban felhasználjuk, és egyúttal kohászatunknak is dúsított tartalmú ércet szolgáltassunk. Ebből a szempontból az az eljárás is szóba jöhet, hogy a rudabányai ércek közül a barnavasércet és a pátércet már eleve keverten egyenlősítsük és dúsítsuk. A dúsításnak természetesen a bányánál kellene történnie, hogy felesleges mennyiségű meddő anyagot ne szállítsunk, viszont a darabosítást az egyéb ércek, valamint az ércpótló hozzákeverése miatt a kohótelepen kell végezni. Jövő terveink ennek végrehajtását tűzték ki célul, csupán az az elv nem tisztázott még, hogy az érceket mágneses pörkölés előtt keverjük-e. Az egyenlősítésnek azonban meg kellene történnie egyrészt a kohósítás egyszerűbbé tétele, másrészt a mágneses pörkölés egyenletessége érdekében. A vázolt előkészítés hátránya, hogy igen nagy berendezést kíván és üzeme az ércek árát is megnöveli. A vonatkozó gazdasági számítások nem állnak rendelkezésre, de félő, hogy a melléktermékül nyert barit értéke távolról sem egyenlíti ki az előkészítés költségét.

Az érctelep fedőrétege a harmadik rudabányai kőzet, az ankerit. Mennyisége az érctermelés növekedésével természetesen csökken. Lényegében az ankerit vasdús mészkőnek tekinthető, sajnos azzal a hátrányos tulajdonsággal, hogy vastartalma és mésztartalma is igen erősen ingadozik. Mészkőpótlóként felhasználva változó mésztartalma miatt feltétlenül egyenlősítésre szorul. Ez azért szükséges, mert vastartalmát anélkül kívánjuk hasznosítani, hogy az ingadozó mész és egyéb tartalom a nagyolvasztó salakvezetését károsan befolyásolja. Itt tehát az a teendőnk, hogy az ankeritet 30—50 mm közti szemnagyságra törjük össze, és a fentebb vázolt egyenlősítő eljárással egyenlősítsük. Az egyenlősítő berendezés drágább voltát azonban éppen a vastartalom indokolja, amit nem szabad veszni hagyni. Feltétlenül fel kell használni. Szóbakerült annak lehetősége is, hogy az ankeritet úgy dolgozzák be a kohóművek a tömörítő elegybe, hogy az utóbbinak kalciumoxid tartalmát az ankerittel szabályozva önjáró elegyet állítsanak elő. Ebből a szempontból azonban az ankerit mennyiség a jövőbeni teljes szükségletet fedezni előreláthatólag nem tudja. De ez esetben is szükség van az ankerit kiegyenlítésére, mert csak kiegyen-

lített anyag lehet az elegykészítés alapja. Mindaz, amit a fentiekben a rudabányai ércekről elmondottam, vonatkoznak a Martonyi-környéki ércekre is, beleértve a tornaszentandrási ankeritet is.

A rudabányai előforduláson kívül fel kell említeni a Fóny — Regéc környéki elszórt település erősen kovasavas ércét is. Bár mennyisége igen csekély, de a rudabányai ércektől eltérő, magas, 35% kovasavtartalma, valamint az esetleg felkutatandó további ércmennyiség feltevés szerinti azonossága említést érdemel. Ezek az ércféleségek, amennyiben nagyobb mennyiség kerülne felkutatásra, mágneses dúsítással is értékesíthetők, de feldolgozhatók a Krupp—Renn eljárás szerint is. A csehszlovák példa ugyanis azt mutatja, hogy ezzel az eljárással csakis savanyú ércek hasznosíthatók, mint a középcsehországi chamositok és egyéb savanyú ércfajták. Ez esetben az acélgyártásban esetleg ócskavas helyett is felhasználható a Krupp—Renn eljárás terméke. Tudomásom szerint a kutatás folyamatban van, azonban addig, ameddig nagyobb ércmennyiségek felszínre nem kerülnek, a hasznosításról beszélni nem lehet, márcsak azért sem, mert ezek a lelőhelyek a vasútvonaltól igen messze feküsznek, és a kis mennyiség megközelítése igen nagy áldozatokat követel. A bagaméri mocsárércről bevezetőmben már megemlékeztem. Dúsításról itt már csak azért sem lehet szó, mert az ércelőfordulás felületileg igen nagy kiterjedésű, de a nyerhető mennyiség igen kevés. Schmidt Eligius megállapítása szerint az érc gumók formájában fordul elő, vastagsága erősen változik és az egy métert ritkán haladja meg. Ha még figyelembe vesszük, hogy *Fe* tartalma átlagban 20%, bizonyos, hogy kiaknázása nem lehet gazdaságos. Előkészítésével ezért nem szükséges foglalkoznunk.

A vasérceknél talán jóval nagyobb jelentőségű mangánérc kincsünk. Európa, a Szovjetunión kívül, általában nem rendelkezik mangánérc előfordulásokkal. A Szovjetunió gazdag mangánérc előfordulásai után, a távolabbi indiai stb. előfordulásokat nem számítva, a magyar mangánércelőfordulás az egyik legjelentősebb. Az úrkúti telep gazdagsága teljes mértékben még nincsen feltárva, de remélhető, hogy mennyisége még a fokozottabb bányászat mellett is hosszú időre fedezi az ország szükségletét, ha azt teljes egészében az országban hasznosítják. Az érc agyagos beágyazásban fordul elő, behintések és tömbök formájában. Ennek megfelelően feltétlenül mosni kell, mert a rétegek mangán tartalma 16—33%, és ebben a formájukban közvetlenül nem kohósíthatók. Az ércet ellenáram rendszerű, Excelsior-típusú mosógépen mossák. A mosás eredménye kb. 30—34% mosott érc, kb. 20% meddő, kb. 10% homok, a többi iszap. A homok mangántartalma 20% felett van, az iszapé 20% alatt. A mosott érc mangántartalma 38—40%, vastartalma pedig 7—10% között változik. Bár a homok és az iszap még meglehetősen sok mangánt tartalmaz, és ezek hasznosítása folyamatban van, a mosás jelenlegi eredménye még semmi körülmények között sem tekinthető kielégítőnek és korszerűnek. Ezt felismerve a bánya lépéseket tett megfelelő mosási eljárás kidolgozására, és a meddő, vala-

mint iszapos részből még nyerhető mangántartalom gazdaságos kiválasztásának kikísérletezésére. Az iszap ugyanis, különösen jelenlegi állapotában, igen nehezen kezelhető anyag, és ez a nehéz kezelés korlátozza a felhasználást. Feltehető, hogy a mangániszapból még jobban frakcionált mosás segítségével kiválasztható a mangántartalom, illetve elkülöníthető az agyagos részektől. Ezzel a kohósítás lehetősége is sokkal előnyösebben alakulhat.

Az érc, amely mosás után felhasználásra kerül, nagyobb részben apró szemnagyságú. A 2,5 mm alatti szemnagyságú érc aránya gyakorlatilag 50%-ra tehető. Bár a nagyolvasztóban végzett kohósítás ferromangánra igen jó eredményeket adott az eddigi mechanikai összetétel mellett is, mégis sokkal gazdaságosabb volna, ha darabosítását valamilyen eljárással megoldhatnók. A ferromangán gyártására ugyanis más ércekkel nem keverhető, mert ezáltal a mangántartalom csökkenne, és ezért a termelt ferromangán mangántartalma sem volna elég magas. Ez utóbbi körülmény viszont az acélgyártási hasznosítást is befolyásolná. Rendes agglomerálási eljárás tiszta mangánérc esetében eddig még nem adott kielégítő eredményt, de lehetséges, hogy a megindítandó tüzetes vizsgálatok a tűzi darabosítás vagy a brikettező darabosítás terén eredményre vezetnek. Ez pedig jelentős abból a szempontból is, hogy jövő terveinkben az úrkúti mangánkincset teljes egészében fel akarjuk ferromangán céljára dolgozni. Az acélnyersvas gyártásánál szükséges mangánmennyiség a mangánhomok és mangániszap hasznosítása révén előreláthatólag kielégíthető lesz olyképpen, hogy a mangániszap és a homok az egyébként is darabosításra kerülő egyéb ércekhez való keveréssel vihető az elegybe, és már az ércelegy mangántartalma feldúsítható az acélnyersvas gyártásához szükséges mennyiségre.

Másik mangánelőfordulásunk az eplényi. Ez ugyancsak aprószemű, agyagbeágyazásos, mangántartalma kb. 8% vastartalom mellett 26—30% közt ingadozik. Ez az előfordulás, hacsak újabb fúrások újabb leletekre nem vezetnek, korlátozott, és valószínű, hogy a jelenlegi előfordulás az első ötéves tervben ki is merül.

Várakozással figyeljük a hevesmegyei Demjén község körüli előfordulást, amely igen változó, 8%-tól 23%-ig terjedő mangántartalom mellett 8% és 30% közötti vastartalmat mutat. Kiterjedéséről ítélve jelentős előfordulásnak látszik, azonban még felfúrandó. Elhelyezkedéséről pontosabb adatokra van szükség, hogy hasznosítása megtörténjék. Fémtartalma arra mutat, hogy feltétlenül előkészítésre szorul, előkészítésének módja azonban csak pontosabb feltárás esetén dönthető el.

A fentiekkel lényegében áttekintettük a hazai ásványi eredetű vasércnyersanyagokat. Nem szabad megfeledkeznünk arról az ugyancsak nagy vastartalmú vashordozóról, amely a kénsavgyárak melléktermékeképpen áll rendelkezésünkre. Ez a piritpörk. Ezt az igen értékes vashordozót eddig két ok miatt nem kohósította a magyar vaskohászat. Az egyik ok igen finom szemnagysága, a másik — és ez a főok — változó, de a kohászatra káros *Cu* tartalma. Az apró

szemnagyságot kénsavgyáraink és kohóműveink brikettezéssel igyekeztek megszüntetni, és az anyagot nagyolvasztóban legalább 4—5%-os hozag gyanánt felhasználni. Az eddigi brikettező eljárások azonban nem mutattak sem elegendő szilárdságot, sem tűzben és melegben állékonyságot. A pörköt ilyen brikettezett állapotban egyébként az acélművek is használták frissítő ércként, de az érc *Cu* tartalma itt is erősen korlátozta a felhasználást. Szükség volt tehát arra, hogy egyrészt olyan berendezéseket létesítsünk, amelyek a piritpörk darabosítását is végre tudják hajtani, másrészt hogy a piritpörköt szabadítsuk meg a réztartalomtól, illetőleg szállítsuk azt le olyan alacsonyra, hogy a kohósításnál zavart ne okozzon. Csehszlovákiában Vitkovicen találtunk olyan eljárást, amely nagyüzemben is mentesíti a piritpörköt a réztől. Ennek lényege az, hogy a piritpörköt konyhasóval keverik, majd lépcsőzetes pörkölő berendezésben pörkölik. A lépcsős pörkölőben a konyhasó klórtartalma a rezet rézkloriddá alakítja át. A piritpörkben még meglevő kéntartalom ugyanakkor elegendő tüzelőanyagot ad ahhoz, hogy gyujtás után izzásba kerüljön. A berendezésből távozó kénes gázokat oldatba viszik, és ezzel az oldattal, amely lényegében híg kénsav, kádakban lúgozzák a piritpörköt. Itt a rézklorid átalakul rézszulfáttá. A horgany, arany, ezüst nagy része is a rézoldattal távozik el. Ezzel az eljárással a piritpörk 1,8%-ig terjedő *Cu* tartalmát 0,1—0,15% *Cu*-ra csökkenthetjük. A *Cu* tartalom, amely lényegében a rudabányai érc *Cu* tartalmánál is lényegesen alacsonyabb, már lehetővé teszi, hogy az így kezelt piritpörköt nagyolvasztóban kohósítsuk, annál inkább, mert a pörk vastartalma 55—60%, és ilyen formán a pörk igen jó ércnek tekinthető. A pörkben a kohósításra hátrányos mennyiségű kén — bár a pörkölésnél ez is csökken — nem káros, mert a pörk igen finom szemnagysága miatt minden körülmények között égetéssel tömörítendő, s a tömörítéskor a kén eltávozik. A tűzi tömörítés a rendelkezésünkre álló Greenawalt- vagy diósgyőri rendszerű tömörítőkön minden további nélkül végrehajtható. A berendezés felépítése népgazdaságunk szempontjából feltétlenül szükséges, mert ezzel egyrészt a jelenlegi piritpörkkészletet alkalmassá tudjuk tenni kohósítás céljára, másrészt a kénsavgyárakban feldolgozott pirit a kohászat igen értékes nyersanyagát adhatja, legalább is addig, amíg a kénsavgyártás piritekből történik. Nagy, és népgazdasági szempontból nem lebecsülendő előnye az eljárásnak, hogy a kilúgozott réz cementréz alakjában, megfelelő berendezésben vashulladék közvetítésével kicsapható, és ez a réz, amely a piritpörk adottságaitól függően aranyat, ezüstöt is tartalmaz, akár elektrolízis, akár feketeréz közvetítésével finomítással feldolgozható. Ha a piritpörk készlet réztartalmát 1%-nak vesszük, akkor a mai körülményeink között így nyerhető rézmennyiség évente legalább 500 tonnára tehető, ami népgazdaságunk szükségleteit tekintve, nem lebecsülendő mennyiség. De ettől eltekintve a leglényegesebb körülmény mégis az, hogy vaskohászatunk olyan nagy vastartalmú nyersanyaghoz jut, amely a jelenlegi vaskihozatalt lényegesen megjavítja, és ezzel a nyersvasgyártás folya-

matát megkönnyíti. A rendelkezésünkre álló ércekből származó elegy vastartalma nem sokkal haladja meg a 40%-ot, az ércelegy vastartalmának lényeges növelése tüzelőanyag felhasználásunkat jelentősen csökkentheti.

Szólnom kell végül arról a vashordozóról, amely bauxittelepeinkben áll rendelkezésünkre, de amelyet műszaki okok, előkészítés, osztályozás stb. miatt eddig még alig használtunk fel. A bauxit felhasználása eddig lényegében csak a diósgyőri kiskohóban, valamint a vörösiszap részbeni hasznosításával történt meg. A diósgyőri kiskohó a tiszta kalciumszilikátos salakvezetés helyett kalciumaluminátos salakvezetéssel gyártja a nyersvasat, de a felhasznált bauxit, vas szempontjából, itt sem elsőrendű nyersanyag, hiszen a fő vashordozó itt a vasforgács és a bauxitot csak kalciumaluminát salak képzése végett adagoljuk. Az eljárás a 30-as évek óta ismeretes, és olyan különleges minőségű nyersvas előállítását célozza, amelyben szerephez jut a bauxitban levő titántartalom is. Nagyobb méretű nagyolvasztóban Ózdon ugyanezt a folyamatot nagyon rövid ideig ugyan, de szintén sikerült végrehajtani, az eljárás azonban a vasforgács mennyiségének korlátozott volta miatt nem tekinthető a jövő nyersvas-termelésének. Másirányú felhasználás volt a vörösiszap hasznosítása a diósgyőri rendszerű érctömörítő műben. Itt a vörösiszap adja az érctégla készítéséhez szükséges kötőanyagot. Járulékos előnye ennek, hogy a vörösiszap vastartalma ugyancsak a nyersvasba megy át.

A bauxit nagyobbmértékű felhasználását nyersvasgyártásra erősen korlátozza annak igen kis vastartalma, mert hiszen ez alig haladja meg a 18—20%-ot. Korlátozza a felhasználást az a bevezetőmben említett körülmény is, hogy ezek a vasdúsabb bauxitok sem összefüggő településben fordulnak elő, és vastartalmuk is igen változó, úgyhogy a bauxitok előkészítése igen nagy munkát és igen nagy berendezést kívánna. Az irány tehát, amelyet nyilvánvalóan követnünk kell a bauxitok vastartalmának hasznosításában az, hogy az alumíniumgyártásnál keletkező vörösiszapot kell vasban dúsabbá tenni, továbbá azokat a vasban dúsabb bauxitokat alumíniumra feldolgozni, amelyek feldolgozásánál a vas esetleg dúsabb melléktermék alakjában jelentkezik, és mint ilyen hasznosabban kohósítható. Nem kecsegtet nagyobb reménnyel éppen a nagy tömeg, valamint a változó összetétel miatt a bauxitoknak mágneses dúsítása sem, amelyet annak idején Finkey kísérletezett ki. Ez az eljárás lényegében csak az esetben adhatna kézzelfogható jó eredményeket, ha sikerülne olyan vasdús bauxit-telepet találni, amely összefüggő, egyenletes anyagot szolgáltatna a dúsítás céljára. Ebben az esetben is azonban még külön kikísérletezendő az alumíniumalapú salakvezetés, mert mint ismeretes, a salakdiagrammban az alumíniumsalakok területe igen szűk, és emiatt elég gondos kohósítási eljárást feltételez. Más kérdés még az előkészítésnél és a kohósításnál, hogy a vas milyen alakban kapcsolódik a többi alkatrészhez, mert ha komplikált szilikátok és aluminátok alakjában van jelen, akkor a dúsítási eljárás is nehezebb. Tudomásom szerint a vas előállítása alumíniumércekből a most folyó kísérletekben inkább

a másodlagos termékek hasznosítása felé irányul olymódon, hogy azok vastartalmát megnöveljék és az így dúsított vastartalmú anyagot bocsássák a kohászat rendelkezésére.

Az elmondottakban igyekeztem utalni azokra a kérdésekre, amelyek a magyar vaskohászat égető, időszerű kérdései a magyar ásványkincs feldolgozási lehetőségei terén. Szegénységünk ásványi kincsekben parancsolólag írja elő részünkre, hogy azzal a kevéssel, ami rendelkezésünkre áll, jól sáfárkodjunk, és igyekezzünk a lehető legtöbbet és legjobbat kihozni, már csak azért is, mert kohászatunknak ki kell emelkednie közismert elmaradottságából, ez pedig természetesen megköveteli, hogy minden hasznosítható nyersanyagunkat igyekezzünk bekapcsolni népgazdaságunk életébe. Erre irányulnak azok a részben eredményes kísérletek, amelyeket kutatóink már lefolytattak, amelyeket azonban tovább kell folytatnunk, hogy még a többi használható nyersanyagunkat, amelyek közé beleszámítom a bauxitot is, igyekezzünk beállítani kohászatunk szolgálatába. Példánk van erre. A komlói szenet eddig senki sem hasznosította, de a jövőben kohászatunk értékes tüzelőanyaga lesz a belőle előállított koksz. Elmaradottságunk egyik főoka volt, hogy a tőkés érdekek igen sok esetben, talán az esetek legnagyobb részében, lefogták műszaki embereink kezét, és nem volt lehetőség arra, hogy teljes tudásukkal kutassák fémhordozóink hasznosítási lehetőségeit. Pártunk és kormányzatunk ma erre minden lehetőséget megad, és kutatóink teljes erejüket népgazdaságunk fontos kérdései felé fordíthatják. Bizonyos vagyok benne, hogy munkájuk nem lesz eredménytelen.

HOZZÁSZÓLÁSOK SZELE MIHÁLY ELŐADÁSÁHOZ

A RUDABÁNYAI ÉRC ELŐKÉSZÍTÉSE

VÉCSEY BÉLA vaskohómérnök.

A Vasipari Kutató Intézet programmjában a rudabányai vas-szegény ércek dúsítása is szerepel. Ez a »vas-szegény« jelző találóan jellemzi a hajdan dús rudabányai ércféleségeket, mert — amint Szele Mihály is említette — a bánanyaművelés előrehaladásával egyre szegényebb ércet fejtünk és egyre sürgetőbbé válik a dúsítás kérdése. A probléma részletesebb kifejtéséhez némi terepismeretre van szükségünk és nem mellőzhetjük Rudabánya történetének és főleg az ércelőkészítés multjának rövid ismertetését sem. Az adatokat Hahn Károly, Pálffy Móricz és Pantó Gábor idevonatkozó műveiből merítettem.

Az érctelep Rudabánya és Alsótelkes között ÉK—DNy vonulatban 4,5 km-es szakaszon fekszik. Az érc guttensteini dolomit metaszómatózisa révén keletkezett *sziderit*, mely a felszín alatt kb. 60—80 m mélységig limonitos érccé oxidálódott. Az ércesedés rátolódásos, pikkelyezett, tektonikus övben jelenik meg. A guttensteini dolomit merev táblái összetöredezve egymásra tolódtak, és közéjük, sőt repedéseikbe is hidrotermális hatásra különösen plasztikussá vált, campili palaösszlet nyomult.

Az érctestek több sorban egymás felett helyezkednek el, és — különösen a vonulat déli részén — hatalmas, több ezer tonnás összefüggő tömegeket képeznek. Észak felé az érctestek jobban eldaraboltak, és egymás felett nem ismétlődnek.

Pantó Gábor (Évi Besz. X. 1948.) közleményéből idézem, hogy »az ércesedés különböző korú triaszképződményeket ért, a külszíni bányászatban feltárt érc azonban csaknem teljes egészében a guttensteini dolomit átalakult anyaga. A metaszómatózis révén sziderítté változott, majd oxidáció során limonitosodott anyag helyenként élesebben, máshol elmosódottabban őrizte meg a dolomit szerkezeti jellegzetességét, a breccsásodást és vastagpadúságot. Különösen jól megfigyelhetők ezek a jellemvonások a gyengébben ércesedett tagokon, melyek között minden átmenet megtalálható a tiszta vasérctől a teljesen átalakulatlan dolomitig». Ugyancsak Pantó Gábor értekezéséből idézem a következő sorokat :« Thern Sámuel rudabányai bányamester egy alkalommal igen találóan a következőképpen jellemezte a külszíni művelés alatt álló érces zónát : olyan, mintha egy malteres ládába ércdarabokat dobáltak volna. Szakszerűbben : a mindenütt megtalálható, minden rést kitöltő campili márga magába zár, körülvesz az érce-

sedés különböző fokán álló guttensteini dolomittömböket, dolomittáblákat. Érctelepről a külszíni művelés feltárásaiban alig beszélhetünk, de még triasz rétegsorról sem.«

A rudabányai érctelep ilyen vázlatos ismertetésére azért kellett kitérnem, hogy érthető legyen az, miért olyan változó összetételű a rudabányai érc, miért megy át a művelés folyamán a mélység felé a barnavasércből a pátércbe, és hogy miért kell gazdaságos kohósítása céljából az egyenlőtlen minőségű és vasban egyre szegényebb ércet megfelelően előkészíteni.

De térjünk át most a bánya történetének rövid ismertetésére is! A manapság jelentéktelen kis község a középkorban jelentékeny bányaváros volt; a XIV. és XV. század virágzó bánya- és kohóüzemeinek nyomait a környéken található salakhányók őrzik. A bányászat kezdetben nem annyira vasérc, mint inkább természéz, illetve rézércek nyerésére irányult. Erre mutat Pálffy szerint a bánya neve (rude = érc), s a törésvonal mentén hajtott aknák és tárnák nyoma. Ezekből Pálffy arra következtetett, hogy a réz és a rézércek nagyobb mennyisége a törésvonal mentén képződött. A jelenlegi mélyebb művelésekben a gyéren előforduló réz hasznosításáról aligha lehet szó.

A XVI. században bekövetkezett általános hanyatlás Rudabányát sem kerülte el, a XVII. században pedig a hajdan virágzó bányászat végleg feledésbe ment. Csak a múlt század második felében — valószínűleg a diósgyőri vasgyár új telepítésével kapcsolatban — fordult a figyelem ismét Rudabányára, ahol a bányakincstár és magánszemélyek is több bányajogosítványt szereztek.

A rendszeres bányaművelés azonban csak 1880-ban kezdődött, amikor a witkowitzi bánya- és vaskohómű érdekeltségével »Borsodi Bányatársulat« néven új vállalat alakult. A Borsodi Bányatársulat vasérc-bányászatának üzemi berendezéseiről és termeléséről 1904-ben Hahn Károly közölt a *Bányászati és Kohászati Lapokban* (1904. évf. 579. lap) részletes és becses adatokat. Ezekből minket főleg az érc előkészítésére vonatkozó rész érdekel. Megtudjuk e monográfiából, hogy az érctermelés külszíni fejtéssel, lépcsőzetesen haladó, 6—8 m magas emeletekben történt. Az ércet még a fejtőhelyen megfelelő nagyságú darabokra aprítva osztályozták, és siklón szállították le a 50 cm nyomtávú bányavasút szintjére. Innen gőzmozdonnyal továbbították a pörkölőkemencék felett levő ú. n. Polyánka állomásra, ahonnan két siklón vagy a tartalékérctárolóka, vagy pedig a pörkölőkemencékbe jutott. A vasérc osztályozása darabos és apró ércre — mint említettem — már a fejtőhelyen megtörtént úgy, amint azt a darabos és apró érc pörkölésére szolgáló, kétféle típusú kemencecsoport megkívánta.

Hahn Károly monográfiájából megtudjuk azt is, hogy a darabos érc pörkölésére négy darab 13 m magas, generátorgáz-tüzelésű, aknás kemence szolgált. Az apró ércet lépcsős rostéllyal ellátott, 5 darab közvetlen tüzelésű, ú. n. Moser-féle lejtős lángkemencében pörkölték. A közleményben a kemencék rajzait és fényképeit is láthatjuk. Az aknás kemencék napi átlagos teljesítménye

egyenként 700—800 q, a Moser-féle lángpesteké pedig 400—500 q pörkölt érc volt. A bánya tehát naponta 4400—5200 q pörkölt vasércet szállíthatott el. Hahn Károly a bányatelep évi termelési adatait is közli 1881-től 1902-ig terjedőleg. Ezekből kitűnik, hogy a termelés a kezdeti közel 100.000 tonnáról 1901-ben már 300 000 tonnára emelkedett. Ebből évenként legfeljebb 15 000 tonna maradt Magyarországon, a többit Witkowitzba szállították.

A bányatelepet akkor a legközelebbi MÁV vasútállomással, Barcikával, egy 14,1 km hosszú, 1 m nyomtávú vasút kötötte össze. A pörkölésre szükséges szenet a Barcikáról üresen visszatérő vonat a közbeeső disznóshorváti szénbányából hozta a bányatelepre. A pörkölésre felhasznált tüzelőszer a pörkölt érc súlyának átlag 8%-át tette ki. A pörkölés következtében az érc súlycsökkenése 18% volt.

Hahn Károly kivonatosan ismertetett közleményének megjelenése óta csak Papp Károlynak *A magyar birodalom vasérc- és kőszénkészlete* című, 1915-ben megjelent műve tárgyalja Rudabánya geológiai viszonyait és érckészletét. Egyéb irodalmi adat nem áll rendelkezésünkre. A rudabányai ércelőkészítés további sorsáról csak Pantó Endre közléseiből nyertem adatokat. Ezek szerint a régi pörkölőkemencéket az első világháború után lebontották, majd 1926-ban az időközben Barcikától Ormospusztáig kiépített normál nyomtávú vasútvonalat Rudabányáig is meghosszabbították. Ezzel az 1 m nyomtávú ércszállító vonal és a barcikai átrakodás megszűnt.

Nevezetes fordulópont a bánya történetében 1928. évi január 1-e, amikor a witkowitzi érdekeltség a bányát a Rimamurányi-Salgó-Tarjáni Vasmű Rt.-nak a korompai vasgyár lebontásával kapcsolatban kötött államközi szerződéssel eladta. A Rima Művek tulajdonába jutott bányatelepen az időközben beszüntetett ércelőkészítéssel Kállai bányaigazgató kezdett újból foglalkozni. Most már nem a limonit, hanem az akkor már jelentékenyebb mennyiségben termelt sziderit előkészítését akarta bevezetni. Kállai öt pörkölőkemencét építtetett. Ezek közül az első kísérleti pörkölőt 1930 körül. Ezekben a kemencékben az osztályozatlan és elég sok port tartalmazó pátércet kurittyáni aprószénnel keverve pörkölte. A szénfogyasztás q-ként 8 kg volt. Az érc aprítás és osztályozás híján egyenlőtlen darabnagyságú volt. A nagyobb darabok nyersen maradtak. Az eredetileg is poros érc a pörkölés következtében a szétpattogzó baríttól még porosabb lett. A nagy hamutartalmú kurittyáni szén salakja az aprószemű pörkben maradt. A folyamat gyorsítása céljából Kállai a pörkölőkemencéket szívó- és nyomó ventilátorokkal is ellátta.

Az első kísérleti kemence napi 7—8, a többi 36—40 t teljesítményű volt. 1937-ben egy Appold-Fleissner-féle pörkölőkemence felhasználásával lépcsős rostélyú, földgáz-tüzeléssel ellátott kemencét is épített, automatikus kihordóasztallal és szívó-nyomó ventilátorral. A kemencében a hőmérséklet nem volt szabályozható, és nem volt egyenletes elosztású. Bár a nyerspátot álló, ferde rostán osztályozták és 40 mm-nél kisebb szemnagyságú részt nem adagolták

a kemencébe — az eredmény egyáltalán nem volt kielégítő. A baritdús sziderit szétpattogzása miatt részben igen poros, részben pedig pörköletlen érc került ki a kemencéből. Olykor meg olvadásig túlhevített és az akna falához tapadó meredvények is képződtek. Ez a kísérleti kemence sem vált be.

A legutolsó Kállai-féle kísérlet a 20 mm szemnagyságnál kisebb apró pátérc darabosítására irányult. Ezt házilag készült Greenawalt-rendszerű üstben igyekezett megvalósítani. A 2,5—3 m^2 alapterületű és 20—25 cm magas üstben a gyújtás és a levegő átszívása igen kezdetleges volt. Tüzelőszerül nem apró kokszot, hanem gyenge minőségű kurittyáni aprószenet használt. Az üstben inkább csak a szénsalak és az ahhoz tapadó apróérc sült össze. Az érc legnagyobb része por maradt. Az ilyen terményt az ózdi kohó természetesen nem fogadta szívesen, és 12 évig tartó eredménytelen pörkölési kísérletek után a Rima Művek vezérigazgatósága 1942-ben a pörkölők üzemét beszüntette, és a kemencéket a felszabadulás után le is bontatta. Hangsúlyoznom kell itt azt, hogy míg a witkowitzi vezetés alatt csak a barnavasércet pörkölték, és nem került sor a vaspát feldolgozására és szállítására, addig Kállai csak a vaspátot igyekezett feldolgozni.

A rudabányai pörkölési kísérletek sikertelensége következtében a Rima Művek vezetősége idegen ércelőkészítő telepeken és az ózdi laboratóriumban végeztetett a rudabányai pátérccel pörkölési kísérleteket. E kísérletek adatait, eredményeit és az ezekből levont következtetések és vélemények ismertetését röviden az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. Az 1938 február 4-i jelentés szerint a *rudabányai nyerspáttal Rozsnyón és Oláhpatakon végzett kísérletekből* kitűnt, hogy:

a. darabosítása nyers állapotban nem gazdaságos;

b. a Fleissner-Appold-féle pörkölőkemencében porszénnel való pörkölés nem célszerű. A pörkölt érc így hamuval szennyeződik, meddő és S-tartalma ezzel növekszik, s a termék csaknem egészen elporlik;

c. a barittartalom csökkentése nem sikerült;

d. ajánlatosnak tartanák a pörkölt érc mágneses szeparálását és e tárgyban külföldi vélemények kikérését.

2. *A Rozsnyón folytatólagosan végzett pörkölési kísérletekről* 1938 június 19-én kelt jelentés összefoglalása:

a. »a kiegészítő kísérlet megerősítette azt a tapasztalatot, hogy a rudabányai pátvasérc fizikai úton való előkészítése, illetve dúsítása a rondítókkal való nagyfokú összenövés miatt gazdaságosan nem eszközölhető;«

b. »megerősítést nyert az a tapasztalat, hogy a $BaSO_4$ a Fleissner-Appold kemencében való pörkölés közben nem bomlik fel;«

c. »a forgópörkölőben a 0—40 mm szemnagyságú érc tömöríthető, de a nagyobb szemnagyságú barítos darabokban a $BaSO_4$ csak részben bomlik fel, és így az ércet érdemes 1—10 mm-es szemnagyságra aprítani, amelynél a $BaSO_4$ kéntartalma teljesen eltávolodik.«

3. *Az ózdi laboratóriumi kísérletek* eredményeit az 1939 március 31-én kelt jelentés foglalja össze. Ezekből Ózdon a következőket állapították meg: »Ha a $BaSO_4$-et a vasoxid vegyületeivel *(FeO, Fe_2O_3)* keverve 1050—1100°C hőmérsékleten akár indifferens *(N_2)*, akár oxidáló (levegő) közegben izzítják, a $BaSO_4$ *BaO*-ra és SO_2-re bomlik.«

»A vasoxidul *(FeO)* redukáló hatása nagyobbfokú, mint a vasoxidé *(Fe_2O_3)*. Pörkölés közben a kénvegyületek csak SO_2-re (és nem SO_3-ra) bomlanak.«

Az ózdi laboratóriumi kísérletekből az alábbi következtetéseket vonták le:

a. »a barittartalom nagy részét fajsúly szerint nem lehet eltávolítani, és ezért az agglomeráló pörkölést kell alkalmazniok. Ezzel az érc S-tartalmától megszabadul, és bázikusabbá válik;«

b. »azt, hogy az agglomeráló pörkölésnek melyik módját válasszák — a forgókemencét vagy a Greenawalt-eljárást — még huzamosabb ideig tartó kísérletekkel kell eldönteniök;«

c. »külön megfontolás tárgyává kell tenniök a kopenhágai Schmidt-cég által javasolt generátorgáz-tüzelésű kemencében történő agglomerálás kérdését Rudabányán a kurittyáni barnaszénből termelt generátorgázzal«.

4. A kopenhágai F. L. Schmidt-cég 1939. február 17-én kelt levelében azt közölte, hogy a Rudabányáról küldött érccel és barnaszénnel több kísérletet végzett. Ezek alapján azt a következtetést vonták le, hogy »az ércet a cég által konstruált forgőcsőkemencében a barnaszénből termelt generátorgázzal darabosítani lehet. Ennek előnye — a Dwight-Lloyd-féle vagy a Greenawalt-féle agglomerálóval szemben — az volna, hogy a gáztüzelésnél nem kell apró kokszot keverni az érchez, és így ennek hamutartalma nem rondítaná a terméket.«

5. Végül az 1941. november 5-én Magdeburgban Svehla és Claus jelenlétében végzett kísérletekről írt jelentés következtetéseit kivonatosan az alábbiakban foglalhatjuk össze:

»A rudabányai nyerspátot Greenawalt berendezésében — a magdeburgri kísérletek tanusága szerint — tökéletesen lehet tömöríteni. A nyers termék jól összesült, kemény, ököl-, gyermekfejnagyságú darabokból áll. »Hasonló tökéletes tömörítvényt kaptak akkor is, amikor a tömörítendő anyaghoz olyan mennyiségben kevertek megfelelő finomságú mészport, hogy a tömörítvény ú. n. »önjáró« legyen. A kísérletek újból bizonyítékot szolgáltattak arra, hogy az ércek jól zsugoríthatók, és mellette kéntartalmuk a *BaSO* szétbontása mellett messzemenőleg kiűzhető...«

E kísérletek alapján tervezett ércelőkészítőberendezés létesítését a közbejött háborús események megakadályozták. A felszabadulás után a Rima Művek államosításával a rudabányai vasérctelep is állami tulajdonba került. Ezzel ismét felvetődött a most már hovatovább gyengülő minőségű érc dúsításának kérdése. A századfordulón a telep felső szintjeinek fejtéséből származó vasdúsabb limonit átlagos vegyi összetétele Hahn Károly közlése szerint a következő volt:

	Nyersérc :	Pörkölt érc :
Vasoxid	68,57%	70,30%
Kovasav	10,10%	10,72%
Timföld	2,24%	2,25%
Mangánoxidul	4,03%	3,91%
Mész	1,40%	1,15%
Magnézia	1,02%	0,73%
Rézoxid	0,11%	0,09%
Foszforsav	0,03%	0,07%
Vas	48,06%	49,43%
Mangán	2,91%	2,82%

A rudabányai nyers limonit ezek szerint — abban az időben — a 48% átlagos vas- és közel 3% *Mn*-tartalommal dús ércnek volt minősíthető. Ennek ellenére mégis — csupán a szállítási költségekben elérhető közel 20%-os megtakarítás céljából — pörkölték. Ma a rudabányai limonit vastartalma 31—32%-ra, *Mn*-tartalma pedig 1,6—1,7%-ra csökkent. Hahn Károly 1904-ben még azt írta, hogy a »vasérc nagyobb tömegében valószínűleg vaspát és vasoxidból állott, amely atmoszferiliák behatása folytán vasoxidba és végleg barnavasércbe ment át.« Edvi Illés Aladár 1900-ban megjelent ismertetésében *(A magyar vaskőbányászat és vaskohászat ismertetése)* ezt olvashatjuk: »A vaskőtelep legnagyobb részét barnavaskő alkotja, itt-ott vörösvaskövet és vascsillámot is találnak. Nagyobb mélységben — amint ezt a fúrások kiderítették — tiszta vaspát van.«

Ma a rudabányai ércvagyonról meglehetős tiszta képet nyerhetünk. A Földtani Intézet közleményei szerint a vasércvagyon a legújabb becslések alapján a következőképpen oszlik meg:

	Feltárva	Művelhető	Valószínű	Összesen
Limonit	987 130	1 242 520	6 117 800	8 347 450
Sziderit	5 502 900	445 800	4 136 400	10 085 100
Ankerit	334 580	334 920	1 928 900	2 598 400
Összesen :	6 824 610	2 023 240	12 183 100	21 030 950

A felső szintek fokozatos lefejtésével a limonitkészlet fokozatosan csökken, s ezzel arányban nő a sziderit mennyisége. Míg az ötéves terv második évére előirányzott limonittermelésnek a sziderit még a felét sem teszi ki, 1959-ben, a második ötéves terv befejezésekor már több sziderit fog fejtésre kerülni, mint limonit. Ez pedig azt jelenti, hogy a rudabányai érc vastartalma a sziderit termelésének növekedésével arányosan csökkenni fog. Könnyen belátható tehát, hogy ha a századforduló idején még a 48% vastartalmú limonitot is érdemes volt a szállítási költség megtakarítása végett osztályozni és pörkölni — milyen parancsolóan szükséges manapság a rudabányai ércet nemcsak pörkölni, hanem gazdaságos kohósíthatósága céljából dúsítani is.

Érdekes nyomon követni a rudabányai limonit vastartalmának évről évre bekövetkezett fokozatos csökkenését. Az ózdi vegyészeti laboratórium elemzési adatai szerint a 105° C-on szárított vegyes limonit összes *Fe*-tartalma 1908. évi átlagban 44,84%, 1909-ben 42,80% 1914-ben pedig már csak 39,72% volt. A további évek folyamán a csökkenés kisebb mérvű ugyan, de azért számot-

tevő volt. Azóta, hogy a bányatalep a Rima Művek kezelésébe került, 1928-tól a második világháború kitöréséig a limonit vastartalma 39—35% között ingadozott, majd az 1939-ben megállapított 36%-os átlagos vastartalom a háború végére 32%-ra csökkent. Manapság — mint már említettük — a limonit átlag csak 31—32%, a sziderit pedig 22—23% fémvasat tartalmaz.

A Vasipari Kutató Intézet kísérleti programmjának egyik pontja — mint már említettük — a kis vastartalmú rudabányai ércek előkészítése. E célkitűzésnek megfelelően az Intézet, mindjárt működésének megkezdésétől a kérdés megoldása céljából rendszeres tanulmányokat és laboratóriumi kísérleteket folytatott, és ezek alapján kidolgozta mind a baritdús, mind az átlagos összetételű pátérc legcélszerűbbnek ígérkező előkészítési módját. E tanulmányaink és laboratóriumi kísérleteink szabtak irányt a később Diósgyőrben végzett kisüzemi kísérleteknek is.

Kísérleteink egyelőre csak a sziderit előkészítésére irányultak. Ezt ennek az ércnek kevés vas- és helyenként igen nagy barittartalma indokolja. Az 1948/49. évben az ózdi kohónak szállított rudabányai szideritből vett összes próbák elemzési adatai szerint az érc 23,5% *Fe*-tartalom mellett 17,72% súlypátot tartalmazott. Jellemző azonban az érc rendkívül változó összetételére az, hogy a következő ötéves terv folyamán fejtésre kerülő 93 munkahelyről vett sziderítmintában a vastartalom 7,02% és 31,54% a barittartalom pedig 0% és 45,81% között ingadozott. Emellett figyelembe kell vennünk azt is, hogy a rendkívül baritdús sziderit tömzsöket minden költségtöbblet nélkül, mindjárt a munkahelyen elkülönítve lehet lefejteni. Ez azért fontos, mert az ilyen baritdús érc feldolgozásánál a barit kinyerésére is törekednünk kell, hogy az ország súlypátszükségletét ily módon fedezzük. Jelenleg u. i. kb. 1500 t baritot importálunk, de az évek folyamán ennél nagyobb szükséglettel kell számolnunk.

E megfontolások alapján kétféle pátérccel kísérleteztünk, éspedig: e célra külön fejtett, kb. 36% *BaSO*-et tartalmazó baritdús sziderittel és a folyamatos szállításokból — több vagonból vett és egyenlősített érccel.

Kétségtelen az, hogy az ércet rendkívül változó összetétele miatt aprítani, osztályozni és egyenlősíteni kell. Ez azonban nem elég. A nyersércnek 20%-nyi, pörköléssel kiűzhető szénsav és hidrátvíz súlytöbblete után is vasúti fuvar díjat kell fizetni. Azt is figyelembe kell vennünk, hogy a barit csak 1150°C feletti hőmérsékleten történő oxidáló pörköléssel bomlik fel báriumoxidra és kénessavra. Tekintettel kell lennünk arra is, hogy a felbontatlan barit a nagyolvasztóban, redukáló atmoszférában nem bomlik fel báriumoxiddá, hanem mint báriumszulfid jut a salakba. A nyers barit tehát tehertétel a kohósításnál, mert csak a salakot szaporítja, de nem növeli a salak bázicitását, nem kéntelenít, megömlesztése pedig hőenergiát fogyaszt. Figyelembe kell vennünk azt is, hogy a barit a hevítéskor szétpattogzik (dekrepitál). E tulajdonsága lehetővé teszi az aprított és pörkölt ércnek bizonyos mértékű dúsítását is — a szét pattogzó apró rész kirostálásával.

A rudabányai érc legcélszerűbb és leggazdaságosabb előkészítésének tervezésénél azonban tekintettel kell lennünk egy újszerű dúsítási eljárásra is. Az *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 1950 évf. 9, 10. számában E. Bierbrauer tollából értekezés jelent meg, amelyben az eisenerzi vasérccel újabban végzett ülepítési kísérleteiről számol be. Ez annál is inkább érdekel bennünket, mert ez az ércelőfordulás — éppúgy, mint a rudabányai — szintén metaszómatikus képződésű sziderit. Ebben is előfordulnak a csaknem teljes egészében sziderittá alakult mészkő mellett a kevésbbé átalakult részek egész az ankeritig — és mechanikusan fel sem tárható vas-, kalcium-, magnéziumkarbonátok, kvarc- és palazáródmányok. A különbség csak az, hogy az eisenerzi érc nem tartalmaz annyi baritot, mint a rudabányai. Bierbrauer az évek óta folytatott laboratóriumi és kisüzemi kísérletek alapján felépített nagyüzemi berendezés részleteit és üzemét is ismerteti. Ezt az eljárást iszapban ülepítésnek nevezhetjük. Lényege, hogy az ülepítés nem vízzel, hanem nagyobb 1,8 fajsúlyú érciszappal történik. Ennek az újszerű eljárásnak az a rendkívül nagy előnye, hogy a régen ismert és használt egyszerű, vízben történő ülepítéshez hasonlóan nagyteljesítményű, kevés beruházási költséget igénylő berendezéssel, csak a 150 mm-re aprított, tehát nagy szemnagyságú osztályozott érc különíthető el élesen meddőre, középterményre és koncentrátumra. Az értekezésben ismertetett üzemben kétféle — éspedig 150—60 és 60—20 szemnagyságra osztályozott ércet dúsítanak ilyen módon. A 20 mm-nél kisebb szemnagyságú érc azonban iszapos ülepítéssel már nem osztályozható. Az eljárás nagy teljesítő képességét jellemzi, hogy 5 m²-es szitán óránként 120—150 tonna ércet lehet osztályozni. Bierbrauer az üzemszerű kísérletekről több adatot közöl. Ezek szerint pl. a 40—80 mm szemnagyságú néhány ércfajta osztályozása a következő eredménnyel járt.

80—40 mm darabnagyságú nyers vaspát iszapos ülepítési eredményei

Megnevezés	Teljesítmény t/h	Nyersérc		Koncentrátum		Meddő		Vaskihozatal %
		Súly %	Fe tart. %	Súly %	Fe tart. %	Súly %	Fe tart. %	
Dúsabb érc kevés összenőtt ankerittel és mészkővel	8,61*	100,00	28,20	78,40	33,60	21,60	11,40	91,30
	7,61*	100,00	27,40	57,30	34,40	42,70	18,10	71,90
	8,01*	100,00	27,30	54,30	35,70	45,60	17,30	71,10
Szegényebb érc mész és pala meddővel, kevés ankerittel	14,8	100,00	24,00	62,50	31,00	37,50	11,20	80,80
	15,2	100,00	21,50	46,90	34,00	53,10	10,30	74,50
Szegényebb érc. Dúsítás célja vasszegényebb meddő kiválasztása	6,2	100,00	25,00	82,70	28,30	17,30	9,00	93,80
	14,2	100,00	23,40	71,90	29,20	28,10	8,30	90,10

[1] Ülepítő rostély hajlásszöge = 4,5%, a többi 7%.

Az iszapszuszpenzióban történő ülepítéssel ezek szerint — különösen vas-szegény érceknél — elég jó hatásfokú dúsítás érhető el. Nem használható azonban ez az eljárás a 20 mm-nél kisebb szemnagyságú érc osztályozására. A dúsítás eredménye — már csak a nagy darabok miatt sem lehet olyan kedvező, mint amilyent az apróra tört ércel mágneses szeparálási kísérleteinkkel elértünk. Mégis — tekintettel a kisebb beruházási költségekre, továbbá a nagy teljesítmény és a kisebb aprítási osztályozási műveletek miatt jóval kisebb üzemi költségekre — a rudabányai ércelőkészítés megtervezésénél ezt az eljárást is okvetlenül figyelembe kell venni. A már megkezdett kisüzemi kísérleteink fogják eldönteni, hogy a rudabányai érccel az iszapszuszpenzióban történő ülepítéssel milyen dúsítási eredményt érhetünk el.

Az előadottak után megállapíthatjuk, hogy a rudabányai ércek elkészítésének mielőbbi célszerű megoldása népgazdasági szempontból fontos és sürgős feladattá vált. Tekintetbe kell vennünk azonban az ércelőkészítés megtervezésénél azt is, hogy a jelenleg minden válogatás és aprítás nélkül termelt és szállított nyersérc előkészítésére szolgáló berendezések létesítése hosszabb időt vesz igénybe. Célszerű lesz azért a telepet legalább két ütemben építeni. Az első, legsürgősebb és mindenesetre felépítendő berendezések az ércek aprítására, osztályozására és egyenlősítésére szolgálnak. Bármilyen dúsítási vagy darabosítási eljárás kerül kivitelre, ezt amúgy is aprításnak és egyenlősítésnek kell megelőznie. Viszont már maga az aprítás, osztályozás és egyenlősítés is koksz-megtakarítással jár és a kohó egyenletes járását biztosítja. A második lépcsőben következnek az érc dúsítására szolgáló berendezések létesítése.

Az iszapszuszpenziós dúsítás most folyó kísérleteitől függ az, hogy ezt az eddigi eljárást beiktatjuk-e a rudabányai ércelőkészítés törzsfájába. Igenlő esetben az érceket olyan szemnagyságra kell törni, amilyennél az iszapszuszpenzióban a legjobb ülepítési eredményt érjük el.

Az ércelőkészítő mű építésének első lépcsőjében az aprításnál nyert durva érc egyenlősítés után a kohókba szállítandó. A fejtésnél és az érc törésénél keletkező 20 mm-nél kisebb szemnagyságú ércet egyenlősítés után darabosítás céljából szintén a kohóművekbe kell szállítani. A második lépcsőben esetleg létesítendő iszapszuszpenziós ülepítő berendezésnek ez esetben az aprító és az egyenlősítő berendezések között kell helyet biztosítani. Ha ezt a megoldást választjuk, akkor a második lépcsőben a szuszpenziós ülepítő és az apróérc dúsítására szolgáló berendezéseket kell felépíteni. Az iszapban történő ülepítésnél nyert darabos érckoncentrátum közvetlenül kohósítható. Az ülepítésre nem kerülő apróérc dúsítása is a bánytelepen történik és csak a finom koncentrátumot kellene darabosítás céljából a kohóművekbe szállítani.

Az apróérc legkedvezőbb dúsítási módjának megállapítása céljából kiterjedt laboratóriumi és kisüzemű kísérleteket végeztünk. Hatásfok szempontjából legjobb eredményt mágneses pörköléssel és az ezt követő mágneses szeparálással értük el. Számítások és a folyamatban levő szuszpenziós-ülepítő kísérleteink

eredménye fogják eldönteni azt, hogy a kivitelnél csupán csak a fejtésnél és az érc törésénél keletkező apróércet lesz-e célszerű mágnesesen szeparálni vagy ezenkívül a baritdús szideritet is. E kísérletek esetleg arra is vezethetnek, hogy az iszapban való ülepítés teljes mellőzésével az összes szideritet — sőt esetleg a limonitot is — célszerű lesz mágneses dúsítás céljából felaprítani. Az ankeritet vasdús mészkőnek tekinthetjük, és így ez — egyenlősítés után — minden további dúsítás nélkül adagolható a kohóba.

A következőkben röviden ismertetni szeretném a rudabányai sziderit mágneses dúsítása céljából eddig végzett laboratóriumi és kisüzemi kísérleteinket és ezek eredményeit.

Laboratóriumi kísérletekkel mindenekelőtt azt kellett megállapítanunk, hogy a sziderit milyen hőmérsékleten veszíti el szénsavtartalmát. Ezután azt kellett kikísérleteznünk, hogy az ércet milyen hőfokon és milyen gázatmoszférában kell pörkölni abból a szempontból, hogy a vaskarbonátból keletkező oxid mágneses permeabilitása maximális legyen.

A karbonátok felbontására vonatkozólag a következőket állapítottuk meg :

1. Minthogy a $BaSO_4$ bomlása csak 1050—1100° C hőmérsékleten megy végbe, és a barittartalmú vaspát előkészítésének egyik célj a éppena barit kinyerése, a sziderit pörkölésének — eltérően az ózdi kísérletektől — ennél jóval alacsonyabb hőfokon kell megtörténnie.

2. A $FeCO_3$ bomlása az (1) képletben a balra mutató nyíl irányában már 300°C hőmérsékleten megkezdődik.

$$FeO + CO_2 \rightleftarrows FeCO_3 + 1400\ kcal. \qquad (1)$$

3. Az így keletkező FeO levegőtől elzárt térben a (2) képlet szerint magnetitre és fémvasra bomlik.

$$4\ FeO = Fe_3O_4 + Fe \qquad (2)$$

4. Az (1) képlet szerinti bomlás semleges vagy gyengén redukáló atmoszférában megy végbe. Hogy minden vas a nagy mágneses permenbilitású oxiduloxiddá alakuljon át, a pörkölt forró ércnek 500° C hőmérséklet alá CO_2-tartalmú füstgázban kell lehűlnie. Ekkor a (2) képlet szerinti bomlásnál keletkező Fe is az erősen mágneses Fe_3O_4-é alakul át.

5. A rudabányai pátvasérc a vaskarbonáton kívül egyéb karbonátot — éspedig magnéziumkarbonátot, dolomitot, ankeritet és esetleg kalcitot — is tartalmaz. A $MgCO_3$ bomlása már 400°C hőmérséklet felett elkezdődik. A dolomit szénsava — összetételétől függően — 400—540°C hőmérsékleten szintén eléri az 1 atm. nyomást. A kalciumkarbonát bomlása csak 900°C hőmérséklet felett kezdődik.

A pátvasércben előforduló karbonátok bomlása eszerint — a kalciumkarbonát kivételével — 300—540°C hőmérsékleten végbemegy. Laboratóriumi kísérleteink igazolták, hogy a rudabányai sziderit — 5 mm-es szemnagyságra

aprítva — 1 óra alatt 550°C hőmérsékleten szénsavtartalmának kb. 75%-át, 650°C-on pedig 100%-át elveszíti. Ebből kitűnik, hogy a kísérletekhez felhasznált szideritminta szabad kalciumkarbonátot nem tartalmazott. Eszerint a karbonátok felbontása céljából az ércet felesleges 550—650°C feletti hőmérsékleten pörkölni.

Kiterjedt laboratóriumi kísérleteink szerint a vaskarbonát felbomlásával keletkező vasoxidok maximális mágneses permebilitását *szintén* 550—650°C hőmérsékletű, gyengén redukáló gázatmoszférában történő pörköléssel és 500°C alá szénsavtartalmú gázáramban történő lehűtéssel érjük el. Ilyen eljárással az érc eredeti vastartalmának 95%-át nyertük a koncentrátumban, míg a meddőben a baritkihozatal 65—75% között változott.

Megjegyzendő itt, hogy Tarján Gusztáv intézetünk felkérésére velünk párhuzamosan végzett kísérleteiből az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A finomabb osztályok barittartalma már a pörkölés előtt is nagyobb, mint a durvább osztályoké. (A barit kisebb szilárdsága miatt.)

2. Pörkölés után a finom osztályok barittartalma erősen feldúsul, a baritnak a felmelegedésekor bekövetkező dekrepitálása miatt.

3. A mágnesesen pörkölt anyag pormentes része száraz mágneses szeparálással is jó eredménnyel dúsítható: a mágneses rész *Fe*-tartalma 35—40%, 12% barittartalom mellett, ugyanakkor a nem mágneses rész kisebb barittartalmú nyersanyagnál 40—60% barit- és 4—6% *Fe*-tartalmú, az erősebben baritos nyersanyagnál kb. 60—80% barit és 1—2% *Fe*-tartalmú.

4. A finom por — amelynek a barittartalma már a pörkölés, illetve dekrepitálás következtében erősen feldúsul — célszerűen nedves mágneses szeparálással dúsítható. Így 90% körüli barittartalom érhető el, 1% körüli *Fe*-tartalommal. Ennek a terménynek a továbbtisztítása flotálással történhet.

A laboratóriumi kísérletek eredményeit kiértékelve, — Diósgyőrben megkezdtük kisüzemi kísérleteinket. E célra rendelkezésünkre állt egy 10 800 mm hosszú, 1200 mm átmérőjű, 200 mm vastag samottbélésű, forgódobos, gáztüzelésű kemence, amelynek fordulatszáma $n = 0{,}5$—2/perc között változtatható. A mágnesesen pörkölt ércek elkülönítésére mágneses dobszeparátort használtunk. A terokgázzal fűtött kemencében be lehetett tartani a rudabányai vaspát mágneses pörköléséhez szükséges gyengén redukáló atmoszférát és a megkívánt 650°C hőmérsékletet.

Kisüzemi kísérleteinket két irányban folytattuk. Először a bányaüzem által a báriumszulfát nyerésére irányuló kísérletek céljára szállított egy vagon válogatott, igen baritdús és alacsony vastartalmú sziderittel végeztünk kísérletet. A következőkben már a nagyolvasztóüzem részére folyamatosan szállított több vagonból vett és egyenlősített sziderittel kísérleteztünk.

Első üzemi kísérleteinket a baritdús érccel végeztük. A nyers érc csak 19,36% *Fe*-t és 36,35% $BaSO_4$-t tartalmazott. Az 5 mm szemnagyságra aprított ércet a forgódobos kemencében először oxidáló, majd a további kísérleteink-

nél gyengén redukáló atmoszférában pörköltük. Az előbbi esetben a kemencéből távozó gázok átlag 20,9% CO_2-t és 3,4% O_2-t tartalmaztak. A redukáló pörkölésnél a gázban átlag 21% CO_2 és 7,3% CO volt. A kemencéből kihulló anyag hőmérséklete minden esetben 650 ± 15°C és a súlyveszteség átlag 20% volt. Az anyag áthaladási ideje n = 45/óra fordulatszám mellett 1 óra 15 perc volt. Minden kísérlethez kb. 2000 kg ércet használtunk fel.

A forgódobos kemence szerkezete miatt nem lehetett az ércet 500°C hőmérséklet alá szénsavdús atmoszférában lehűteni úgy, mint laboratóriumi kísérleteinknél történt. A levegőn lehűlt érc mágneses permesbilitása azonban semmi kívánnivalót nem hagyott hátra, mert a vasoxiduloxid a levegőn szintén erősen mágneses γ vasoxiddá alakult át.

Mind az oxidáló, mind a redukáló atmoszférában pörkölt ércből vett átlagmintát Tarján Gusztáv a soproni műegyetem ércelőkészítő intézetében egy Wetherill-Rowland-féle mágneses szeparátoron dúsította. Tarján kísérleteinek eredményét az I. és II. sz. táblázat tünteti fel.

I. sz. táblázat

Az oxidáló atmoszférában pörkölt baritdús sziderit dúsításának adatai.

I. Szitaelemzés.

Szemnagyság	Súly %	SiO_2 %	$BaSO_4$ %	Fe %
3 mm	7,75	10,85	42,50	26,38
1 —3 «	30,15	9,52	40,25	27,05
0,5—1 «	18,30	10,22	40,30	26,30
0,5—0,2 mm	11,50	6,71	39,48	29,80
—0,2 «	32,30	5,04	61,30	18,35

2. A mágneses szeparálás eredményei.

Termékek	Súlykihozatal % nyers-érc	Súlykihozatal % pörkölék	Fe %	Fe kihozat %	$BaSO_4$ %	$BaSO_4$ kihozat %	SiO_2 %	Fe dúsítási szám %
I. Konc	32,60	40,75	36,54	—	27,00	—	6,44	—
II. Konc	25,95	32,40	27,52	—	40,98	—	9,10	—
Össz. konc	58,55	73,15	32,38	95,00	33,15	53,40	7,62	1,59
Meddő	21,45	26,85	6,80	7,00	79,08	46,60	13,98	0,38
Pörkölék	80,00	100,00	23,90	100,00	45,5	100,00	7,60	—
Pörkölési veszteség ...	20,00	—	—	—	—	—	—	—
Nyersérc	100,00	—	19,36	—	36,35	—	6,10	—

II. sz. táblázat

A redukáló atmoszférában pörkölt baritdús sziderit dúsításának adatai

1. Szitaelemzés:

Szemnagyság	Súly %	SiO_2 %	$BaSO_4$ %	Fe %
3 mm	7,59	9,92	40,50	30,90
1—3 «	27,83	10,72	40,39	25,65
0,5—1 «	13,77	7,12	40,68	28,40
0,5—0,2 mm	14,04	8,32	40,20	—
—0,2 «	36,77	5,90	60,44	18,85

2. A mágneses szeparálás eredményei.

Termékek	Súlykihozatal % nyers-érc	Súlykihozatal % pörkölék	Fe %	Fe kihozat %	$BaSO_4$ %	$BaSO_4$ kihozat %	SiO_2 %	Fe dúsítási szám %
I. Konc.	34,80	43,50	37,32	—	24,88	—	10,30	—
II. Konc.	22,00	27,50	31,40	—	36,16	—	10,92	—
Össz. konc.	56,80	71,00	35,80	96,00	29,20	45,60	10,50	1,83
Meddő	23,20	29,00	3,74	4,00	77,76	54,40	15,64	0,18
Pörkölék	80,00	100,00	23,90	100,00	45,50	100,00	7,60	—
Pörkölési veszteség ...	20,00							
Nyersérc	100,00	—	19,36	—	36,35	—	6,10	—

A táblázatok adataiból kitűnik, hogy a redukáló pörköléssel jobb eredményeket lehet elérni. Amíg az oxidáló gázáramban pörkölt ércből 93% vaskihozatal mellett 32,38% *Fe*-tartalmú koncentrátumot kaptunk, addig a redukáló atmoszférában pörkölt baritdús sziderítből 96%-os vaskihozatal mellett 35,8% *Fe*-tartalmú ércet nyertünk. A meddő az előbbi esetben 5,8% *Fe*-tartalom mellett 79,08% $BaSO_4$-t, az utóbbi esetben pedig csak 3,74% *Fe*-t és 77,76% $BaSO_4$-t tartalmaz.

A további kisüzemi kísérleteket a folyamatos szállítmányokból több vasúti kocsiból vett és egyenlősített sziderittel végeztük redukáló gázáramban ugyanúgy, mint a baritdús sziderit pörkölését.

Az egyenlősített vaspát összetétele a következő volt:

SiO_2	6,90%
CaO	4,30%
MgO	5,52%
MnO	1,51%
$BaSO^0$	29,08%
Fe	23,60%
Izz. veszt.	21,50%

A 650°-on pörkölt érc összetétele a következő:

SiO_2	7,95%
CaO	4,97%
MgO	6,37%
MnO	1,74%
$BaSO^0$	33,76%
Fe	27,31%
Izz. veszt.	5,86%

A pörkölést követő és különböző áramerősség mellett végzett mágneses szeparálás eredménye az eddigi kísérletekkel egyező volt. A rendkívül számos elemzési eredmény ismertetése helyett itt csak a 14 dúsítási kísérlet szélső értékeit közlöm. Ezek szerint a súlykihozatal a koncentrátumban a nyersérc 48—50%-át tette ki. A vaskihozatal 80—85% között változott. A nyersérc 29%-os barittartalma a koncentrátumban 7—9%-ra csökkent, a meddő *Fe*-tartalma 3,8 és 7,7% között, barittartalma pedig 45 és 67% között változott. A nyersérc 23,6% *Fe*-tartalma a koncentrátumban 40—42%-ra dúsult fel.

A rudabányai ércelőkészítő mű első lépcsője, azaz az érc törése, osztályozása és egyenlősítése hamarosan kivitelre kerül. A második lépcső, t. i. az érc dúsítása, az ismertetett laboratóriumi és kisüzemi kísérleteink, valamint a még folyamatban levő iszapszuszpenzióban való ülepítési kísérletek eredménye alapján még az ötéves terv folyamán megvalósul.

A MAGYAR BAUXIT FELDOLGOZÁSÁNAK ÚJ ÚTJAI

GILLEMOT LÁSZLÓ LEV. TAG

Hazánk ércben szegény. Egyetlen számottevő nagyobb ércelőfordulásunk a bauxit. A bauxiton kívül jóformán csak a magnézium gyártásához szükséges dolomit áll megfelelő mennyiségben rendelkezésre. Ez a természetrajzi adottság a nyersanyagproblémák megoldá sánál szükségképpen a bauxitot hozza előtérbe, illetőleg olyan iparpolitikát kíván, amely a színesfémeket és a nehézfémeket, sőt bizonyos fokig az acélt is aluminiummal, illetőleg könnyű fémekkel helyettesíti. Magához az alumínium gyártáshoz, legalább is a ma használatos Bayer-féle timföld-gyártásához különleges minőségű bauxitra van szükség, hogy a feltárási eljárás rentábilis legyen. A mai általánosan elfogadott Bayer-féle eljárásnál általában a 10—12 közötti modulusú vagy ennél nagyobb modulusú bauxitokat alkalmazzák. A bauxit modulusán a timföldtartalom és a kovasavtartalom arányát értjük. A megkövetelt nagy modulus miatt a Bayer-eljárásra alkalmas bauxitok kovasavtartalma 4—5%-nál nem lehet nagyobb. Bauxit kincsünk mennyiségét, illetőleg a vélemények erősen megoszlanak, de tényként lehet elfogadni azt, hogy a Bayer-eljárásra alkalmas és bányaművelésre feltárt bauxitjaink mennyisége összes bauxitkészletünknek legfeljebb 4—5%-át teszi ki. A bauxitvagyon értékesítésénél négy alapvető szempontból kell kiindulni.

1. Az aluminiumgyártás legfontosabb segédanyaga a villamosáram,

Magyarországon ma még igen drága, tehát a termelt alumínium ára a világpiaci árnál magasabb.

2. Az összes bauxitelőfordulásoknak csak néhány százaléka alkalmas a Bayer-féle eljárásra.

3. Igen jól kifejlődött alumíniumiparunk folytán igen jelentős beruházások fekszenek már az eddig megépített Bayer-rendszerű gyárakban, ezzel tehát minden további tervnél, mint adottsággal hosszú ideig számolni kell.

4. Magyarországnak egyéb fémekben mutatkozó hiányai szükségessé teszik, hogy a bauxitot ne csak mint alumíniumércet hasznosítsuk, hanem egyéb területeken is meg kell vizsgálnunk, hogy az alumíniummal mennyiben lehet egyéb fémeket, elsősorban a színesfémeket pótolni.

Az egész alumíniumipar fejlesztése szempontjából a döntő cél tehát a következő : Az alumíniumtermelést olcsóbbá kell tenni, és a termelt alumíniumot a színesfémek, sőt bizonyos fokig az acél helyettesítésére kell felhasználni, éppen azért, hogy a belföldi és a világpiaci ár közötti különbség a belföldi feldolgozás során ne érvényesülhessen. Meg kell továbbá vizsgálni azt, hogy bauxitjaink Bayer-féle eljárásra való alkalmazhatóságának körét hogyan lehet kibővíteni és hogyan lehet a bauxitban levő egyéb anyagokat észszerűen hasznosítani. Ez a kérdéskomplexum rendkívül szétágazó kutatómunkát jelent, melynek egyes fázisai azonban egymással szorosan kapcsolódnak.

A kérdést a megoldás szempontjából két csoportra lehet osztani. A ma Bayer-eljárásra használt bauxitok Al_2O_3-n kívül SiO_2-t Fe_2O_3-t vanádiumvegyületeket és titánvegyületeket tartalmaznak. A Bayer-eljárás során két értékesíthető melléktermék keletkezik : a vanádiumiszap és az ú. n. vörösiszap. A vanádiumiszapból a vanádium ammonmetavanadát formájában az Alumínium-Kutató Intézet eljárásával kiválasztható. A mai timföldgyári kapacitást, Almásfüzítőt is figyelembevéve, egész vanádiumtermelésünk több, mint 2,5-szerese a magyar acélipar vanádiumszükségletének. Ez a szám azt jelenti, hogy igen sok nemesacél fajtánál térhetünk még át a vanádium bevezetésére úgy, hogy teljes belföldi szükségletünket továbbra is a timföldgyártás melléktermékeképpen kapott vanádiumból tudjuk fedezni.

A másik melléktermék a vörösiszap. Ennek átlagos összetétele SiO_2 = = 6,6%; Fe_2O_3 = 52,8%; TiO_2 = 5,2%; Al_2O_3 = 19 *egyéb* 8% Na_2O = 8,5% A vörösiszapban levő alkotókat érték szempontjából vizsgálva, könnyen megállapítható, hogy abban a vas képviseli a legkisebb értéket, sokkal kevésbbé fontos tehát a vörösiszap vasra való kohósítása, mint az Al_2O_3, a Na_2O és a TiO_2 nyerése.

Az Alumínium Kutató Intézet kísérletei során ezért, az eddig szokáso eljárásoktól merőben eltérve, elsősorban az Al_2O_3 és a Na_2O nyerésére helyezte a fősúlyt. A Lányi Béla által tavaly a Bányászati és Kohászati Kongresszuson ismertetett eljárás szerint a vörösiszapot szódával 900°-on pörkölve és utána timföldgyári lúggal kezelve, a vörösiszap Na_2O-ja kb. 50%-ban, az Al_2O_3

pedig 60—70%ban nyerhető vissza. Ez számszerűen azt jelenti, hogy az ebből a másodlagos feltárásból származó Al_2O_3 mennyiségileg a timföldtermelés további 14%-os emelkedését okozza, ha ilyen módon a keletkező vörösiszap egész mennyiségét feldolgozzuk. A vörösiszap feltárása után feketeszínű anyag, az ú. n. feketeiszap marad vissza, melynek átlagos összetétele

$$Fe_2O_3 = 71{,}9\%\,;\ SiO_2 = 10{,}1\%;\ TiO_2 = 6{,}3\%;\ Al_2O_3 = 11{,}6\%;\ Na_2O = 5\%$$

Ez az anyag nagy vastartalmánál fogva már könnyen és egyszerűen kohósítható vasra. Legfőbb előnye kénmentessége. Ennek folytán tipikusan olyan nyersvasfajták előállítására válik alkalmassá, amelynél az alacsony kéntartalom döntő fontosságú. A jelen pillanatban acélgyártásunkban szűk keresztmetszetet jelentő tényező többek között a folyékonyacél gyártása és a nyersvas gyártása. A feketeiszap teljes mennyiségét vasra kohósítva az ország nyersvastermelését csak 8%-al lehetne növelni. A szokásos kohósítási eljárás tehát hozna ugyan bizonyos fokú növekedést, de nem jelentene döntő változást az acélipar szűk keresztmetszetei szempontjából. Itt válik azután igen jelentőssé az utóbbi időben egyre közismertebbé váló gömbszemcsés grafiteloszlású öntöttvasak alkalmazása. A kísérletek mai állása szerint a gömbszemcsés grafitú öntöttvas nem csupán öntészeti célokra alkalmas, hanem lehetőség van hengerelt áruként való alkalmazására is. Eddigi kísérleteinkkel megállapíthattuk azt, hogy a gömbszemcsés grafit képződése csak meghatározott összetételi határok között jön létre.

Röviden összefoglalva az eddigi eredményeket, a gömbszemcsés grafit keletkezése a cementit szilárd állapotban való elbomlásának eredménye. Ez a cementit túlhűthetőségét feltételezi, ami szükségképpen vonja maga után azt, hogy gömbszemcsés grafit csak meghatározott összetételi határok között keletkezik. A gömbszemcsés grafit előállítására ma általánosságban *Ce*-t vagy *Mg*-t alkalmaznak, ahol a *Ce*-t ú. n. »Misch-metall«, a *Mg*-t pedig különféle előötvözetek — rézmagnézium, illetőleg nikkelmagnézium vagy pedig vas-szilicium-magnézium előötvözet — formájában viszik be az ötvözetbe. A *Ce*-nál pontosan kidolgoztuk azokat az összetételi határokat, melyek között gömbszemcsés grafit keletkezhetik. Az adott *C*-tartalmú nyersvasra a *Si* és *Ce* függvényben keletkező szövetelemek ábrájából megállapítható, hogy bizonyos mennyiségű *Si*-tartalom szükséges ahhoz, hogy gömbszemcsés grafit közvetlenül keletkezzék. Az ábrában körülhatárolt területen belül tehát gömbszemcsés grafitú öntvény keletkezik, amelynek szilárdsága 45 és 60 kg/mm² között van. Bizonyos fokig ez az öntvény acélöntések vagy kovácsolt acéldarabok pótlására is alkalmas, de alkalmazhatósága ilyen szempontból nem túl nagy, mert nyúlása a 4—5%-ot ritkán haladja meg. Az öntvény viszonylagos ridegségét, amely a kedvező grafiteloszlás ellenére is fennáll, nyilvánvalóan a nagy *Si*-tartalom okozza. Ha ugyanis azt az elvet vesszük figyelembe, hogy az öntöttvas nem egyéb mint grafittartalmú acél, akkor ennek az öntvénynek a legkedvezőbb grafit

eloszlás mellett is ridegnek kell lennie, hiszen az alapösszetétele a dinamólemezek összetételének felel meg. Világos tehát, hogy a közvetlenül keletkező gömbszemcsés vasaknál, legalább is *Ce* ötvözés esetén, közvetlenül hengerelhető anyagot nem lehet kapni. A *Mg*-os ötvözésre most folynak kísérleteink. Ezek célja a szövetelem ábra hasonló módon való kidolgozása *Mg*-ra is. Már az eddigi eredmények is azt mutatják, hogy a helyzet hasonló lesz. Ennek folytán a hengerelhető öntöttvas helyes összetételét az alacsonyabb *Si*-tartalmú nyersvasak között kell keresni, annál is inkább, mert a gömbszemcsés grafitú öntvényekkel végzett kísérletek azt mutatták, hogy a cementitgrafit szövetszerkezetű öntvények éppen a cementit instabil volta miatt néhány órás, sőt különlegesen kedvező esetekben néhány perces hőkezeléssel már megbonthatók. Kísérletileg ezekből az összetételekből kétórás hőkezeléssel előállítottunk már olyan öntvényeket, amelyeket 50%-ig össze lehetett kovácsolni. Ezeknek az ilyen módon kovácsolt vagy hengerelt öntöttvasaknak tekintélyes szilárdságuk mellett nyúlásuk sem kedvezőtlen, és eléri a 15—18%-ot.

Mindezeket egybevetve, közvetlenül nagyolvasztóból csapolt öntéseket 2—4 órai hőn tartás után hengerelni lehet és a hengerelt félgyártmány szilárdság és nyúlás szempontjából olyan értékeket ad, hogy számos területen alkalmas az acél helyettesítésére.

A fekete iszapból nyerhető vas különleges jelentőségét éppen az adja meg, hogy kéntartalma alacsony. Az eddigi kül- és belföldi kutatások egyértelműen igazolták, hogy a *Mg* és *Ce* hatása elsősorban kéntelenítés, és hogy csak a kéntelenített anyagban fejti ki azután mindkét ötvözőelem egyéb hatásait. A gömbszemcsés grafit előállításához szükséges *Mg* és *Ce* mennyisége, tehát annál kisebb, minél alacsonyabb a kiinduló nyersanyag kéntartalma.

Világos ezek után, hogy a feketeiszap hasznosításakor a kohósításnak olyannak kell lennie, hogy ként a nagyolvasztóban ne vehessen fel. Szükségképpen előtérbe jön tehát a villamosnagyolvasztó alkalmazása, amelyből a kedvező üzemi viszonyok miatt olyan kedvező összetételű nyersvas csapolható, amely minimális mennyiségű *Mg* fogyasztással az előbb leírt módon közvetlenül hengerelhető árut eredményez.

A feketeiszap másik alkalmazási lehetősége a frissítő ércként való felhasználás. A kérdés még nem tekinthető megoldottnak, mert a feketeiszap még nem elég magas vasoxid tartalmú ahhoz, hogy a krivojrogi vagy a svéd frissítő érceket mai formájában helyettesíteni képes legyen. Ezzel szemben a *Ti* kinyerése után elvileg lehetőség van arra, hogy a feketeiszap megfelelő agglomerálás után frissítő ércként számításba jöhessen. Az erre vonatkozó kísérletek a közeljövőben indulnak meg.

A frissítő ércként való felhasználásnál mint tömörítőeljárás elsősorban a pelletizálás jönne figyelembe, éppen egyszerűségénél és olcsóságánál fogva. A kísérleteket ebben az irányba is ki fogjuk terjeszteni. A frissítő ércként való felhasználás szükségessé teszi a *Ti* kinyerését. Ez TiO_2 formájában megoldható.

Az így nyert TiO_2 feltétlenül drága ahhoz, hogy a festékiparban használjuk fel, mivel azonban ma már a TiO_2 fémtitánná való feldolgozása is megoldottnak tekinthető, előtérbe lép a fémtitán alkalmazása.A titán 4,5 kg/dm^3 fajsúlya mellett 50—80 kg/mm^2 szilárdságú fém és így igen szerencsésen hidalja át azt a hiányt, amely a könnyű- és nehézfémek közötti területen eddig fennállt. Ötvözeteit ma még alig ismerjük. Ezeknek a rendszeres kutatása a Mechanikai Technológiai Intézetben folyik. Az eddig ismert ötvözetek között 120 kg/mm^2 szilárdságú is van. A *Ti* jelentőségét azonban nem csupán a szilárdság szabja meg, hanem igen nagy kémiai ellenállóképessége is. Igen sok területen a rozsdaálló és saválló lemezek pótlására alkalmas, ami nagy *Ni* és *Cr* megtakarítást, fog eredményezni. Figyelembe kell itt venni, hogy timföldiparunk teljes vörösiszap mennyiségét *Ti*-ra is hasznosítva az összes kitermelhető titán mennyisége hatszor annyi, mint az egész rozsda- és saválló lemezfogyasztás. Ezzel korántsem akarjuk azt állítani, hogy a titán bevezetése után minden saválló anyag ezzel cserélhető ki. Kétségtelen azonban az, hogy *Ti*-val olyan új fém kerül a magyar piacra, amely mennyiségileg sem hanyagolható el.

A Bayer-féle timföldgyártás rentabilitásának fokozása és egyben az új nyersanyagok bevezetése a magyar gazdasági életbe összefoglalva tehát ma a következőképpen áll:

1. a vanádium kitermelését a vanádiumiszapból teljesen megoldottuk. Ez a megoldás a mai vanádiumfogyasztás sokszorosát kitevő vanádiummennyiség termelését eredményezheti (Lányi-Papp-Dunay eljárás);

2. a nátronlúg és a timföld visszanyerése a vörösiszapból szintén teljesen megoldott kérdés. Ez nátronlúg fogyasztásunk csökkenését és timföldipari kapacitásunk 14%-al való növelését eredményezi;

3. a feketeiszap már jelenlegi formájában is igen nagy vastartalmú ércként kezelhető, máris kohósításra kész állapotban van, és a vörösiszap gyártásának megindulása után a kapott termékek a diósgyőri érctéglagyárban minden további nélkül feldolgozhatók. Ha azonban a feketeiszap egyéb értékes tulajdonságait is figyelembe vesszük, akkor

4. a fekete iszap előnyösen használható arra, hogy kevés ötvözőelem felhasználásával olyan nyersanyagunk legyen, amely ugyancsak kevés ötvözőelem felhasználásával gömbgrafitos öntésekre alkalmas.

Ez a kérdés még nem dőlt el; részleteiben tovább is vizsgálandó. Ugyancsak tovább vizsgálandó részleteiben még az a probléma is, hogy

5. a feketeiszap mennyiben lesz alkalmas frissítő ércként a TiO_2 eltávolítása után, és ha a TiO_2 eltávolítása gazdaságosan sikerült, akkor a már kidolgozott eljárás szerint

6. megvalósítandó a fémtitán gyártása, ami a *Ni* és *Cr*-hiányt nagymértékben fedezi.

Az eddigiekben ismertetett eljárás melléktermékek nyerésén kívül még azzal az előnnyel is jár, hogy a bauxitok alkalmazási körét bizonyos fokig

kiterjeszti. Mivel a nátronlúg visszanyerésére és a vörösiszapban levő timföld visszanyerésére mód van, a kovasavtartalom a feldolgozásra szánt bauxitban magasabb lehet, tehát a minőségi követelmények korántsem olyan szigorúak, mint az egyszerű Bayer-eljárásnál. Természetesen evvel a kovasavban dús bauxitok kérdése még nem oldódott meg, de a felhasználási kör minden esetre eléggé kitágul ahhoz, hogy az eljárás létjogosultsága már a tágabb felhasználási körrel is igazolva legyen.

A vasdús bauxitok felhasználása az eddig ismertetettektől némileg eltérő irányt jelent. Mint a Bányászati és Kohászati Kongresszuson már rámutattam, a Vasipari Kutató Intézet kísérletei szerint a vasdús bauxitok mágnesesen olyan mértékig dúsíthatók, hogy a vasdús rész Fe_2O_3 tartalma 35—40% legyen. A visszamaradó meddő Bayer-eljárással az eddigi kísérletek szerint jól feltárható, úgyhogy a vasdús bauxitokból való vastermelést összhangba kell hozni a timföldgyárak kapacitásával, tekintettel arra, hogy önmagában a 35—40%-os dúsítmány kohósításra még túlságosan költséges volna. A vasdús bauxitok vasra való kohósításának útja tehát: a vas részleges kiválasztása mágneses szeparálással és az egyébként még vasat is tartalmazó meddő feldolgozása Bayer-eljárással. A feldolgozás során vörösiszap keletkezik, amely a már előbb ismertetett feldolgozási módszer szerint tárandó fel. Ahhoz, hogy a szeparátum vasdús része jól és rentábilisan legyen kohósítható, a legcélszerűbb módszer a vörösiszap feldolgozásából visszamaradó feketeiszapnak a szeparátum vasdús részével való egyesítése, amely így nagy vastartalmú, kifogástalanul kohósítható elegyet ad. Természetesen ez az eljárás ilyen formájában a magyar nyersvastermelésnek csak kb. 10—15%-át tudja majd fedezni, ámde ennél nagyobb reményeket fűzni a bauxitok vasra való kohósításához addig, amíg az ország bauxitkincsének pontos és hiteles térképe nincs meg, nem is szabad, hiszen a vasdús bauxitok mennyiségéről erősen megoszló vélemények ennél nagyobb kapacitású művek telepítését — legalább is egyelőre — nem is teszik ajanlatossá. Nincs okunk kételkedni abban, hogy a magyar bauxitok mennyisége a geológusok által becsült 200 millió tonnát valóban eléri. Egyelőre azonban csak ennek a mennyiségnek pontosan ismert és feltárt része az, amelyre a következő terveinket alapozni lehet és szabad.

A Magyar Tudományos Akadémia megfelelő felkészültséggel rendszeresen feldolgoztatja a bauxitvagyont. A pontos kép birtokában természetesen nagyobbszabású terveket is lehet majd készíteni, de már a helyzet jelenlegi állása mellett is igen komoly alapunk van arra, hogy a vasgyártást és evvel együtt a timföldgyártás gazdaságosságát jelentős lépésekkel vigyük előre.

Ezek szerint teljesen összefüggő tervet jelent a bauxitok vasra való kohósítása, a timföldgyártás gazdaságosságának fokozása, a vanádium és a titán előállítása. Iparilag mindezt természetesen nem egyszerre kell megvalósítani. Az egész munka menetére ezidő szerint az alábbi ütemtervet lehet felfektetni, mindig úgy tekintve, hogy a laboratóriumi kísérlet eredménye már egyik pon-

ton sem vitás, de a nagyüzemi befektetést mindig csak előzetesen félüzemi kísérlet után lehet végrehajtani, mert a laboratóriumi kísérletek alapján pontos gazdasági számítást eszközölni természetesen nem lehet és nem is szabad.

1951. Vanádiumgyár felállítása a vanádiumiszap teljes mennyiségének feldolgozására. Gazdasági eredménye az ország vanádiumszükségletének 2—3 szorosát kitevő vanádiumtermelés, tehát már most megvizsgálandó, hogy a vanádiumacélok fokozottabb használatával milyen megtakarítást tudunk elérni egyéb ötvöző anyagokban. Vörösiszap kísérleti üzem felállítása és a nagyüzem terveinek elkészítése. A kísérleti tapasztalatok és tervek alapján épülhet fel az ország egész vörösiszap termelését feldolgozó üzem, illetőleg üzemek.

Vörösiszap feldolgozó üzem kiépítése egyelőre a jelenlegi Bayer-eljárá szerint gyártott vörösiszap feldolgozására. A gazdasági eredmény olyan mennyiségű feketeiszap, amely vagy a frissítő ércszükségletünk közel 50%-át tudja fedezni, vagy pedig az alacsony kéntartalom és egyéb itt nem részletezett szempontok miatt különlegesen magas értékű öntöttvas előállítására alkalmas.

A vörösiszap feldolgozással együtt a timföldgyári kapacitás 14%-kal nő. Ebben a fázisban még a titánra való tekintet nélkül volna kohósítható a fekete iszap. Ugyanez még 1952-ben kiegészíthető a szükséghez képest mágneses dúsítással. Ez a vastermelés mennyiségét még tovább növeli.

1953. A vörösiszap feldolgozó üzem kiegészítendő titánt előállító üzemmel. Az eddigi eredmények szerint így az üzem a nemes ötvözőfémek egész sorát feleslegessé tevő *Ti* mennyiséget képes termelni.

Ezzel tervszerint 1953-ig elvileg, mint ipari beruházás is megvalósítható az egész ismertetett probléma és a legnagyobb magyar ásványkincsnek, a bauxitnak felhasználása és teljes kihasználása már az eddigi kísérletek alapján is biztosítható. Az ismertetett terv ütemezése olyan, hogy a beruházások megvalósításáig már a félüzemi kísérletek adatai is mindig rendelkezésre állnak.

Abban az előnyös helyzetben vagyunk, hogy a bauxitkérdés megoldását az ötéves terv végére nemcsak kísérleti vonalon, hanem — amennyiben kísérleteink rentabilitását a félüzemi kísérletek ugyanúgy igazolják, mint ahogy a vörösiszap és a vanádium kérdésében már igazolták — iparilag is meg tudjuk a tervperiódus végére oldani. Mindezek mellett meg kell említenem azt is, hogy folynak kísérletek a bauxit folytonos feltárására. Ezek eredményéről ma még korai volna nyilatkozni, de nincs kizárva, hogy ezek a kísérletek a második ötéves tervben már ipari beruházásainknak is az eddigiektől egészen eltérő irányt fognak adni.

A MANGÁNÉRCEK FELDOLGOZÁSA

TARJÁN GUSZTÁV egyetemi ny. r. tanár.

A világ mangántermelésének több, mint 90%-át az acélgyártás, a maradék kb. 10%-ot a kémiai ipar használja fel. Az acélgyártás *Mn*-ércszükséglete az acéltermelésnek kb. 2,5%-a.

A vasipar részére szállított exportércek *Mn*-tartalma átlag 45—50% között van. A szovjet csiaturi érc *Mn*-tartalmát előkészítéssel 53—55%-ra dúsítják. (A tiszta MnO_2 mangántartalma 63,2%).

A kémiai ipar száraz elemekhez, lakkok és festékek szárításához hidrochinon előállításához, káliumpermanganát gyártásához, porcelánzománcok, cserépáruk, üvegáruk festéséhez, szürke és fekete téglák gyártásához, műtrágya gyártásához, hegesztőpálcák készítéséhez stb. még tisztább mangánércet, esetleg minél tisztább MnO_2-t, vagy ebből készíthető egyéb mangánsót kíván meg. A mangánszulfát a mangánkarbonát- és mangánfoszfátgyártás kiinduló anyaga. Műtrágyaként is alkalmazzák meszes talajban.

Hazánkban mangánércтermelés jelenlegÚrkúton folyik. Itt kb. 23—25% *Mn*-tartalmú nyersércből az érc mosása (Excelsior-mosókészülékben való ledörzsölése és az agyag eliszapolása) útján 32—34 súlyszázalékkal, 38—40% *Mn*-tartalmú dúsított terményt, 5—6 súlyszázalékkal 25—26% *Mn*-tartalmú melléktermeket (»homokot«) és 60—62 súlyszázaléknyi 16—17% *Mn* tartalmú meddőiszapot nyernek. A nyersércben levő összes mangánnak kb. 51—54%-a a dúsított terménybe, 5—6%-a a melléktermékbe és kb. 40—44%-a a meddőbe jut.

Finkey József 1934-ben a jelenlegi átlagércnél jobb nyersércmintával végzett az úrkúti mangánérc dúsítására irányuló kísérleteket. (*Előkészítési kísérletek úrkúti mangánércekkel.* Magyar Tud. Ak. Matematikai és természettudományi Értesítője 1936. évi LIV. kötet). Az általa vizsgált nyersérc *Mn*-tartalma 31,4%, az iszap mennyisége 27,9%, *Mn*-tartalma 22,8% volt. Ülepítéssel és széreléssel *ebből* a nyersércből 40% *Mn*-tartalmú dúsított ércet 54,5% súlykihozatallal, 45% *Mn*-tartalmú dúsított ércet 32,7% súlykihozatallal nyert; 68,6, ill. 45,5% fémkihozatal mellett.

1950. tavaszán az úrkúti ércmosómű racionalizálási lehetőségeinek kivizsgálása céljából végeztem kísérleteket. Ezek végeredményeként a következő megállapításokat tehettem:

1. Az Excelsior-készülékből nyert dús mangánérc fémtartalma mechanikai előkészítéssel (pl. ülepítéssel, széreléssel) *gyakorlatilag* már nem növelhető; az Excelsior kifogástalanul dolgozik.

2. A melléktermékként nyert homok a 25—26%-os *Mn*-tartalomról nagyobb *Mn*-tartalomra könnyen és jó kihozatallal dúsítható. Továbbiszapolással 28—28,5% *Mn*-tartalom nyerhető 85% súly- és 93% fémkihozatallal: széreléssel 30%-ra(vagy ennél nagyobbra is) növelhető a fémtartalom. 30% *Mn*-tartalmú

homokot 75% súly- és 87% fémkihozatallal nyerünk. A fémtartalom további növelése már nem gazdaságos: nagy fémveszteséggel jár.

3. Az elfolyó meddőiszapot megfelelő áramkészülékben (pl. hidroszeparátorban) kezelve a jelenlegi »homok« fémtartalmával azonos fémtartalmú, de jóval nagyobb mennyiségű termény állítható elő. A 25—26% *Mn*-tartalmú jelenlegi homok súlya és *Mn*-kihozatala egyaránt 6% körül van. Ehelyett a nyers iszap jobb előkészítésével kb. 28—29 súly %-nyi, 27—28% fémkihozatalt képviselő 25% *Mn*-tartalmú féltermék állítható elő. Ezzel a jelenlegi 40—44%-os fémveszteség kb. 20%-ra csökken! A jelenlegi hatalmas meddőiszap hányónak az áramkészülékben való újrafeldolgozásával is jelentős mennyiségű, kb. 25% *Mn*-tartalmú termék volna még nyerhető.

Eger-vidéki mangánérc-iszappal (63—83% finomabb 0,06 mm-nél!) 1943-ban végeztem flotálási, iszapolási és szérelési kísérleteket — érdemleges eredmény nélkül. A vizsgálat nyers iszap *Mn*-tartalma 10—12% volt, a legjobb koncentrátum *Mn*-tartalma 15,3%-ra nőtt, a legjobb meddő *Mn*-tartalma 6,6%-ra csökkent.

A magyar mangánérceket tehát az előkészítés fizikai módszereivel gyakorlatilag nem lehet export-ércek 45—50—55%-os *Mn*-tartalmára feldúsítani.

A költségesebb metallurgiai eljárások ellenben bizonyára alkalmasak arra, hogy a mi szegényebb mangánérceinkből vagy akár a meddő iszapból is nyerhessünk nagy fémtartalmú, tiszta mangánsókat, esetleg mangánoxidokat.

Három ilyen eljárásra hívom fel itt a figyelmet.

Az egyik Horváth Zoltánnak, a soproni fémkohászati tanszéken az úrkúti mosás meddő anyagával kikísérletezett eljárása. Vasmentes mangánszulfát oldatot nyert a mangánérc pirittel való összekeverése, 500°-on való pörkölése és vízzel való kilugzása útján. A mangán 88%-a oldatba ment. Az eljárást dr. Horváth a *Bányászati és Kohászati Lapok* 1949. évi 5—6. számában ismertette.

Főleg a nagy SiO_2-tartalmú Eger-vidéki mangánérc értékesítésére látszik alkalmasnak a Bradley eljárás. Leírása az *Engineering and Mining Journal* 1929. évi Vol. 127, No 26 és Vol. 128, No 1. számában található meg. (Carl Zapffe: *Leaching Manganese from the siliceous iron ores of Minnesota.*) Az eljárással a közlemény szerint a Cuyuna-környék (Minnesota) 13,8 *Mn*, 2475, *Fe*, 22,1 SiO_2, 2,25 Al_2O_3, 0,9 *CaO*, 8,01 komb. víz, 10,00 nedvesség tartalmú nyersércéből 67,31 *Mn*, 4,83 *Fe*, 2,67 SiO_2, 0,012 *P*, 0,35 Al_2O_3, 0,16 *MgO*, 0,235 *C*-tartalmú »sintert« állítottak elő, 92%-os *Mn*-kihozatallal. Az eljárás főleg nagy SiO_2-tartalmú mangánoxidos ércekre alkalmazható, mégpedig minél kisebb a vas és minél nagyobb a SiO_2-tartalom, annál jobban. (Az általam 1943-ban vizsgált Eger-vidéki érc 9,86 Fe_2O_3 és 31,20 SiO_2 tartalmú volt.) A foszfor nem kerül a »sinterbe«. A közlemény szerint 8—9% *Mn*-tartalmú bázikus salakokból is 85%-os kihozatalt értek el ezzel az eljárással.

A Bradley-eljárás lényege röviden:

A kb. 0,2 mm finomra őrölt anyagot 400° C-on redukáló atmoszférában pörkölik; eközben a MnO_2 MnO-vá redukálódik. Ez oldódik vizes $(NH_4)_2SO_4$-oldatban: $MnO + 2(NH_4)_2SO_4 = MnSO_4 + 2NH_3 + H_2O$. A tiszta-szűrlet és a gáz a standard ammónia toronyba kerül, ahol a $MnSO_4 + 2NH_3 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + Mn(OH)_2$ képlet szerinti reakció játszódik le. A mangánhidroxid atmoszferikus levegőben a $2\,Mn(OH)_2 = O + 2\,Mn\,O.OH + H_2O$ képlet szerint $MnO.OH$-vá alakul: ez stabilis, szilárd vegyület, ülepíthető, mosható, szárítható és összesülhet (»sinter«).

A harmadik eljárást, amelyre fel szeretném hívni a szakkörök figyelmét, a *Mining Engineering* 1950. márciusi számában ismertették. (Norman Ketzlach: *Production of Ammonium Sulphate and Manganese Oxides*). Az eljárás lényege: A MnO_2 kénessavban, a MnO kénsavban feloldódik és $MnSO_4$ képződik. Az oldást 60° C-on végzik. Kellő mennyiségű O_2 jelenléte megakadályozza a káros MnS_2O_6 képződését. A *Fe*, *Al* és *Si*-szennyezések eltávolítása a mangánszulfát oldatból a pH beállításával (<5), hevítéssel és levegőztetéssel, esetleg kevés anmónia hozzáadásával történik. A tiszta mangánszulfát-oldatból 2,8 atm légnyomásnál további ammónia hozzáadására $pH=9$ körül mangánoxidok (70—80%-ban MnO_2) csapódnak ki, ammóniumszulfát egyidejű nyerése mellett, az alábbi reakció-egyenletek szerint:

$$MnSO_4 + 2NH_4OH = MnO + (NH_4)_2SO_4 + H_2O.$$

$$2MnSO_4 + O_2 + 4NH_4OH = 2MnO_2 + 2(NH_4)_2SO_4 + 2H_2O.$$

A *Mn*-kihozatal 90%. 100 kg 27% *Mn*-tartalmú nyersanyagból 42 kg 58% *Mn*-tartalmú mangánoxid nyerhető, 56 kg ammóniumszulfát mellett.

KISEBB MENNYISÉGBEN ELŐFORDULÓ VASSZEGÉNY ÉRCEINK FELDOLGOZÁSA

VISNYOVSZKY LÁSZLÓ kohómérnök

A bauxiton és a rudabányai ércen kívül más számottevő ércelőfordulást jelenleg Magyarországon nem ismerünk. A Szele említette szarvaskői, bagaméri, regéci és pécsváradi ércelőfordulásoknál, valamint a még ideszámítható Mád- és Aggtelek-környéki ércnél az eddig megállapított ércvagyon olyan csekély, hogy annak feldolgozása ércellátásunkban nem jelent komoly segítséget. Ezek az ércek általában vas-szegények, kohósításra való előkészítésük olyan nagy beruházást igényel, hogy a berendezés az ércvagyon csekélysége miatt nem amortizálható.

Tekintettel arra, hogy a multban a szarvaskői és a bagaméri érc sokszor állt az érdeklődés előterében, nem lesz érdektelen ismertetni ezek hasznosítási lehetőségét már csak azért sem, mert érdekes kohászati problémákat vetnek fel, és ezeket a problémákat sikerült megoldani.

A Szarvaskő határában előforduló ú. n. wehrlit-érc földtani meghatározás szerint a mélyben megmerevedő magma-törzs (lakkolitnak) bázikus elkülönülési terméke, vanádium-tartalmú magnetit és ilmenit behintésekkel. Az általam ismert rész 25% vastartalom mellett 10—12% Ti-oxidot és 0,2% vanádiumot tartalmaz. Földtanilag és ásványtanilag az ércelőfordulást még nem tárták fel kellően, az ércvagyonra vonatkozó becslések is rendkívül eltérőek. Régebben a wehrlit mennyiségét 5 000 000 tonnára becsülték, de az újabb vizsgálatok csak 400 000 tonnát mutatnak. Schmidt Eligius szerint pedig csak 260 000 tonna ércvagyonra lehet számítani.

Ha a wehrlitet vasércnek tekintjük, nyersvasra kohósításkor a kísérő kőzetekből 1 tonna nyersvas mellett 3 tonna salak képződik, tehát kohósítása megfelelő dúsítás nélkül önmagában nem lehet gazdaságos. Olyan vasdús érc mellett azonban, mint pl. a svéd vagy a bolgár magnetit, ahol a salakmennyiséget mesterségesen kell növelni, salakképzésre alkalmas, sőt előnyösen fel is használható. A multban volt rá eset, hogy öntészeti nyersvas-gyártáshoz külföldről vásároltunk salakképző ércet. Ezt az ércet a wehrlit mindenkor helyettesítheti. Ha évi 100 000 tonna öntészeti nyersvas-gyártáshoz 130 000 tonna svéd ércet használunk, akkor a wehrlitből salakképző ércként 65 000 tonna volna gazdaságosan feldolgozható. Ennek a gyártásnak salakja a normális szilikátsalak, mely 5—6% TiO_2-t tartalmaz. Ebből a TiO_2 már nem nyerhető ki, s így ezt a salakot értéktelennek kell tekinteni.

Svéd ércből azonban aluminátsalakkal is lehet öntészeti nyersvasat gyártani. Ehhez salakképzőnek bauxitot használhatunk. Ez az eljárás azért előnyösebb a wehrlittel történő salakképzésnél, mert az aluminátsalak értékes melléktermék. Ez a salak akár cementre, akár timföldre feldolgozható. Abban az esetben tehát, ha svéd ércből gyártanánk a nyersvasat, sokkal érdemesebb salakképzőnek bauxitot, mint wehrlitet használni. Ennek alapján kimondhatjuk, hogy a wehrlit mint vasérc semilyen vonatkozásban sem jöhet számításba.

A wehrlit kohósítására egyébként 1938-ban végeztünk kisüzemi kísérletet. Ez kedvező eredménnyel végződött, igazolva azt a tényt, hogy a salak TiO_2 tartalma nagyolvasztóban való kohósításkor nehézséget nem okoz mindaddig, amíg a TiO_2-t bázisnak tekintjük, és a salakképzést ennek megfelelően vezetjük.

A wehrlitet *Ti*-tartalmánál fogva gyenge minőségű *Ti*-ércnek is lehet tekinteni. Ámde *Ti*-tartalma is olyan alacsony, hogy dúsításnak kell alávetni. A dúsítás lehetősége megvan. Elvégzett kísérletek szerint a redukálás és azt követő mágneses szeparálás után a *Ti* együtt dúsul a vassal, és az előállítható koncentrátum 35—45% vastartalom mellett 25—35% TiO_2-t tartalmaz. Ez az összetétel már megközelíti a *Ti*-vasérceknek, pl. az ilmenitnek összetételét, és így a *Ti*-termékekre technikailag jól bevált eljárásokkal feldolgozható.

A wehrlit másik értékes alkotórésze a vanádium. Különböző helyekről és időkből származó elemzések szerint *V*-tartalma 1% fölé is emelkedik. A vaná-

dium igen értékes ötvöző-elem az acéliparban, és a mi esetünkben azért fontos, mert takarék-acéloknál nikkelt és wolfrámot is helyettesíthet. Szükséges tehát, hogy a wehrlitre elsősorban ebből a szempontból fordítsunk figyelmet. Scherf Emil szerint a szarvaskői wehrlit-előfordulásnál megvan a földtani előfeltétele annak, hogy a vanádiumdúsulások lépjenek fel, és az érc *V*-tartalma magas értéket is elérjen.

A wehrlithez teljesen hasonló jellegű indiai érceknél a vanádium-tartalom helyenként 5—6%. A vanádium ezekben az ércekben éppúgy, mint a wehrlitben vanado-magnetit, illetve coulsonit alakjában fordul elő. Minthogy a legújabb kutatások szerint az ilyen ércek coulsonit-tartalma másodlagos képződmény, mely a magma megszilárdulásának végső fázisában visszamaradt anyaglúgokból rakódik le a kőzetek pórusaiba, a helyi dúsulások lehetősége mindenkor fennáll.

A wehrlitről megállapíthatjuk, hogy nem vas-, hanem *Ti*-, illetve vanádiumércnek kell tekinteni, és a feldolgozás irányát elsősorban erre kell fordítani. Ipari feldolgozás megindítása csak akkor jöhetne számításba, ha részletes földtani feltárás biztosítaná azt a mennyiséget és minőséget, mely a fentebb vázolt ipari feldolgozás méreteit biztosíthatja.

A bagaméri érc.

A Debrecen határában nagy területen előforduló, ú. n. bagaméri vasérc tipikus gyepvasérc. Összetétele átlagban:

Fe	22—25%
Mn	3— 6%
P	1— 2,5%
SiO_2	25—35%

Ez az összetétel, eltekintve az alacsony vastartalomtól, mely megfelelő eljárással feldúsítható volna, semmiképpen sem kedvező. Acélnyersvas gyártására nagy *P*, öntészeti nyersvasgyártásra nagy *Mn*-tartalma miatt nem előnyös. Kohósításakor meg kell oldani a *Mn* és a *P* szétválasztását. Ezt a kérdést nagyüzemileg meg is oldottuk a macskamezői érc esetében, de az eljárás a bagaméri ércnél is alkalmazható volna. Lényege, hogy erősen savanyú salakképzés közben a *Mn*-nak 95%-a salakká válik, a *P* pedig a nyersvasba redukálódik. A nyersvas tehát, mint nagy *P*-tartalmú Thomas-nyersvas dolgozható fel acéllá. A *P*-mentes salak a bagaméri érc esetében 8—10% *Mn*-t tartalmaz, tehát különösebb értéket nem képvisel. Ennek a kohósítási eljárásnak akkor lenne létjogosultsága, ha valamely hazai acélművünk átállana szélfrissítéses eljárásra, thomaszírozásra. Ennek viszont az volna az előfeltétele, hogy évtizedekre

biztosítva legyen az ércbázis. Mivel a bagaméri érc mennyisége alig 70 000 tonna, megállapíthatjuk, hogy ez az ércelőfordulás kicsinysége miatt ilyen vonatkozásban számításba sem jöhet.

A bagaméri érc *P*-tartalma figyelemreméltó. Ha az ércet a fenti eljárással savanyú salak mellett nagyolvasztóban kohósítjuk, akkor 1—2% *Mn* és 5—6% *P*-tartalmú nyersvas gyártható belőle kb. 0,2—0,3% *S*-tartalommal. Ez a nyersvas — nagy *S*-tartalma miatt — közvetlenül nem használható fel, de öntészeti nyersvas gyártásakor, hozzáadvgolva az ércelegyhez, fedezheti öntészeti nyersvas-gyártásunk hiányzó *P*-szükségletét.

A savanyú salakkal való kohósítás ebben az esetben ércelőkészítő eljárásnak tekintendő és minden külön berendezés nélkül keresztülvihető akkor, amikor erre a célra szabad nagyolvasztó-kapacitás áll rendelkezésre.

A regéci, mádi és egyéb ércelőfordulásoknál a vastartalom savanyú kísérő kőzetek mellett alacsony. Kohósításuk csak akkor volna gazdaságos, ha előzetesen megfelelő előkészítésnek vetnénk őket alá. Itt szóbajöhetne a Krupp-eljárás. Ezzel az eljárással forgó-kemencében az érc vastartalma a meddőtől tökéletesen elválasztható, és a vas a kemencéből kisebb-nagyobb golyók alakjában mint meddőtől és salaktól mentes, tiszta fém kerül ki. Ez a vas — bár alacsony *C*-tartalmú — mégsem egyenértékű az acélgyártásra alkalmas hulladékvassal nagy *S*-tartalma miatt. A terméket tehát nagyolvasztóban kellene újra nyersvassá átömleszteni. Az eljárás még így is gazdaságos lehet, de gyakorlatba vételének előfeltétele itt is az, hogy a rendelkezésre álló ércekből legalább évi 100 000 tonnát lehessen feldolgozni és az ércvagyon hosszú időre biztosítsa a üzemet. Minthogy jelenlegi ismereteink szerint ezen ércek mennyisége együttesen és összesen is alig haladja meg a 100 000 tonnát, arra Krupp-eljárást építeni még akkor sem volna érdemes, ha a bagaméri ércet is ebben a berendezésben dolgoznánk fel. Minthogy külön előkészítő berendezést ezekre az ércekre felállítani nem látszik érdemesnek, ezeknél is szóba jöhet a savanyú salakkal való kohósítás, mint előkészítő eljárás. Ennek előfeltétele azonban a nagyolvasztókapacitás, amivel nem rendelkezünk.

Vasércnek kell tekintenünk az ipari melléktermékeket is. Ezek mennyisége számottevő, és így feldolgozásuk lehetőségeivel feltétlenül érdemes foglalkozni. A szóba jöhető anyagok: a piritpörk, a Martin-salak, a vörös iszap és az *Mn*-iszap.

A piritpörk évi mennyisége az ötéves terv végén 100 000 tonna lesz. Vastartalma 60%. Kohósításánál megoldandó probléma a darabosítás és esetleg a réztelenítés kérdése. A jelenleg rendelkezésre álló piritek ugyanis réztartalmúak. Kohósításkor a réz a nyersvasba redukálódik, de a réztartalmú nyersvas acélgyártásra csak igen korlátolt területen használható fel, ezért amennyiben a piritpörkből acélnyersvasat akarunk gyártani, előzőleg feltétlenül réztelenìteni kell. Erre a lehetőség megvan és az eljárás kidolgozása befejezéshez közeledik.

Amennyiben a piritpörkből nem acélnyersvasat, hanem öntészeti nyersvasat akarunk gyártani, a réztartalomnak nincs különösebb jelentősége, sőt külföldi eredmények szerint a nyersvasnak csak előnyére szolgál. Hazai viszonylatban is végeztünk már ezirányú kísérleteket. Közel 1% réztartalmú nyersvasat gyártottunk a piritpörkből, és ennek öntészeti célokra való felhasználásakor semmiféle hátrányt nem tapasztaltunk. A kísérletek még nem fejeződtek be. A közeljövőben nagyobb mennyiségű, kb. 300 tonna réztartalmú nyersvasat fogunk gyártani a nyersvas minőségének üzemi kipróbálására. Általában a piritpörk egyéb szennyezéseit — mint az arzén, antimon, cink — figyelembe véve, kedvezőbbnek látszik, ha a piritpörköt nem acélnyersvas, hanem öntészeti nyersvas gyártására használjuk fel.

Öntészeti nyersvas gyártására hazai ércünk nincs, de a piritpörköt erre a célra igen kedvezően beállíthatjuk, ha a piritpörköt nem szilikát-, hanem aluminátsalak-képzés mellett kohósítjuk, amikor salakképzőnek vastartalmú bauxitokat lehet felhasználni. Az ország 100 000 tonnát kitevő öntészeti nyersvasszükséglete tisztán piritpörkből és a vastartalmú bauxitból fedezhető. A gyártás salakja ebben az esetben aluminátcement. Ez igen kedvezően használható fel magának a piritpörknek darabosítására is oly módon, hogy a piritpörkből és a salakból kiképzett cementből ércbetont készítünk, mely 24 óra alatt már annyira megkeményedik, hogy nagyolvasztóba adagolható. Kísérleteinknél a piritpörkből aluminátcementtel készített ércbeton nyomószilárdsága 40—50 kg/cm² volt. Ez nem túlnagy szilárdság, de esetünkben kielégítőnek bizonyult. Minthogy az aluminátcement tűzálló, az ércbeton magasabb hőmérsékleten sem esik szét, csupán veszít szilárdságából. Ilyen módon megoldódik a piritpörk darabosítási kérdése is, minden különösebb előkészítő berendezés nélkül, továbbá kikapcsolódik a piritpörk réztelenítésének és kéntelenítésének kérdése. A kohósítás saját salakjából képezett darabos beton csaknem önmagában járó ércelegyet ad, tehát mészkőhozagolásra alig van szükség. A piritpörk nagy *S*-tartalma az elvégzett kísérletek szerint kohósításnál nehézséget nem okoz, mert az aluminátsalak kéntelenítő hatása lényegesen nagyobb, mint a szilikátsalaké, és így 3—4% *S*-tartalmú piritpörkök is közvetlenül kohósíthatók.

Minthogy az aluminátsalakot bauxitból képezzük, mely mindenkor tartalmaz TiO_2-t, a nyersvas *Ti*-tartalmú lesz. Köztudomású, hogy a *Ti*-tartalmú nyersvas lényegesen finomabb szemcseszerkezetű és grafiteloszlású, tehát lényegesen jobb minőségű, mint a szilikátsalakkal gyártott nyersvas, nem is beszélve arról, hogy ennek a nyersvasnak a *S*-tartalma 0,01% alatt is tartható.

A piritpörk feldolgozásánál tehát a leghelyesebb megoldás az, ha a piritpörkből bauxit segítségével, aluminátsalakképzés mellett gyártunk öntészeti nyersvasat. Az erre vonatkozó kísérletek már beigazolták, hogy ennek a gyártásnak technikai akadálya nincs, a gyártás gazdaságos, a nyersvas kiváló minőségű. Magyarországi viszonylatban, ahol nagy mennyiségben rendelkezünk vastartalmú bauxitokkal, ennek a megoldásnak van leginkább létjogosultsága.

A Martin-salak

Az ötéves terv végére termelendő kb. évi 2 000 000 tonna acél után 400 000 tonna Martin-salak fog képződni. A Martin-salakok gyakorlatilag 20—25% vasat tartalmaznak 10—12% *Mn* mellett. A Martin-salakban levő vasoxidtartalom általában nem több, mint 10—15%, de a kisebb-nagyobb granáliák alakjában mindenkor jelenlevő vasmennyiséggel együtt gyakorlatilag 20—25% az összes vastartalom, ami azt jelenti, hogy a Martin-salakkal évenként 80—100 000 tonna vasat dobunk ki a hányóra. Nagyolvasztóba adagolva *Mn*-tartalmánál fogva a Martin-salak számottevő *Mn*-ércet is helyettesíthet a kohósításnál, és minthogy szabad *CaO*-tartalma általában 20% körül van, nagyolvasztóban tetemes mennyiségű mészkövet pótolunk vele, azzal az előnnyel, hogy ez a mész már égetett mész alakjában kerül a kohóba.

A Martin-salak nagy hátránya a *P*-tartalom, ami kohósításának is határt szab. A bagaméri ércnél említett *Mn* és *P* szétválasztási eljárás a Martin-salak esetében, ennek erős bázikussága miatt nem jöhet számításba. Itt tehát az a helyzet, hogy csak annyi Martin-salakot tudunk az acélnyersvas-gyártás ércelegyébe keverni, ami nem emeli a nyersvas *P*-tartalmát az acélművek által megadott mindenkori *P*-tartalom fölé. A nyersvasban az acélművek jelenleg legfeljebb 0,2% *P*-t fogadnak el. Ennek biztosítására a Martin-salakot az ércelegyhez maximum 5%-ban tudjuk adagolni. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a képződő Martin-salaknak csak a felét — mintegy 200 000 tonnát — fogjuk tudni feldolgozni. A másik fele a hányóra kerül 40—50 000 tonna vas- és 20—25 000 tonna *Mn*-tartalommal.

Az ötéves terv végén szükséges acélnyersvas-termeléshez elegendő *Mn*-ércünk nem lesz még akkor sem, ha az úrkúti *Mn*-mosó eddig hányóra dobott *Mn*-iszapját teljes mértékben feldolgozzák. Szükség lesz tehát arra, hogy külföldről vásároljunk *Mn*-ércet, vagy pedig az acélműveknek kell alacsonyabb *Mn*-, illetve magasabb *P*-tartalmú nyersvassal megelégedniök. A nyersvasnak 0,35% *P*-tartalma mellett minden Martin-salakot be tudnánk a nagyolvasztóba adagolni, és ezzel a hiányzó *Mn*-ércet is teljesen helyettesíthetnénk, azonkívül a Martin-salakkal bevitt vasmennyiség 100 000 tonna 50%-os külföldi vasércet és 100 000 tonna mészkövet is pótolna.

Mindaddig, amíg az acélművek a *P*-tartalom tekintetében engedményeket nem tesznek, a teljes Martin-salak feldolgozása probléma marad, illetve csak megfelelő előkészítéssel volna megoldható. Ilyen előkészítés lehetne a Martin-salak kémiai *P*-talanítása. Ez nehezen megoldható kérdés, de talán nem reménytelen. A másik út, hogy mágneses szeparálással válasszuk ki a salakban lévő számottevő mennyiségű fémvasat. Ezzel ugyan a *Mn* nagyrésze elvész, de legalább a vasat részben visszanyerhetjük. Mágneses dúsítással 50—60% *Fe* és 4—5% *Mn*-tartalmú dús salak állítható elő. Ezt az eljárást az üzemek általában alkalmazzák, de nem fordítanak rá elég gondot, és így alig 10%-át termelik ki

annak a vasmennyiségnek, amely rendszeres munkával visszanyerhető volna.

A salakhányók feldolgozásával a termelő üzemeknek nincs módjuk kellőképpen törődni, ezért külföldön a salakhányók feldolgozását külön cégek végzik, amelyek csak ezzel foglalkoznak.

Véleményem szerint nálunk is így kell megoldani a kérdést, és a salakhányók kitermelésére külön vállalatot kell alapítani. Ennek segítségével a jelenleg kitermelt salakhányói vasnak kb. tízszeresét kaphatnánk vissza.

Meg kell még emlékezni a Martin-salakok értékesítésének arról a módjáról, amikor a Martin-salakot önmagában kohósítjuk nagyolvasztóban. Mint említettem, itt a *Mn* és *P* szétválasztásáról nem lehet szó. Ellenben gyártható a Martin-salakból *P*-tartalmú tükörnyersvas, melynek *Mn*-tartalma 18—20%, *P*-tartalma pedig 2—3%. A nyersvas *Mn*- és *P*-tartalma konverterben választható el egymástól frissítéssel. A szélfrissítés első periódusában a *Mn* ég ki, második periódusában a *P*. Két lépcsőben való fújtatás mellett *P*-os tükrösvasból acél, *P*-szegény *Mn*-salak, továbbá *P*-dús salak gyártható. Mindhárom termék jelentős értéket képvisel, mert a *Mn*-salak mint *Mn*-érc, a *P*-salak mint műtrágya értékesíthető. Az eljárás hazai viszonylatban mégsem látszik gazdaságosnak, a tükrös nyersvas-gyártás nagy kokszszükséglete miatt, de különben sem rendelkezünk erre a célra nagyolvasztó-kapacitással és konverterüzemünk sincs.

A tükrös nyersvas *Mn*-tartalmának leválasztására van még egy mód, és pedig a pirittel való összeolvasztás. Így igen tiszta *Fe*- és *P*-mentes *Mn*-szulfid salak képezhető. Ez a salak *Mn*-fém gyártásának lehet alapanyaga, megfelelő kéntelenítő pörkölés után. Az eljárás tömeggyártásra nem alkalmas, s így a Martin-salak teljes mennyiségét ezúton hasznosítani nem lehet.

A vörös- és mangániszapoknál megoldandó kérdés a darabosítás, mellyel alkalmassá válnak a nagyolvasztóba adagolásra. Egyedül Németországban foglalkoztak a vörösiszap feldolgozásának kérdésével. A legkedvezőbbnek kínálkozó Krupp-eljárás tisztán vörös iszap esetén nem mutatkozott kielégítőnek, úgyszintén a Greenawalt-eljárás sem, mert mindkét esetben költséges előzetes szárítás szükséges, és a porveszteségek túlnagyok.

Hazai kísérleteink arra irányultak, hogy előzetes szárítás nélkül tegyük darabosíthatóvá az iszapot. Sikerült a kérdést megoldani úgy, hogy a nedves iszapot más, szintén darabosításra szoruló száraz ércporokkal keverjük, és az így képezett kb. 15% nedvességtartalmú gyúrható masszából téglákat készítünk, s ezeket kiégetjük. A vörös iszap itt az ércporok között kötőanyagként szerepel, s a kiégetett érctégla igen jó minőségű, szilárd, időálló, porózus, könnyen redukálható, darabos ércet szolgáltat. Az eljárás, mely egyébként MÁVAG Bejna—Visnyovszky szabadalom, Diósgyőrben nagyüzemileg megvalósult, és eddig több mint 10 000 tonna vörös iszapot dolgozott fel.

Az eljárás Diósgyőr kivitelében kissé nehézkes, mert az érctéglákat kézierővel kell az égetőkocsikra rakni és alagút-kemencében kiégetni. Tömeg-

gyártáshoz meg kell még oldani ennek a két munkamenetnek a mechanizálását. Erre alkalmasnak látszik a legújabban kialakuló ú. n. golyóképző, pelletizáló eljárás. Ez az eljárás igen finom ércporokból, mágneses koncentrátumokból nedves úton téglák helyett golyókat képez. A golyókat aknás kemencében égetik ki éppen úgy, mint mi azt az érctéglákkal alagút-kemencében tesszük.

A golyóképző eljárásra csak igen finom ércporok alkalmasak, melyek nedves állapotban alakálló testeket képezhetnek. Esetünkben ezt a finom ércet a vörös iszap, illetve *Mn*-iszap helyettesítheti és ezen iszapokkal mint kötőanyaggal, az eddigi közel egy éves üzemeredmények szerint, bármely érc alakálló masszává, golyókká gyúrható össze. A golyóképzésre aránylag rövid dob alkalmazható, amelybe pl. a téglaprésből közvetlenül esnek be a masszából levágott darabok. Ezzel elesik a nehézkes téglagyártás munkája, az alagútkemencét pedig aknás kemence helyettesíti. Ez esetben az adagolás és a termék kiszedése tökéletesen automatizálható. Külföldi vélemények szerint a golyós tömörítő-üzem mind beruházási, mind üzemi szempontból jóval olcsóbb, mint a Dwight—Lloyd-féle és a Greenawalt-üzem. A golyós tömörítő eljárások igazolják azt, hogy amikor a vörös iszapot más ércporoknál kötőanyagul használtuk, helyes úton jártunk el ércdarabosítási eljárásunk kialakításában, és ha téglagyártás helyett golyóképzést alkalmazunk, és a golyókat aknás kemencében tudjuk kiégetni, a legmodernebb darabosító berendezést alakítottuk ki.

Az iszapok kilátásba helyezett dúsítása nem fogja rontani a golyógyártás szempontjából szükséges köthetőképességet, mert pl. Svédországban 69% *Fe*-tartalmú ércporoknál is alkalmazzák a golyós tömörítő eljárást. A dúsított iszapok előreláthatólag kedvezni fognak az ércgolyóképzésnek, mert belőlük magas *Fe*-tartalmuknál fogva több keverhető az ércporokhoz, mint a jelenlegi iszapokból.

FORBÁTH RÓBERT vegyészmérnök.

Visnyovszky László a vasszegény ércek és melléktermékek ismertetésénél a bagaméri érc és a Martin-salak kohósítási kérdésének főproblémáját a *P*-tartalomban látja.

A bagaméri ércnél javasolja a savanyú salakkal való kohósítást és úgy véli, hogy az így nyert nagy *S*, *Mn* és *P*-tartalmú nyersvasat öntészeti nyersvasunk felfoszforozására használhatjuk fel. A Martin-salak ismertetésénél több bonyolult és kétséges gazdaságosságú eljárást említ, de végső következtetésben az acélnyersvas megengedett *P*-tartalmának 0,35%-ra való emelését javasolja. Evvel valóban lehetségessé válna egész Martin-salak termelésünk feldolgozása és a benne levő értékek visszanyerése.

Futólag említést is tesz a bázikus szélfrissítés, a Thomas-eljárás lehetőségéről. Véleményem szerint azonban éppen a Thomas-eljárás magyarországi bevezetése oldaná meg, számos egyéb kérdés mellett, az itt felvetett problémákat is.

Anélkül, hogy a Thomas-eljárás rendkívüli műszaki és gazdasági előnyeit részleteiben ismertetném, — tehát a külső tüzelés elmaradását, az igen nagy szénmegtakarítást, a tűzálló anyagként használt dolomit hazai eredetét, a rendkívül gyors munkamenetet, az óriási produktivitást, az aránylag kis beruházási költséget, a ma már biztonságosan elérhető jó acélminőséget, — fel kell említenem két döntő hazai tényezőt: a nyomasztó ócskavashiányt és a mezőgazdaság óriási foszforos műtrágyaszükségletét, amit kénsavhelyzetünk miatt még sokáig nem tudunk kielégíteni.

A Visnyovszky által felvetett kérdés szempontjából is teljes megoldást eredményezne a Thomas-eljárás bevezetése. Mind a bagaméri érc, mind a Martin-salak adagolását az ércelegyhez sem a *P*-tartalom, sem a *Mn*-tartalom nem korlátozza, ellenkezőleg a Thomas-eljáráshoz szükséges 1,7% *P*-tartalmú nyersvasat részben ezeknnk az érceknek a segítségével lehet előállítani, a hiányzó *P*-tartalmat pedig a műtrágyagyártáshoz amúgyis importált nyersfoszfát egy részének segítségével visszük a nagyolvasztóba, illetve a nyersvasba.

Az eljárás minden részlete műszakilag teljesen ismert és sokszorosan bevált. A gazdasági számítások szerint is rendkívül nagy megtakarítások érhetők el vele amellett, hogy ócskavas- és műtrágya-problémáinkat szinte teljesen megoldjuk.

Nem véletlen, hogy a szélfrissítési eljárások, éspedig különösen a bázikus eljárás, megint az érdeklődés középpontjában állnak az egész világon, így a Szovjetunióban is. A technikai fejlődés magával hozta e kitűnő eljárásnak általános reneszanszát.

JAKOBY LÁSZLÓ kohómérnök

Szakmailag nem kíván hozzászólni az elhangzott előadásokhoz, csak arra a körülményre hívja fel a figyelmet, hogy népgazdaságunknak komoly fémkohászati problémái vannak, amelyeknek megtárgyalására jelenleg az Akadémiának nincs megfelelő bizottsága. Javasolja, hogy a Magyar Tudományos Akadémia műszaki osztálya sürgősen állítson fel egy akadémiai fémkohászati bizottságot.

ZSÁK VIKTOR ny. r. egyetemi tanár

1. Gillemot László akadémikus említette, hogy a timföldgyártásnál kapott vörösiszap további feldolgozásakor nyert feketeiszap átlagosösszetétele: $Fe_2O_3 = 72\%$, $SiO_2 = 10\%$, $Al_2O_3 = 11{,}6\%$, $TiO_2 = 6{,}3\%$, $Na_2O = 5\%$.

E feketeiszapból darabosítás után elsősorban speciális öntődei nyersvasak gyártását tervezik, de esetleg számításba jöhet frissítő anyagként a Martin-kemencében való felhasználás is.

Szerintem ez az utóbbi felhasználás hazai viszonylatban fontosabb. Hazai Martin-műveink tudvalevőleg az ismert ócskavashiány miatt kényszerülnek

mind nagyobb mennyiségű nyersvasat adagolni, de ennek frissítésére vasdús és sziliciumban szegény ércet kell hozagolni, mert hiszen a szilicium, illetőleg a kovasav adja a legtöbb salakot. Nem vitás, hogy erre a mágnesvasércek felelnek meg legjobban. Ilyenek nagyobb mennyiségben Észak-Svédországban és a Szovjetunióban, az Uralban vannak. A beszerzés innen, ha nem is lehetetlen, de feltétlenül igen költséges lenne. Ez okból frissítésre nálunk olyan vörös vasérceket használnak, amelyek külföldről könnyebben beszerezhetők. A hazai vasércek éppen alacsony vas- és magas kovasavtartalmuk miatt nem jönnek számításba.

Az említett fekete iszap kovasavtartalma még elég magas; zavar a titánsavtartalom is.

Mivel azonban a kovasav nincsen a vasoxidhoz kötve, azt hiszem, mágneses szeparációval legalább a felét el lehetne választani, a titánsav kinyerése — meg úgy is kívánatos. Az előkészítés után a vasoxid így elérné a 80%-t, a kovasav pedig kb. 5%-ra csökkenne. Ekkor olyan frissítő anyagot kapnánk, mely már igen közel esnék a mágnesvasérchez. Emellett a fekete iszapot nem kellene darabosítani, ami — mint többen említették — eléggé problematikus.

2. Egyik felszólaló a nyers piritpörkből öntődei nyersvasat akar gyártani azért, mert abban a réztartalom nem káros. Ez igaz a szürkeöntvényre, de mi lesz, ha az ilyen magas réztartalmú törmelék később az ócskavasba, s így az acélművekbe is belekerül, ahol, mint tudjuk, igen káros. Mindig ellenzem olyan ötvözők felhasználását, melyek később az ócskavasban nem kívánatosak.

3. Említették, hogy a Martin-salaknak az olvasztóban való nagyobbmérvű felhasználását akadályozza annak magas foszfortartalma, mivel a belőle gyártott acélnyersvas foszfortartalma magasabb a kívánatosnál. Ez igaz az álló Martin-kemencék esetén, de buktatható Martin-kemencékben magasabb foszfortartalmú nyersvasat is könnyen feldolgozhatunk. A fejlődés iránya úgyis a buktatható Martin-kemencék felé mutat, s így legfeljebb az átmeneti időben kellene magasabb foszfortartalmú nyersvas tárolására külön keverőt felállítani, amely a buktatható kemencéket látja el nyersvassal.

4. Forbáth Róbert ismételten a Thomas-féle acélgyártás bevezetését ajánlja. Erről már többször volt szó, de erre a kérdésre nem lehet egy rövid felszólalás keretében érdemlegesen válaszolni. Ez nagy megfontolást kíván.

VERES IMRE vegyészmérnök

Gillemot László akadémikus javaslatai közül a legelsővel kívánok foglalkozni, tehát azzal a résszel, mely vanádium-üzemnek 1951-re való felépítésére vonatkozott.

Ahhoz, hogy a kérdést tárgyalhassuk, előre kell bocsátanom, hogy az ú. n. vanádiumiszap, másként fehériszap feldolgozásáról van szó.

Ez az iszap a Bayer-timföldgyártás melléktermékeként keletkezik az ismert

módon, és az ú. n. Dorr-ülepítőkben gyűlik össze. A vanádium az iszapban nátriummetavanadát alakjában található. A kinyerést nehezíti a kis vanádiumkoncentráció. (Száraz anyagra számítva 3—4%, a bauxit változó összetételének megfelelően.)

Nem érthetek egyet azzal a megállapítással, hogy a kérdés már megoldottnak tekinthető, nem vagyok továbbá meggyőződve arról sem, hogy a Lányi—Papp-féle javaslat lesz a legmegfelelőbb számunkra.

Abban egyetértek Gillemot professzorral, hogy a vanádium-gyár felállítása szükséges és a magyar acél- és vegyi-ipar szempontjából igen fontos lépés.

Engedje azonban meg, hogy éppen ezért a kérdés megoldhatóságára és a gyártás mikéntjére vonatkozóan vitába bocsátkozzam!

Mint mondotta, a kérdés *V*-ra nézve megoldottnak tekinthető.

Hevesi Gyula elvtársnak a *Tudományos kutatás és a termelés kapcsolata* című előadását követő vita során világosan kiderült, hogy csak akkor tekinthetünk egy kérdést megoldottnak, ha már ipari megvalósításra került.

A probléma elsősorban kémiai-technológiai, mégis engedjék meg, hogy egy pár szót erről is beszéljek, már csak a nálunk még megindulóban levő, de a kutatásra igen ösztönző, tudományos vita kedvéért is.

Körülbelül a műegyetemi elektrokémiai tanszéken megindult munkával egyidőben kezdtem a kérdéssel foglalkozni.[1] Bizonyos idő után, — kiértékelve a vanádium nyerésének irodalmilag leírt, ma ismeretes eljárásait, melyek lényegében néhány típusba sorolhatók — arra a megállapításra jutottam, hogy Lányi professzortól gyökeresen eltérő úton kell a megoldást keresni.

Abból indultunk ki, hogy az ammónium-metavanadátos módszernél, mint NH^3 igényes eljárásnál gazdaságosabbat kell keresnünk. Sikerült is ilyen eljárást — a magyaróvári és az ajkai timföldgyárak fehériszapját használva — kidolgoznom.

A kiindulást — egyéb irodalmi anyag mellett — Fischer és Seresevszkij szabadalmai adták, melyeket foszfátüledék és Thomas-salak vanádiumtartalmának kinyerésére írtak le.

Az eljárás alapgondolata az, hogy a *Ca*-vanadát oldhatósága, a nátriumvanadáté után következik, vagyis a *Ca*-vanadát jól kilúgozható. Így *CaO* az eljárás egyik alapanyaga.

Természetesen sem a Fischer-féle, sem pedig a Seresevszkij-féle eljárás nem alkalmazható — a mi iszapunkra, mert ennek minőségi és mennyiségi összetétele eltér azoktól az anyagoktól, melyekre a szerzők eljárásaikat kidolgozták.

Ezért ebből kiindulva a mi körülményeinknek megfelelő, új technológiai eljárást kellett kidolgozni. A végtermék itt is V_2O_5, ami továbbdolgozható ferrovanádiumra.

Legyen szabad megjegyeznem azt is, hogy javaslatom szerint a V-gyártás-

[1] A Budapesti Tudományegyetem Általános Kémiai Tanszékén.

sal együtt fellépő gyorsanalitikai módszerre vonatkozó igény is megoldható. Kidolgoztunk ugyanis a technológiai folyamat kikísérletezésével párhuzamosan egy olyan nagypontosságú gyors analitikai eljárást is, mely a ma általánosan elterjedt optikai (fotométriás) eljárással szemben krómatométriás gyors titráláson alapul.

A *V* kinyerésére különben az általam érintett megoldáson és az Alumínium-kutató Intézet javaslatán kívül, további javaslatokat is ismerünk.

Egyedül a gazdaságosság tehát az, aminek alapján az egyik vagy a másik eljárás mellett véglegesen leköthetjük magunkat. Elképzelhető esetleg, hogy több javaslat kombinációja oldhatná meg a kérdést a legmegfelelőbben.

A bauxit-kérdés egészét tekintve egyetértek azzal, hogy a magyar bauxit összes problémái nem oldhatók meg a Bayer-féle és egyáltalában a lúgos eljárások keretében. A savas eljárások, ha nem is közeli perspektívában, de lehetőségként feltétlenül megvizsgálandók, és ezen a nagy beruházási szükséglet sem változtat.

Fel szeretném ezért hívni a figyelmet azokra a részben elfelejtett kutatásokra, melyeket a magyar kutatók timföldgyárainkban még a felszabadulás előtt folytattak, és nem voltak teljesen eredménytelenek.

Ezek átnézése után a savas eljárás vizsgálata a magyar bauxitkérdés megoldására akadémiai feladat. Ez tervszerű, hosszabb lélekzetű munkát, tudományos alapokon felépülő, új technológiára való áttérést jelent, és ezzel foglalkozni kell a közeljövő fontos feladatainak megoldása mellett is, ha csak nem akarunk szűk prakticizmusba esni.

Összegezve az elmondottakat, a következőket javaslom:

1. Ne tekintsük a vanádium-kérdést, de egyetlen más műszaki kérdést sem megoldottnak, amíg ipari bevezetésre nem került.

2. Javasoljuk 1951-re egy vanádium-üzem megépítését a legrentábilisabbnak mutatkozó megoldás alapján, anélkül tehát, hogy egyik vagy másik javaslat mellett akár csak burkoltan is lekötnénk magunkat.

3. Javaslom végül, hogy küldjön ki az Akadémia a bauxit-alumínium kérdés sürgős és programmatikus problémáinak feltárására olyan komplex-bizottságot (kohászok, vegyészek stb.), mely az egész — számunkra oly fontos — kérdést feldolgozná. Ez a bizottság vesse fel az ipari kutatók és Akadémia felé a sürgős, illetve hosszabblélekzetű témákat.

SZŰCS ENDRE kohómérnök

Amikor Visnyovszky László a Martin-végsalakok nagyolvasztóban való felhasználásáról beszél, bizonyára a hányón levő régi salakra gondol, mivel a jelenleg keletkező végsalakok *FeO* tartalma 10—15%-nál általában nem több.

A salakokban fémalakban levő vassal együtt a salak összes vastartalma gyakran a 20%-ot is eléri. Ennek azonban a Diósgyőrben szokásos helytelen salakkezelés és a kemencefenék- és a csapónyílás gondatlan karbantartása

az okozója. Az üst elvétele után ugyanis kis sugárban, salakkal keverve, utólag acél csurog ki. Ezt a lehető legsürgősebben meg kell szüntetni. Addig is a fém-vastartalomnak a Martin-salak összetörése útján való kitermelését fontosnak és gazdaságosnak tartom. 1951-ben a közismert ócskavashiány miatt minden acélműben az ércelő eljárásra kell áttérni. Az ennél az eljárásnál keletkező első salakokat feltétlenül fel kell dolgozni, legalább nyersvasra, de ha elég alacsony *P*-tartalmú import-nyersvasat tudunk beszerezni, akkor esetleg tükörvasra is. Hogy a salak gazdaságos feldolgozását megvalósíthassuk, kívánatos volna az előfrissítést buktatható kemencében végezni, hogy a salakot a legkedvezőbb időpontban tudjuk leereszteni. Ez a salak nagyobb *Mn*-tartalmú, s tükörvasra való feldolgozhatósága csak a *P*-tartalomtól függ.

Az álló kemencéből felhaboztatással eltávolítható salakok körülbelüli összetétele: $FeO = 30\%$, $MnO = 16\%$. A buktatható kemencéből kedvező időben leeresztett salakok összetételi határai az eddigi kísérletek szerint: $FeO = 15—19\%$, $MnO = 23—25\%$. Így a jövő évben feldolgozásra kerülő import-nyersvasból buktatható kemence esetében 1000 t fém-mangánt tudunk az acélgyártás számára a nagyolvasztón keresztül visszanyerni.

A *P*-tartalmat illetőleg eddigi kísérleteink nem a legbiztatóbbak, mivel a kikészítés elején leeresztett fenti összetételű salak *P*-tartalma 0,95% körül van, a végsalak *P*-tartalma pedig 0,84%, *FeO* 12,86%, *MnO* 14,83% összetétel mellett tehát alig alacsonyabb, mint a kezdeti salakoké.

Forbáth Róbert felszólalásával kapcsolatban megjegyzem, hogy a szélfrissítő eljárásnak legalább is a jövőre vonatkozólag, amikor a nyersvas folyékony formában áll rendelkezésre, én is lelkes híve vagyok, nem képzelhető el azonban, hogy import-nyersfoszfátból nyerjünk nagyolvasztón keresztül tüzelőanyagot a Thomas-eljáráshoz.

Közismert ugyanis, hogy a Thomas-eljárás hőszükségletét a foszfortartalom elégése által nyerjük. Teljesen valószínűtlen, hogy ez gazdaságos volna. Ezenfelül a foszfor közismert szennyezője az acélnak, és eltávolítása az acélgyártás egyik főfeladata. Ezért a szándékos bevitel nem látszik észszerűnek. Inkább kis *Si*-tartalmú nyersvasnak oxigénnel dúsított levegővel való fuvatása látszik a jövőben járható útnak. Ezt az eljárást Zsák Viktornak egyik korábbi előadásából ismerjük.

GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag.

Válaszolva a hozzászólásokra, megállapítja, hogy valóban rendkívül érdekes út a feketeiszap frissítő ércként való alkalmazása. Titándioxiddal együtt frissítő ércként nem is óhajtják alkalmazni, a titánt ki akarják választani. A probléma ebben a formában laboratóriumi méretekben már megoldottnak tekinthető, de nagyüzemi kísérletet a titán kinyerésére vonatkozólag még nem végeztek. Az eddigiekből úgy látszik, hogy az eljárás

gazdaságos. Kérdés azonban, hogy az iszap feldúsítható lesz-e a titán kinyerése után is. Erre azért nem tért ki előadásában, mert ilyen irányban csak egyetlen adat áll rendelkezésére. A titándioxid kinyerése után a mágneses szeparáció majdnem kielégítő.

Veres Imre felszólalására válaszolva kifejti, hogy ötféle vanádiumfeldolgozó eljárást ismer. Megállapítja, hogy a vanádiumiszap feldolgozása megoldottnak tekinthető, de hogy az öt eljárás közül melyiket vezetjük be, az a jövő kérdése. Ami a problémák megoldását illeti, a maga részéről még akkor sem tekinti azokat megoldottaknak, ha az iparban bevezetést nyertek, jelen esetben azonban rendelkezésére áll annyi félüzemi kísérlet eredménye, amelynek alapján meri egy invesztíció létesítését ajánlani. A kérdést a mai nappal nem tekinti lezártnak, hanem inkább csak megkezdettnek.

CLAUS ALAJOS kohómérnök

Szele Mihály, valamint Vécsey Béla részletesen tárgyalta a rudabányai ércek előkészítésének a jövőben kivitelezésre kerülő módjait. Az előadók a rudabányai érceket fajtánként külön-külön javasolják mind egyenletesíteni, mind mágneses pörkölésnek alávetni. Nagyolvasztós szemszögből kívánatosabb volna, ha a rudabányai ércfajtákat a termelt mennyiség arányában összekevernék, egyenletesítenék, majd mágneses pörkölésnek vetnék alá. Ilymódon a nagyolvasztónak csupán egyfajta, gyakorlatilag egynemű rudabányai érccel kellene a jövőben dolgoznia. Ez a körülmény különösen az érc kezelését egyszerűsítené. Vécsey Béla azt javasolja, hogy a rudabányai ankeritet csupán egyenletesítsük, és utána nyersen, további előkészítés nélkül használjuk fel a kohóknál. Az ankeritnél az izzítási veszteség kb. 30%. E magas százalék teszi szükségessé, hogy az ércet olcsó hazai szénnel vagy hulladékenergiával pörköljük, és így a nagyolvasztónál kokszmegtakarítást biztosítsunk. Gazdaságosság szempontjából tehát az ankerit tűzi előkészítése indokolt.

Visnyovszky László hozzászólásában a piritpörköt réztelenítés nélkül javasolja szürke nyersvas gyártásának céljaira felhasználni. Indokolásul felhozza, hogy a szürke nyersvas tulajdonságait a réz kedvezően befolyásolja. Véleményem szerint a piritpörk réztelenítésére nem azért van feltétlen szükség, mert a piritpörk réztelenítés nélkül nem használható, hanem azért, mert a piritpörk réztartalmának kinyerésével rézimportunkat csökkenthetjük. Tehát a piritpörkben levő rezet a nemzetgazdaság szempontjából kedvezőbben használhatjuk fel, ha előzőleg kinyerjük.

Visnyovszky László javasolja továbbá, hogy a piritpörköt kalciumaluminát — salakkal darabosítsuk. A cementtel kötött termék tömör, nehezen redukálható; mint ilyen, kohósítás szempontjából nem kívánatos, illetőleg nem gazdaságos. Ezenfelül azonban megfontolandó, hogy ajánlatos-e 20—25%-ban szándékosan salakot, azaz meddő részt keverni az érchez, amikor hazai érceinkkel amúgyis

elég salakot viszünk a nagyolvasztóba. Föltétlenül gazdaságosabb a piritpörk darabosítása átszívásos eljárással, Greenawalt- vagy Dwight- Lloyd berendezésen, illetőleg a műszaki irodalomban újabban ismertetett pelletáló eljárással. Megjegyzem, hogy az utóbbi eljárás még nincs teljes egészében kikísérletezve, miért is a közölt, igen kedvező üzemeredményeket fenntartással kell fogadni. Az eljárás esetleges hazai bevezetése előtt feltétlenül szükségesnek tartom, hogy egy ilyen eljárással dolgozó üzemet hazai szakembereink megtekintsenek, illetőleg tanulmányozzanak — és az ő véleményüktől tegyük függővé a pelletáló eljárás bevezetését.

EMŐD GYULA kohómérnök.

Csatlakozom Jakóby László hozzászólásához, amelyben kifogásolja, hogy a színes fémekkel az akadémiai előadásokon nem foglalkoztak. Azt hihetnők, hogy ezen a területen semminemű probléma nincsen. A valóságban éppen ellenkező a helyzet, mert itt a legnagyobb az elmaradottság és a nyersanyagellátás is nagy nehézségekbe ütközik.

A színesfém nyersanyag felkutatásának és feldolgozásának problémáját csak növeli az a természeti adottságunk, hogy nagymennyiségű, kiváló minőségű alumíniummal rendelkezünk, amelynek felhasználása színállapotban egészen szűk határok közé szorul, ötvözetállapotban való felhasználása terén viszont jelenleg és a jövőben is nagyok a lehetőségek.

Legfontosabb ötvözőanyagai — *Cu, Zn, Mn, Mg, Si,* és *Ti* — hazai viszonylatban is előfordulnak.

A *Cu* erősen növeli szilárdságát, ezért nagyszilárdságú ötvözetekből nem hagyható el.

A *Zn* fontos ötvöző anyaga a jövő nagyszilárdságú *Al*-ötvözeteinek.

A fenti két fém lelőhelyei ismeretesek, de a szegény ércek feldolgozása még megoldandó probléma. Újabb lelőhelyek felkutatása a geológusok programmjába feltétlenül felveendő.

A *Mn* növeli az ötvözet keménységét és a korrózió ellenállását. Hazai viszonylatban reménnyel tölt el bennünket az a tény, hogy ezzel az érccel bőségesen rendelkezünk, előállítására már intézkedések is történtek. A könnyűfémek ötvözése szempontjából feltétlenül szükséges a fém-*Mn* előállítása, mivel ötvözésre a *Fe-Mn* nem alkalmas. Pontosan kikísérletezendő probléma a könnyebben előállítható *Mn* vegyület készítés amellyel közvetlenül ötvözhetnénk az *Al*-t. Ez utóbbi alkalmazása még alaposabb kikísérletezésre vár, mivel szerény nézetem szerint a *Mn* vegyületből pontos ötvözés alig lehetséges.

A *Si* előállítása folyamatban van, és így ez a probléma megoldottnak tekinthető.

A *Mg* — mint az *Al* legközelebbi rokona — vele a legnagyobb százalékban ötvözhető. A szilárdságot és a korrózióellenállást erősen növeli. A *Si*

megfelelő arányban az *Al*-t nemesíthetővé teszi. Nem szabad elfeledkeznünk arról sem, hogy a *Mg*-ötvözetek a jövő fémei szempontjából szép reményekkel kecsegtetnek. A tervbevett *Mg*-kohó felállítása és üzembehelyezése annál is inkább égető probléma, mivel nagymennyiségű nyersanyaggal rendelkezünk, a külföldi beszerzés viszont sok valutát von el népgazdaságunktól.

A *Ti* az *Al* szilárdságát növeli, de ugyanakkor korrózió ellenállását is elősegíti. Fontos a *Ti* az *Al* ötvözetekben azért is, mert ezáltal az anyag forgácsolhatóvá lesz.

Örömmel tölt el Gillemot László akadémikus bejelentése a *Ti* előállításával kapcsolatos kísérletekről. E feladat megoldása a nagyszilárdságú, de korrózióra hajlamos ötvözetek területén elősegíti a további eredményes kutatásokat.

A fenti néhány probléma felvetésével óhajtottam felhívni a figyelmet a színesfémek területén uralkodó nehézségekre. Meg vagyok győződve arról, hogy a színesfémek területén is tiszta képet teremthetnénk, ha az e tárgykörben érdekelteket megbeszélésre hívnánk össze, és a nyersanyag felkutatása, előállítása, valamint az ötvözés és a technológia területén adódó problémákat megtárgyalnánk.

OXIGÉNNEL ÉS SŰRÍTETT LEVEGŐVEL TÖRTÉNŐ FRISSÍTÉS A MARTIN- ÉS ELEKTROACÉL-KEMENCÉKBEN

KERPELY KÁLMÁN KOHÓMÉRNÖK (Vasipari Kutató Intézet)
előadása az 1950 nov. 29-i osztályülésen.

A legutóbbi években számos közlemény jelent meg az oxigénes acélgyárgyártásról. Ma már az oxigén alkalmazása a beolvasztás gyorsítására és a frissítési folyamatok befolyásolására a nagy ipari államokban túl van a kísérletezés állapotán, a legtöbb meg nem oldott kérdés tisztázódott és az oxigén alkalmazásának területe egyre nő.

Az irodalmi adatok szerint is mind inkább használják az oxigén-, újabban pedig a sűrített levegő-befúvást S. Martin- és elektrokemencében mind a beolvasztás, mind a frissítés során. A közölt eredmények minden esetben lényegesen nagyobb termelésre mutatnak, az acél minőségének változatlan volta, sőt javulása mellett. Különösen figyelemreméltó C. V. Schwarznak 1949-ben a *Radex Rundschau* 33/53 és 73/67 lapjain megjelent, az egész kérdést megvilágító összefoglaló közleménye, mely egyúttal az 1948 végéig megjelent szakirodalmat is ismerteti. Igen nagymértékben elősegítették a hazai kísérletek előrehaladását a szovjet tudósok és szakemberek, akik készséggel adtak felvilágosítást és tanácsokat e téren nyert bőséges tapasztalataik alapján. A külföldi kísérletek és üzemi tapasztalatok előtérében a tiszta oxigénnel való kezelés áll. Arra vonatkozólag, hogy szükséges-e 98% tisztaságú oxigénnel dolgozni, vagy elegendő a kisebb oxigén tartalom, sőt a tisztán sűrített levegővel történő fúvatás is — főleg ez utóbbit illetőleg — irodalmi utalás alig akad. A hazai kísérletek befejezése után jelentek meg ugyan erre vonatkozó közlemények is, de határozott vélemény nem alakult ki. Már 1948-ban a legnagyobb figyelemmel tanulmányoztuk az ezzel az eljárással elérhető többtermelési lehetőségeket és tisztázni igyekeztünk, miképen lehetne meglévő berendezéseinkben nagyobb kihozatalt biztosítani az acél minőségének romlása és a költségek növelése nélkül.

Így tájékoztató kísérletek folytak egyik elektroacél-művünkben annak tisztázására, hogy mennyire csökkenthető oxigén- és levegő- befúvatással az olvasztási idő, hogyan alakul metallurgiailag a folyamat, és főleg hogyan pótolható az oxigén — amely Magyarországon túlságosan drága — sűrített levegő alkalmazásával.

E kísérletek után két acélműben nagyobbarányú ipari kísérletek következtek a folyó gyártás keretében. Ezek fontosabb eredményeit alább ismertetjük. A Martin- és elektroacél-gyártás folyamatainak oxigén- vagy levegőbefúvatással való meggyorsítása lényegében már mintegy 25 éve ismeretes, csak a

művelet gyakorlati megvalósítása késett. Így ezek a kísérletek csak néhány kérdést tisztáztak, de nem vezettek az eljárás nagyipari alkalmazásához. A haladó szovjet tudomány és az amerikai kohászati üzemek voltak az elsők, melyek a mintegy két évtizeddel ezelőtt felvetett gondolatmenetet a gyakorlatban következetesen alkalmazták és nagyüzemileg üzemképessé fejlesztették. Ennek viszont előfeltétele volt egyrészt az oxigén árának leszorítása újszerű berendezések felépítésével, másrészt olyan tűzálló anyagok kitermelése, melyek az eljárással járó magasabb hőmérsékletnek kellően ellen tudnak állni.

Első kísérleteinket 1948-ban végeztük. Egyik elektro-acél-művünk 3 t-s ívfényes és 2t-s bázikus bélésű nagyfrekvenciás kemencéjében hat adag készült. Az ott nyert tapasztalatok alapján következtek a nagyüzemi kísérletek 35,60 és 80 t-s Martin-kemencékben.

Az elektrokemencében végzett tájékoztató kísérleteknek az volt a céljuk, hogy általában megismerjük az oxigén- és a levegőbefúvatás hatását a frissítési folyamatra. Azt is tisztázni kellett, hogy az erős frissítő hatás nem rontja-e annyira az acél minőségét és alakíthatóságát, hogy ez az eljárás minőségi acélgyártásra már eleve használhatatlan volna. A kísérletek szerint a frissítési folyamat lényegesen gyorsult. A *C*-oxidálódás a néhány perces oxigén-befúvatás hatására 18—68%, levegőfúvatásnál 10—45% között volt. Hasonló, de kisebb mértékű volt a *Mu* oxidálódása is.

Különösen feltűnő volt a foszfor viselkedése. Az irodalmi adatok csaknem kivétel nélkül azt emelték ki, hogy a kezelés a *P* és *S* tartalmon nem változtat. A magyar vasiparban a foszfortalanodás, különösen bázikus, nagyfrekvenciás kemencéknél igen fontos, mert ezen kemencékben az érceléssel való frissítés a tűzálló bélés túlságos igénybevétele miatt csak korlátolt mértékben lehetséges Oxigén- és levegőbefúvatással viszont megfelelő hő- és salakvezetés mellett lehetővé vált a gyors frissítés és ezúton megfelelően kicsiny *P* tartalmú acélminőség előállítása. Így pl. az egyik kísérlet során sűrített levegővel való 10 percnyi befúvatás alatt a *C* tartalom 0,29%-ról 0,09%-ra, a *P* tartalom pedig 0,024%-ról, 0,017%-ra csökkent, tehát 45,3%, ill. 29%-kal. Egy másik kísérletnél a P 0,036%-ról 0,022%-ra, a C-tartalom 0,31%-ról 0,19%-ra 39%-kal csökkent 4 és ½ percen belül. Hasonlóképen egy hulladékból gyártott 35,68 szabványos *CrNi* acéladagban 3—3 perces befúvatással a *C*-tartalom 0,17%-ról 0,10%-ra csökkent (48%), a Ptartalom 0,027%-ról 0,18%-ra (33%), a *C*-tartalom lényeges változása nélkül.

Ezek az elektrokemencében gyártott és kezeltadagok a feldolgozás folyamán továbbá a szokásos üzemi vizsgálatok szerint semmivel sem voltak gyengébb minőségűek a kezelés nélkül gyártottaknál, sem az acélok meleg-alakíthatóságát, sem egyéb előírt tulajdonságait illetőleg.

Az olvasztás közben szokásos előpróbák jobban kovácsolódtak és kevésbbé voltak vöröstörőek, mint a szokásos frissítés folyamán vett próbák. Egyébként különösen az oxigénnel való kezelés közben nehéz, barnás színű, erős füstkép-

ződés volt megfigyelhető a *Si*, a *Mn*, a *Fe* stb. erőteljes oxidálódása folytán, a fürdő hőmérséklete pedig emelkedett.

A salak *FeO*-tartalma először erősen megnőtt, kb. 12%-ig, majd közvetlen a befúvatás után 0,5%-ra csökkent, a *CaO*-tartalom pedig 29%-ról 34%-ra szökött. Ez főleg a befúvás folytán adódó nagyobb salakmennyiségnek a következménye. A salak *FeO*-tartalmában nagyobb eltérés nem lévén, a befúvatás folytán a vas a szokásosnál erősebben nem oxidálódott. Így feltételezhető volt, hogy ha a fürdő *FeO*-tartalma nem emelkedik, a zárványképződés egyik fontos előfeltétele is hiányzik, mert a *FeO* a legveszélyesebb zárványképzők egyike. Egyébként a néhány előkísérlet során a tűzálló bélésre káros hatást nem észleltünk.

Ezek a kísérletek azt is megmutatták, hogy nem kell tiszta oxigént használnunk, mert csaknem ugyanolyan metallurgiai eredményekhez jutunk sűrített levegő befúvatásával is, legalábbis az ötvözetlen acélok gyártásakor. Viszont az erősen, főleg *Cr*-al ötvözött acélfajták fúvatását illetően még részletesebb kísérletekre lesz szükség a levegővel bevitt nitrogén esetleges káros hatásának megállapítására. Véleményem szerint azonban, ha csak a beolvadás alatt, illetve a frissítés kezdetén fújtatjuk a sűrített levegőt a frissítés erőteljes megindulásáig és nem folytatjuk annak befejezéséig, vagy ha a fürdőt utólagosan még egy semleges gázzal rövid utókezelésnek vetjük alá, akkor a tiszta oxigénnel való fúvatás nélkül is gyártható a szokásosnál nem nagyobb nitrogéntartalmú ötvözött acél. Általában az előkísérletek azt mutatták, hogy Martin-kemencében üzemi kísérletek végezhetők a normális gyártás keretében anélkül, hogy az acélmű előírt terv-teljesítését hátráltatnók, vagy a selejtet növelnők.

Az »A« mű 35 t-ás generátorgáz tüzelésű kemencéiben az első 7 kísérleti adag frissítése érccel kombinálva történt. Csak két adag frissítését végezték tisztán oxigén befujtatásával. Ezen adagoknál a befuvatási idő 2—23 perc között váltakozott, 5—27 m^3 adagonkénti oxigénfogyasztás mellett, a beolvadási *C*-tartalom 0,64—1,46% volt. Az adatok fontosabb adatait az 1. *táblázat*, a *C*-leégés viszonyait a 2. *táblázat* tartalmazza. Láthat, hogy az oxigénbefúvás következtében az átlagos *C*-leégés 0,58%/óra, 0,97% *C* átlagos befúvás előtti *C* tartalommal és 0,44% *C*-al a fúvás végén. Az oxigénes kezelés után az acél még átlag 64 percig maradt a kemencében, ezalatt a leégés 0,26% *C*/óra volt. Az átlagos oxigénfogyasztás 35 t adagoknál 37,43 m^3, ill. 1,04 m^3/t acél. A salak összetétele: *CaO* átlag 41,7% (34,8—44%), SiO_2 12,7% (8,8—15,92%), *FeO* 15% (10,93—21,8%), *MnO* 15,8% (13,3—22,92%), a bázicitás 3,30 (2,19—5,28), A 4. sz. adagnál a fürdő erősen habzott; ezt a salak összetétele is bizonyítja: 8% *Si*, 21,36%. *FeO* és 5,25 bázicitás mellett. Ha ezt az adagot kikapcsoljuk, akkor a salakösszetétel átlaga: 41,6% *CaO*, 14,8% SiO_2, 14,5% *FeO*, a bázicitás 2,82 A beolvadási idő 2—4 óra között ingadozott, a gyártott acél *C*-tartalmához viszonyítva magas (0,97%) beolvadási *C*-tartalom mellett. A beolvadt fürdő hőmérséklete már a befúvás kezdetén kielégítő volt. Viszont azoknál az adagok-

nál, ahol a *Mn*-tartalom a befúvatás folyamán csökkent, a fürdő hőmérsékletnek alacsonyabbnak kellett lennie (5 sz. adag). Abból, hogy a *FeO* a salakban a *C* leégése folyamán esett, a fürdőnek az oxigén-befúvás okozta csekély hőemelkedésére is következtetni lehetett. A CaO/SiO_2 arány a jó lefolyású adagoknál 3 körül volt, míg a rosszabb vörös törésű adagoknál a fúvatás után 5 fölé emelkedett. Ez a tapasztalatokkal összeegyeztethető. Ezt bizonyítja a salak alacsony (8%) SiO_2-tartalma, valamint magas (21,37%) *FeO*-tartalma is.

Ezeknél az első kísérleteknél az oxigénfogyasztás 1,08 m³/t. volt. Ez az érték alacsony, de figyelembe kell vennünk, hogy egy adagnál sem mentek 0,1% C-tartalom alá, mivel azon túl a folyamat erős lelassúlása következtében már nagyobb oxigénfogyasztás adódik.

További nyolc, tisztán oxigénnel kezelt adagnál a kísérleteket úgy folytatták, hogy minden adagnak volt egy párhuzamosan revével frissített ellenadagja az összehasonlítás biztosítása céljából. A számadatokat a *3, a 7, és az 5-táblázat* tartalmazza.

Ezeknél az adagoknál is erőteljes *Mn*-visszaredukálódás volt megfigyelhető. Az oxigénbefúvatás következtében az acélfürdő hőmérséklete emelkedett, a salak *FeO*-tartalma a *Mn*-visszaredukálódás arányában csökkent. Azáltal, hogy az acélfürdő *Mn*-tartalma a hőmérséklet emelkedésének megfelelően emelkedett, a salak *MnO*- és *FeO*-tartalma pedig ezzel párhuzamosan csökkent, csökkent a fürdő kéntartalma is. Bár az oxigénnek a kénnel szembeni affinitása kicsiny, mégis bizonyos mérvű kéntelenítés volt megállapítható, különösen a beolvadás utáni első befúvatás után. A beolvadásnál vett kénpróba általában magasabb kéntartalmú volt, mint a csapolás előtti. A befúvatás hatása a *P*-tartalomra nem volt megállapítható. A *P*-tartalom az összes adagoknál változatlan maradt. Azzal, hogy a *Mn* a befúvás hatására visszaredukálódik, jelentékeny *FeMn*-megtakarítás érhető el, sőt az acél minőségének javulása is várható. A hengereléskor ezeknek az oxigénnel frissített adagoknak túlnyomó része jól viselkedett.

A kihengerlés után I-el jelöljük a teljesen kifogásolatlan felületű anyagot, II-vel azt, amelyen elvétve kis felületi hibák mutatkoznak, III-mal a kissé repedéses és IV-gyel a selejtes hengerelt árut, úgy 92 öntecs kihengerelésekor 62% I. minősítésű, 38% II. minősítésű anyagot kaptunk ; III. és IV. minősítésű nem fordult elő. Ezzel szemben a parallel, szokásos ércelési eljárással készült, párhuzamos adagokból I. minősítésű 43,3% II. minősítésű 46%, III. minősítésű 10,3%, IV minőségű 0,4% volt, vagyis az eredmények jóval rosszabbak voltak, mint az oxigénnel frissítettek.

A kísérletek azt mutatták, hogy az „A" gyár üzemi viszonyai mellett az oxigénnel való frissítés már kb. 1% *C* alatt előnyös. 1% beolvadási *C*-tartalom fölött átlag 0,55% *C*/óra, 1—0,8% *C* között 0,61% *C*/óra, 0,80—0,60% *C* között 0,54% *C*/óra, 0,60—0,40% között 0,50% *C*/óra és 0,40—0,20% között kb. 0,47% *C*/óra volt a szén kiégési sebessége. Ami az oxigénfogyasztást illeti, a kísérletek szerint 2,5 m³/perc az a mennyiség, mely átlag 0,5—0,6% *C*/óra leégésénél a

legkedvezőbb értéknek mutatkozott. Ez az érték „A" gyári viszonylatban megfelelt az oxigén legkedvezőbb áramlási sebességének is, amikor a fúvócső legéése a legkisebb.

A „*B*" *gyárban* lefolytatott kísérleteknél 35, 40 és 80 t kemencékben 4 adagot frissítettek tiszta oxgénnel, 5 adagot pedig 25 és 50% oxigénnel dúsított levegővel olvasztottak. A kísérleti adagok számadatait a *6, a 7, a 8, és 9. táblázat* tünteti fel.

Ezeknél az adagoknál is a kemenceajtókon át történt a befúvatás 3/8"-os illetve 1/2"-os, bevonatlan és bevont gázcsöveken. A befúvatás mindegyik olvasztásnál a fürdő felületétől 150—200 mm mélyen és a fürdő közepétől kb. 1 m-re a salakréteg alatt történt. A befúvás közvetlen közelében a fürdő erős mozgásban volt. A befúvatás előtti lassú fővés a befúvatás folyamán élénk fővésbe ment át és ez a fürdő erősebb felmelegedése közben, csaknem csapolásig folytatódott. Az oxigénes befúvatásoknál a nyomás 15—20 atm volt (redukáló szelepen mérve). A bevonatlan csöveknél a leégés 137,5 m/óra, a samott csővel bevont csöveknél 17,25 m/óra volt. A kísérleteket kb. 0,1% *C* acélok gyártásánál végezték, mivel az oxigénes frissítésnek legnagyobb hatása alacsonyabb *C*-tartalmú acéloknál mutatkozik. A befúvatás több részletben történt.

A 16 sz. adagnál 40 t-ás kemencében a teljes befúvatási idő négy részletben 74 perc volt, 170 m³ oxigénfogyasztással. Az első befúvásnál 20 perc alatt a beolvadt *C*-tartalom 0,98%-ról 0,81%-ra esett; ez 0,51% *C*/óra leégésnek felel meg. A további befúvásokat 48 perccel később 3 részletben 54 perc befúvási idővel végezték, miközben a *C*-tartalom 0,58-ról 0,18% *C*-re csökkent, ez 0,44% *C*/óra leégésnek felel meg. Az adagot 35 perccel az utolsó befúvás után 1500° csapolási hőmérséklettel (nem korrigált érték) csapolták. Az utolsó periódusban a *C*-leégés 0,12%/órára csökkent. A *FeO*-tartalom az első befúvásnál 10,92%-ról 13,91%-ra emelkedett, ezután csaknem állandó maradt, az utolsó befúvás után elérte a 15%-ot. Hasonló volt a *MnO*-változás is az adag folyamán. A *CaO*-tartalom eleinte csökkent, 38%-ról 31%-ra, az olvasztás végén azonban ismét 40%-ig emelkedett. A salak P_2O_5-je lényegében változatlan maradt, az első befúvás hatására kis esés után (0,018%) egészen 0,022%-ig emelkedett, a csapolásnál elérte a 0,030%-ot. A salak 2,3 bázicitása is alacsony volt kezdetben és csak a későbbi befúvások során emelkedett lassan 3-ig. A fürdő erősen habzott, a habzás csak az oxigénbefúvás folyamán szűnt meg. A próba a befúvatás előtt nem kovácsolódott a befúvatás után azonban az összes kovácspróbák jók és vöröstöréstől mentesek voltak. A kemence átlagos órateljesítménye 4,06-ról 4,73 t/órára emelkedett, ez 15% emelkedésnek felel meg.

A 17. sz. adagnál három részletben 180 m³ oxigént fúvattak be. A beolvadási *C*-tartalom 1,14% volt. A befúvási idő $37' + 23' + 22' = 82'$-et tett ki. A fürdő erős habzása csak a második befúvás után szűnt meg. Az egyes befúvásoknál a *C* leégési sebessége a következő volt: 1,14—0,83% *C* között

0,50% C/óra, 0,68—0,45% C között 0,60% C/óra és 0,24—0,18% C között 0,16% C/óra. Az utolsó befúvatás után 1 óra múlva csapoltak. Ezalatt az első 10 percben a C 0,18%-ról 0,11%-ra esett. Az utolsó periódusban a C esése megszűnt (0,11%-ról 0,10%-ra). A csapolási hőmérséklet 1520° volt. Az adagot *FeMn* hozagolás nélkül lecsapolták. A befúvás utáni próbák jól kovácsolódtak. A fürdő bázicitása beolvadás után 1,1 volt, majd erős habzás mellett 1,67-ről 3,2-ig emelkedett. A habzás a második befúvás után szűnt meg. A kemence átlagteljesítménye ércelésnél 4,46 t/óra volt, ez az érték a befúvás következtében 5,46 t/órára emelkedett, tehát a kemence kihozatala 22%-kal javult. A 16. és 17. sz. adagból hengerelt tíz öntecs a hengerlés folyamán kifogástalanul viselkedett.

A 18. sz. adagnál 31 perc alatt (5 befúvás) mindössze 20 m³ oxigént fogyasztottak. A beolvadási C-tartalom 0,58% volt, ez a befúvások végén 0,31%-ra esett vissza, tehát a C-leégés sebessége 0,56% C/óra. 25 perccel az utolsó befúvás után a C-tartalom 0,09%-ra csökkent. A csapolási hőmérséklet 1520° volt (korrigálatlan érték). A befúvások folyamán a *Mn*-tartalom mintegy tíz egységgel emelkedett, a *P*-tartalom pedig 0,030%-ról 0,013%-ra csökkent. Hasonló, bár kisebb mérvű *P*-kiégetést lehetett megállapítani a fenti, 17. sz. adagnál is, ahol a beolvadási 0,055% *P*-tartalom 0,044%-ra csökkent. A kemence átlagos órateljesítménye a csak érccel kezelt adagnál 3,55 volt, a befúvásos adagnál 4,2 t/órára emelkedett.

A 24. sz. adagnál magasabb, 0,6% C-tartalmú acélminőséggel kísérleteztek. A befúvatást már a beolvadás alatt, félig beolvadt fürdőben alkalmazták, s a beolvadás után további befúvást nem végeztek. A beolvadás után a fürdő rögtön erősen főni kezdett. A fürdőfelület tiszta maradt, habzás nem észleltek. A legfőbb eredmény azonban az, hogy a szokásos, 2 óra 35 perces beolvadási idő több mint egy órával megrövidült és ennek következtében megrövidült a kikészítési idő is. Hasonló volt az eredmény tisztán sűrített levegő befúvásával is. A betét 32% folyékony nyersvasból állt, nehéz, válogatott hulladékok mellett. Az acél a beolvadás közben befújtatott 20 m³ oxigén következtében annyira felmelegedett, hogy a szokástól eltérőleg azonnal ércelni lehetett. Tisztán gáz beolvasztása esetén általában csak 20—30 perccel a beolvadás után kezdődhet el az ércelés. Ennek az adagnak az elbírálásánál azonban tekintetbe kell venni, hogy a berakás rendkívül gyors volt, alig 50 percet vett igénybe. A beolvadási idő 1 óra 10'-et, a kikészítés a csapolásig 1 óra 50'-et tett ki, úgyhogy az egész adagtartam a berakástól a csapolásig összesen 3 óra 50 percig tartott. Tekintetbe kell venni továbbá, hogy az előbbi kísérletektől eltérőleg a gyártott acél C-tartalma 0,62% volt 1,07% C beolvadási C-tartalom mellett. A csapolási hőmérséklet 1520° volt (korrigálatlan). Végeredményben tehát e minden téren jól előkészített adagnál a fajlagos teljesítmény 10,85 t/órára emelkedett az ércelésnél elért 4,8 t/órával szemben. Ehhez az eredményhez csak részben járult hozzá a beolvadás gyorsítását biztosító oxigénbefúvatás. Egyébként az *1. és*

2. ábrán látható a 16. és 18. sz. adagok lefolyása a rendelkezésre álló adatok alapján.

Ezekből a „B" gyárban lefolytatott oxigénes kísérletekből a következők állapíthatók meg :

1. Ha a frissítés folyamán befúvatást alkalmazunk, a fürdő előbbi lassú fővése élénk fővésbe megy át s ez a csapolásig tart. Ez az eredmény mutatkozik alacsony *C*-tartalmú betét esetében is.

2. A befúvatás következtében a fürdő hőmérséklete emelkedik. Ez különösen hidegebb járatú kemencék esetén fontos.

3. A szén kiégési sebessége gyorsul, az átlag 0,2—0,3% *C*/óra kiégéssel szemben átlag 0,51% *C*/órára emelkedik.

4. A *Mn*-tartalom általában emelkedik. A *P*- és az *S*-tartalom alakulása nem egyértelmű.

5. A befúvás előtt nem kovácsolható próbák a befúvás után mind kifogástalanul kovácsolódtak. A hajlító próbák áthajtása nagyobb, mint az azonos *C*-tartalmú, de oxigén befúvás nélküli adagok próbái. Ezt a minőségjavító hatást az irodalmi adatok is bizonyítják.

6. Az oxigénnel kezelt adagok öntésekor — bár hőmérsékletük 10—20°-kal magasabb, az üstkagyló kimaródása kisebb, mint az oxigénnel nem kezelt adagoknál. Ez valószínűleg az oxigénnel kezelt adag nagyobb oxidmennyiségével hozható összefüggésbe.

További öt adagnál (19—23. sz. adagok) tiszta oxigén helyett 50 és 25%-os oxigénnek és sűrített levegőnek keverékével végezték a befúvatási kísérleteket annak megállapítására, hogy a tiszta oxigén befúváshoz képest milyen változások várhatók. A befúvatást itt is több részletben végezték. Az átlagos befúvási idő a *10. és a 11. táblázat* adatai szerint 42 percig tartott, 0,44% *C*/óra átlagos leégés mellett. Az adagok lefolyása — függetlenül a befúvatástól — nem volt kifogástalan. Más következtetést ezek alapján nem lehet levonni, mint amit már eddig is megállapítottunk, nevezetesen, hogy a befúvás néliküli normális adaglefolyáshoz képest a t/óra teljesítmény lényegesen emelkedett, bár a tisztán oxigénbefúvásos adagoknál mutatkozó értékeket nem érte el.

Végül megvizsgáltuk, hogyan folyik le az olvasztás, ha oxigén helyett levegőt fúvatunk be, milyen teljesítmények érhetők el levegőfrissítéssel és milyenek sűrített levegővel való befúvatás esetén a kihatások az acél minőségére. Ezeket a kísérleteket is „B" gyárban végeztük el. A 25—31. sz. adagoknál pedig a beolvadás alatt sűrített levegő befúvatás. A 47—53. sz. adagoknál csak a frissítés alatt történt alkalmaztunk befúvatást a beolvadás gyorsítása céljából.

A 25—31. sz. adagot 35, ill. 40 t kemencében, az 50—53. sz. adagot 80 t kemencében gyártottuk ; ezt a körülményt az eredmények összehasonlításakor (t/óra) tekintetbe kell venni. A kísérleti adagok jellemző számadatait a *12, a 13, és a 14. táblázat* tartalmazza.

A befúvatást kétféle anyaggal végeztük, éspedig olajmentes, száraz, palackozott sűrített levegővel (20 atm nyomásnál) és 6—7 atm-ás sűrített levegővel. Frissítés alatti befúvatással összesen 6 kísérleti olvasztást végeztek, 1 adagnál beolvadás és frissítés alatt kezelték a fürdőt sűrített levegővel, további 6 adagnál pedig csak a beolvasztás alatt történt befúvatás.

A befúváshoz, mint az oxigénes kísérleteknél, ½"-os samottcsővel bevont gázcsövet alkalmaztak. Az összehasonlítás megkönnyítése végett a gyártott acélok öt adag kivételével itt is alacsony, 0,1—0,2% *C*-tartalmúak voltak. A beolvadásutáni befúvatások itt is több részletben történtek. A beolvadás alatt a kemence tűzálló bélésének védelme végett a befúvatást csak akkor kezdték el, amikor már elegendő fürdő képződött. Ez azért fontos, mert a korai befúvatás következtében — mint irodalmi adatok is bizonyítják — a kemence, különösen a lehúzó fejeknél és a kamra rácsozatánál erősen rongálódik. A sűrített levegő átlagos fogyasztása adagonként 150 m³ volt. Ez 90 m³ és 450 m³ közötti értékekből adódik.

Mint a 12. táblázatból látható, 45' átlag befúvatási időtartam mellett a *C*-leégés a szokásos 0,2-0,3% *C*/óra helyett 0,75% *C*/órára emelkedett. A *Mn*-, *P*- és *S*-tartalmat illetőleg hasonló volt a helyzet, mint az oxigénnel kezelt adagoknál. A *Mn*-tartalom általában emelkedett, a *P*- és a *S*-tartalom pedig nem egyértelműen csökkent. A salak bázicitása 7 kísérleti adagnál 1,9, tehát lényegesen alacsonyabb volt, mint az oxigénnel kezelt adagoknál. A kovácsolási próbák közül néhány közvetlenül a levegőbefúvás után repedezni kezdett, de ennek nincs nagyobb jelentősége, mert a további próbák már hibátlanul kovácsolódtak. A csapolási hőmérséklet — 1515—1525° C (korrigálatlan) — meleg adaglefolyásra mutatott. Az átlagos levegőfogyasztás a betétre vonatkoztatva 3,8 m³/t, a kihozatalra pedig 4,5 m³/t volt. A fúvatást 1/2" és 3/8"-es gázcsővel végezték. Az órateljesítmény átlag 5,5 t/órára emelkedett, szemben a befúvás nélküli 4,46 t/óra teljesítménnyel. Sűrített levegőnek a beolvadás és a frissítés alatt való befúvatásának az órateljesítménye 8,9 t/órára emelkedett, de itt is tekintetbe kell venni, hogy ezek gyorsított berakású és jól elkészített, válogatott hulladékkal gyártott adagok voltak. A kísérletek végeredményben azt bizonyítják, hogy levegő alkalmazása oxigén helyett azonosnak mondható többletkihozatalt biztosít. Ötvözetlen acélok gyártásánál tehát nincsen szükség tiszta oxigén alkalmazására.

A beolvadás alatt tisztán sűrített levegővel való befúvás hatására, mint a 14. sz. táblázat adatai is mutatják, az átlagos *C*%/óra leégés 0,98 *C* beolvadási és 0,38% *C* végpróbaérték mellett 0,30%/óra volt. Az adagokat a beolvadás után a szokásos eljárás szerint frissítették és készítették ki. A csapolási *hőmérséklet átlaga* 1520° volt. A *Mn*-tartalom közvetlenül a beolvadás után általában csökkent, majd fokozatosan emelkedett. A legtöbb adagnál a *P*- és a *S*-tartalom is csökkent, de kisebb mértékben, mint a frissítés alatti befúvatások esetében.

A beolvadás alatti befúvatás következtében a t/óra kihozatal a következőképen alakult:

Folyószám	Betétsúly	Eddigi t/óra	Új t/óra
47	35	4	4,8
48	40	4	5,3
49	35	3,69	5,6
50	80	9	10,3
51	80	9,50	14,1
52	85	9,50	10,6
Átlag		6,8	8,9

Egy sokat vitatott probléma is felmerül a tisztán sűrített levegővel történő acélgyártásnál, nevezetesen, hogy a sűrített levegővel bevitt *nitrogéntartalom* befolyásolja-e metallurgiailag az acél minőségét. A kérdést dr. Verő professzor részletesen ismerteti előadásában, ezért én a tüzetes tárgyalást mellőzöm, csupán a kísérletekkel kapcsolatos eredményekre térek ki.

Ismeretes, hogy az acél nitrogéntartalma szorosan összefügg a gyártási eljárással. *Köster* adatai szerint (Archiv f. Eisenhüttenwesen 3. (1929/30, 637/58.) a Martin- acélok szokásos nitrogéntartalma 0,001—008%, az elektroacéloké 0,008—0,016%, a Thomas-acéloké pedig 0,010—0,030% között mozog. A folyékony fürdő nitrogénoldó képességét a legutolsó adatok alapján legfeljebb 0,046%-nak vehetjük.

P. Bardenheuer és *G. Thanheiser* (K. W. I. Mitt. XVII. (1935 144. l.) a fürdő egyenletes, erős fövését tartják, vizsgálataik alapján, a gáztalanítás legfontosabb előfeltételének. A frissítés folyamán a felszálló *CO* a fürdőben és a fürdő felületén *CO*-ban dús atmoszférát alkot, mely mellett a nitrogén- és hidrogén-nyomás gyakorlatilag zérus. Üzemi kísérleteikkel igazolják, hogy ha pl. magas nitrogéntartalmú Thomas-acélt bázikus Martin-kemencében egyenletes fövés mellett frissítenek, a Thomas-acél eredeti nitrogéntartalma 1/3-ra csökken.

Az újabb elgondolások szerint (Stahl u. Eisen 68(1948,) 375/383 l.) a levegő befúvatása két egyidejű, de egymással ellentétes folyamatot hoz létre. Az egyik folyamat során az acél a befúvatott levegőből nitrogént vesz fel; ezt követi a másik folyamat, miközben *CO* képződik. A keletkező *CO* hatására a fürdő nitrogént ad le. Az acélfürdő végső nitrogéntartalmát ennek a két folyamatnak együttes hatása határozza meg.

C. Schwartz, Banthron, S Feigenbaum, G. H. Enzian, Wentrup, Kootz kutatási eredményei arra mutatnak, hogy a nitrogéntartalom alacsony értékére döntő hatású a frissítési sebesség. A levegővel a fürdőbe vitt nitrogén a *C* leégése folyamán eltávozik és így a Martin-acél eredeti nitrogéntartalma nem emelkedik.

J. H. Hornak (Iron and Steel Engineer, 1948. /1/ 310. l.) is kísérletezett 220 t Martin-kemencékben 104 befúvatásos és 23 normális gyártású adaggal. A kísérleteket 100% O_2-től egészen 100% N_2-ig terjedő gázkeverékekkel végezték. Azt találta, hogy a nyersvas, ócskavas olvasztásnál a fürdő nitrogéntartalma 0,004% volt, s ez nem változott sűrített levegő befúvatása esetében

sem. Csak tiszta nitrogén befúvatása eredményezte a nitrogéntartalom 0,006%-ra emelkedését.

Az acél nitrogéntartalmát mi nem vizsgáltuk. Semmi okunk sincs feltételezni, hogy kísérleteinknél a nitrogéntartalom emelkedne és károsan hatna az acél minőségére. Sokkal valószínűbb, hogy a szén leégési sebességének szabályozásával a fürdőhőmérséklet emelkedik, s ennek következtében az acél minősége javul. A Martin-kemencékben így olyan acélokat is gyárthatunk, amilyen ul. az Armco vas és a különleges mélyhúzásra alkalmas acélféleségek, amelyekdek gyártása normális olvasztási eljárással forró járású kemencéket és nagy gyártási gyakorlatot igényel.

A 21, a 26, a 29, és a 31. számú, sűrített levegővel frissített adagokból öregbedési próbákat készítettünk és összehasonlítottuk a 40, 41 jelű, azonos összetételű, befúvás nélkül gyártott acélból készült próbákkal. Mint a *14. táblázat* adataiból láthatjuk, olyan egyértelmű eltérés a levegőfebúvatással kezelt próbák eredményei között, melyekből a nitrogén káros hatására lehetne következtetni, nem volt megállapítható.

A befúvásos eljárás alkalmazásával kapcsolatban még egy nagyon lényeges kérdést kell felvetni. Nem befolyásolja-e a befúvás a kemence élettartamát? Az irodalmi adatok ismételten rámutattak, hogyha a beolvadáskor az oxigént vagy a sűrített levegőt közvetlenül a szilárd betétre irányítjuk, akkor csökkentjük a kemencetér falazatának és kamráinak tartósságát. Viszont ha a befúvást a beolvadási folyamat alatt, csak a fürdőképződés után, a fürdőbe merítve végezzük legfeljebb 7—8 atm nyomás mellett, akkor a tűzálló anyag romlása alig nagyobb, mint normális olvasztó eljárás esetén. A fürdő felületére közvetlenül irányított levegősugár szétveri a salakot, erős eróziónak teszi ki a boltozatot és a fejeket, ennek következtében a kemence élettartama csökken. Közvetlenül a fürdőbe merülő fuvócsőnél ezek a hátrányok nem mutatkoznak. A fúvócső bemerítési mélysége 30—35 t-ás kemencéknél kb. 150—200 mm, de nagy kemencéknél sem haladja meg a 300 mm-t. A hőmérsék-emelkedés hatása a Martin-acélra nem olyan nagy, hogy káros következmények mutatkoznának. Elektrokemencéknél azonban már ezt a hőemelkedést is tekintetbe kell venni.

A frissítés sebessége — akár oxigén-, akár levegőbefúvást alkalmazunk — több tényezőtől függ. Mindenekelőtt függ a fürdő *C*-tartalmától. Azonos oxigén — vagy levegőszolgáltatás és azonos fürdőhőmérséklet esetén a széntelenítés annál gyorsabb, minél magasabb a *C*-tartalom. Alacsony, 0,1% alatti széntartalom esetén lényegesen emelkedik az egységre eső oxigénfogyasztás. A befúvással való frissítés mindenképen előnyösebb, mint a tisztán érccel való frissítés. Néha elegendő 1—2 m^3/t befúvatása, hogy a széntelenítés folyamata erőteljesen megindúljon, mikor azonos körülmények között érccel frissítve a folyamat megindulása késik. A frissítési sebesség és a percenkénti oxigén- vagy levegőfogyasztás, valamint a *C* kiégése közötti összefüggés közepes görbéjét — az összes, tekintetbe jövő adagok figyelembe vételével — a *3. ábra* tünteti fel.

»A« üzem 100% oxigénnel kezelt adagok

1. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Össz. O. m³ fogy	Össz. O m³/t fogy.	Hozagok			Tiszta adag-tartam óra	Fajl. term. t/óra	Beolv. C %	Vég C%	Salak					
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			FeMn kg	FeSi kg	Tükörvas kg					FeO%		MnO%		CaO/SiO_2	
															kezdet	vég	kezdet	vég	kezdet	vég
1	36,6	61,8	2000	1500	41,7	60	1,63	—	—	—	6,10	5,32	1,02	0,06	—	—	—	—	—	—
2	36	67,7	2200	2000	55,6	30	0,83	150	—	100	5,45	7,16	0,64	0,19	19,04	15,75	13,82	12,65	3,3	3,62
3	36	64,0	2080	2000	55,6	30	0,83	200	—	—	5,35	7,50	0,85	0,14	17,88	10,16	14,66	13,82	3,28	3,3
4	35,3	57,5	1500	1500	42	25	0,70	130	—	—	6,10	7,10	0,91	0,31	21,36	15,82	14,46	17,95	5,28	3,3
5	35	52,2	1500	—	—	20	0,57	150	120	—	7,35	5,60	1,46	0,45	13,89	12,22	22,92	17,04	2,19	2,79
6	36,6	67,0	1500	2000	55	25	0,68	30	—	—	6,05	7,20	0,75	0,10	11,32	12,82	14,32	13,99	3,15	3,11
7	35	60	1500	—	—	75	2,06	80	120	—	7,30	5,0	1,38	0,38	10,93	6,95	17,50	15,82	2,19	2,77

2. sz. táblázat.

Olv. folyószám	C% fúvás előtt	C% fúvás végén	C-leégés % C/ó, befúv. alatt	C-leégés % C/ó, befúv. után	Adag átl. C-leégés %/ó	Fúv. után idő csap.-ig, perc
1	0,98	0,25	0,54	0,20	0,41	50
2	0,64	0,18	0,60	0,22	0,98	40
3	0,85	0,10	0,86	0,13	0,86	30
4	0,91	0,46	0,53	0,33	0,36	60
5	1,46	1,96	1,43	0,40	0,41	90
6	0,64	0,33	0,62	0,30	0,39	60
7	1,30	0,82	0,38	0,25	0,29	120
Átlag	0,97	0,44	0,58	0,26	0,53	64

A görbe lassan emelkedő irányú és 2,5—3 m³/percen túl jelzi, hogy — tekintettel a magas egységárra — nem érdemes sem az oxigén-, sem a levegőfogyasztást növelni. Bizonyos, hogy az oxigénfogyasztás és a frissítés tényezői között összefüggés van, de végeredményben az eljárás alkalmazásának körülményeit a beolvadási és a végső széntartalom szabja meg. A salak *FeO*-tartalma és az oxigén-levegőfogyasztás közötti összefügg és közepes görbéjét a *4. ábra* mutatja, a *P* és a százalékos *P* oxidáció közötti összefüggés pedig az *5. ábrán* látható. A befúvatás hatása a *Mn* tartalom alakulására kedvező, mert a fürdő *Mn*-tartalma a frissítés alatt általában emelkedik, csak helytelen salakösszetételű adagoknál csökken vagy nem változik. A *6. ábrán* a K_{Mn} értéke a salak CaO/SiO_2 bázicitásának függvényében van ábrázolva. A diagramm alapján meszebb menő következtetéseket nem vonhatunk le, mert a K_{Mn} értékét erősen befolyásolja a hőmérséklet. A K_{Mn} értéke annál kisebb, minél alacsonyabb a salak bázicitása és minél nagyobb a fürdő hőmérséklete. Az ábrában K_{Mn} értéke az alábbi kifejezés alapján van a diagrammban felvéve:

$$K_{Mn} = \frac{1}{(FeO)} \cdot \frac{(MnO)}{(Mn)}$$

A salak oxidtartalma a befúvatott oxigén mennyiségétől függ és ha a befúvatás nem számottevő, akkor a hőmérsék befolyására a K_{Mn} csökkentése már nem fog megfelelni a *FeO*-tartalom növekedésének, úgyhogy a $\frac{(MnO)}{[Mn]}$ értékének emelkedésével a fürdő [*Mn*] tartalma esni fog. Vagyis a befúvatás következtében a fém [Mn] tartalma elméletileg a fürdő hőmérsékletének emelkedése folytán nő, de viszont a hosszabb befúvatási időtartam a salak (*FeO*) tartalmát erősen emeli és ez a (*Mn*) kismérvű vagy erősebb csökkenéséhez vezet. Ezeknek figyelembevétele különösen fontosnak látszik az egészen lágy, 0,1% alatti *C*-tartalmú acélok gyártásánál, mivel a *Mn*-tartalom kismérvű emelkedése vagy csökkenése megakadályozza a salak (*FeO*) tartalma meg nem enge-

3. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Összes befúv. O_2 m³	O_2 fogy. m³/t	Hozagok			Tiszta adagtartam óra	Fajlagos term lés t/óra	Beolv. C%	Vég C%	Salak					
															FeO%		MnO%		CaO/SiO_2	
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			$FeMn$ kg	$FeSi$ kg	Tükörvas kg					kezdet	vég	kezdet	vég	kezdet	vég
8	38,8	61,5	2300	3000	77	60	1,55	120	—	—	5,45	6,97	0,35	0,10	13,25	13,63	13,63	15,23	2,25	2,4
9	36,8	65	1650	2000	54	180	4,9	200	120	—	7,20	4,77	1,12	0,19	—	—	—	—	—	—
10	37,2	64,5	1500	2500	62	200	5,4	200	—	—	7,00	4,62	0,99	0,09	14,15	10,67	17,30	12,78	2,05	2,23
11	37	40,5	1000	—	—	115	3,1	—	—	—	6,30	5,15	0,45	0,08	21,65	18,26	11,49	12,65	4,13	4,20
12	37	46	1120	1500	40	110	3	—	—	—	7,20	4,73	0,89	0,17	15,18	15,19	17,69	14,97	2,93	3,11
13	37	46	1500	1000	27	100	2,7	70	—	—	5,40	6,76	0,49	0,10	19,94	16,08	14,84	15,10	4,36	4,26
14	37,5	60	1500	2000	53	265	5,85	—	—	—	6,30	5,80	1,33	0,15	15,18	12,73	17,17	15,23	3,94	3,54
15	37	60	1500	2000	54	120	3,24	—	—	100	5,55	5,50	0,69	0,13	13,89	10,93	15,49	14,20	1,97	2,14

4. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Hozagok			Tiszta adag tartam óra	*Fajl.* termelés t/óra	Beolv. C%	Vég C%
	Összes t	Nyersvas %	Mész kg	Érc kg	kg/t érc	*FeMn* kg	*FeSi* kg	Tükörvas kg				
32	37,9	59,4	1300	3000	79	200	—	—	6'20	5,71	0,35	0,10
33	36,20	65	1500	2480	69	100	—	200	9'25	3,40	1,20	0,14
34	36,5	50,6	1500	1600	43	—	—	—	7'50	4,93	0,65	0,08
35	37	40,6	1500	—	—	200	—	—	7'00	4,73	0,27	0,09
36	36,8	40	1240	—	—	—	—	—	6'40	5,13	0,52	0,27
37	36,5	59	1500	3100	85	—	—	—	6'10	5,80	0,80	0,10
38	36,4	64,3	1500	2900	80	—	—	—	6'00	6,00	0,65	0,08
39	36,4	59	1500	2750	75,5	—	—	200	6'10	5,36	1,12	0,15

a) **Oxigén** 5. sz. táblázat

Olv. folyószám	C% fúvás előtt	C% fúvás végén	C-leégés % C/ó.		Adag átl. C-leégés %/ó	Fúv. után idő csap.-ig, perc
			befúv. alatt	befúv. után		
8	0,35	0,11	0,41	0,17	0,33	35
9	1,10	0,52	0,46	0,23	0,44	72
10	0,99	0,15	0,59	0,10	0,44	37
11	0,32	0,10	0,54	0,09	0,54	28
12	0,83	0,52	0,42	0,19	0,28	109
13	0,42	0,16	0,43	0,12	0,33	34
14	1,15	0,19	0,45	0,18	0,39	30
15	0,63	0,33	0,60	0,29	0,51	42
Átlag	0,73	0,26	0,49	0,17	0,41	48

b) **Revézett**

Olv. folyószám	C% revérzés előtt	C% revérzés végén	C-leégés % C/ó.		Adag átl. C-leégés %/ó	Revérzés utáni idő csap.-ig
			revérzés alatt	revérzés után		
32	—	—	—	—	0,36	—
33	1,20	0,40	0,27	0,16	0,27	100
34	0,65	0,45	0,27	0,19	0,28	115
35	—	—	—	—	0,24	—
36	—	—	—	—	0,20	—
37	0,80	0,18	0,34	0,24	0,34	20
38	0,65	0,10	0,42	0,08	0,40	15
39	1,12	0,30	0,42	0,18	0,40	50
Átlag	0,88	0,29	0,34	0,17	0,31	60

Oxigénbefúvatás („B" gyár)

6. sz. táblázat.

Adagszám	Betét					Összes befúv. O_2 m³	O_2 fogy. m³/t	Hozagok			Tiszta adagtartam óra	Fajl. term. t/óra	Beolv. C%	Vég C%	Salak					
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			FeMn kg	FeSi kg	Tükörvas kg					FeO%		MnO%		CaO/SiO_2	
															kezdet	vég	kezdet	vég	kezdet	vég
16	39,27	36,2	2400	—	—	180	4,33	30	130	—	7'45	5,0	0,98	0,10	10,92	12,46	19,37	17,03	2,37	3,15
17	40,76	40,76	1980	—	—	180	4,55	200	—	—	7'15	5,58	1,14	0,11	15,20	7,39	34,31	18,06	1,08	3,2
18	34,7	34,6	2040	—	—	20	1,73	—	—	—	6'40	5,18	0,68	0,09	—	—	—	—	—	—
24	40,03	32,3	2180	720	18	20	0,60	250	140	—	3'50	10,85	1,08	0,65	—	—	—	—	—	—

50 és 25%-os oxigénbefúvatás („B" gyár)

7. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Összes befúv. O m³	O_2 fogy. m³/t	Hozagok			Tiszta adagtartam óra	Fajl. term. t/óra	Beolv. C%	Vég C%	Salak					
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			FeMn kg	FeSi kg	Tükörvas kg					FeO%		MnO%		CaO,SiO_2	
															kezdet	vég	kezdet	vég	kezdet	vég
19	40,46	42,5	3300	360	8,9	50	1,31	400	—	—	8'30	4,58	0,89	0,05	—	—	—	—	—	—
20	34,62	37,6	1560	—	—	30	1,03	150	—	—	6'20	5,45	0,68	0,06	—	—	—	—	—	—
21	35,90	33,5	1980	—	—	30	0,85	—	40	—	8'05	4,30	1,13	0,18	—	—	—	—	—	—
22	34,5	37,1	1300	—	—	120	3,61	30	120	—	8'15	4,07	0,96	0,10	8,32	13,22	17,86	17,56	1,88	2,3
23	36,06	36,0	1860	—	—	100	3,50	200	—	—	6'25	5,50	0,30	0,03	16,14	24,05	14,69	12,40	2,0	3,7

8. táblázat

Olv. folyószám	C% fúvás előtt	C% fúvás után	C-leégés % C/ó		Adag átl. C-leégés %/ó	Fúvás utáni idő csap.-ig, perc
			befúv. alatt	befúv. után		
16	0,98	0,18	0,45	0,12	0,26	35
17	1,14	0,18	0,44	0,07	0,53	75
18	0,58	0,19	0,73	0,14	0,21	85
Átlag	0,9	0,18	0,54	0,11	0,33	65

9. sz. táblázat

Olv. folyószám	C% fúvás előtt	C% fúvás végén	C-leégés % C/ó		Adag átl. C-leégés %/ó	Fúv. utáni idő csap.-ig, perc
			befúv. alatt	befúv. után		
19	0,32	0,09	0,57	0,08	0,27	30
20	0,14	0,08	0,20	0,03	0,27	40
21	1,13	0,67	0,51	0,19	0,21	125
22	0,42	0,10	0,42	0,50	0,29	30
23	0,30	0,06	0,51	0,10	0,13	25
Átlag	0,46	0,20	0,44	0,08	0,23	50

dett mérvű emelkedését, s így jelentős *FeMn* megtakarítást biztosít. Meg kell jegyeznem, hogy — több ellenőrizhetetlen körülmény miatt, amilyen pl. a kemence járata, a salak mennyisége, a salak összetételbeli változásai stb. — a számszerű kiértékelés nem egészen megbízható.

Végeredményben tehát oxigén vagy sűrített levegő alkalmazásával egyrészt a beolvadást lehet hathatós módon gyorsítani, másrészt a frissítés alatt nagyobb széntelenítési sebességet biztosítani, a fürdő hőmérsékletének gyorsabb emelkedése mellett. Teljesen beolvadt, de a frissítési folyamathoz nem elegendő magas *C*-tartalmú fürdőnél oxigénbefúvatással lehetővé válik a hőmérséklet emelkedése folytán a reakció megindítása. Ily módon lehetséges extra lágy minőségű acéladagot is a kívánt hőmérsékletre hozni, esetleg felszenítő hozagok folyékony vagy szilárd állapotban történő adagolása útján.

Következtetések:

Az összes adagok átlagainak szembenállítása a csak ércelt adagokéval nem ad helyes képet, mert a legkülönbözőbb t/óra teljesítményű kemencék fajlagos teljesítményét kellene összehasonlítaniunk. Az egyenlő típusu és nagyságú kemencéket összehasonlítva, az érces adagok átlag órateljesítménye 5,1 t/óra, a tiszta oxigénbefúvásos adagoké 5,75 t/óra és az összes oxigénnel kezelt adagoké 6 t/óra volt (+ 17,5%). A tisztán sűrített levegővel történő

Levegőbefúvás frissítés alatt (20 atm. nyomás)

10. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Összes befúv. levegő m³	Levegő fogy. m³/t	Hozagok			Tiszta adagtartam óra	Fajl. term. t/óra	Beolv. C%	Vég C%	Salak					
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			FeMn kg	FeSi kg	Tükörvas kg					FeO%		MnO%		CaO/SiO2	
															kezdet	vég	kezdet	vég	kezdet	vég
25	40,04	15	1500	—	—	180	5,3	—	60	—	7′20	5,4	1,11	0,11	17,16	13,65	22,10	19,76	1,8	2,6
26	40,16	37,4	2460	—	—	190	5,4	30	70	200	6′25	5,34	1,02	0,12	15,34	10,27	20,80	16,90	1,15	1,40
27	40,13	37,7	700	—	—	90	2,4	350	55	750	5′50	5,75	0,38	0,13	20,80	20,15	22,62	19,24	2,0	2,1
28	40,3	37,3	3000	—	—	160	4,7	320	40	—	7′10	4,60	0,93	0,13	—	—	—	—	—	—
29	38,51	33,8	3000	—	—	170	5,5	30	60	—	8′10	4,24	1,22	0,08	8,12	11,31	22,88	13,78	1,0	2,4
30	35,38	42,5	1200	150	12,7	100	3,25	—	130	—	5′35	5,40	1,23	0,16	18,13	13,65	26,71	19,76	1,6	2,2
31	38,54	33,8	1230	630	16,35	160	5,2	100	130	—	3′55	8,90	1,35	0,46	13,91	11,83	28,60	19,56	1,4	2,0

Levegőbefúvás csak beolvadás alatt (6—7 atm nyomás)

11. sz. táblázat

Adagszám	Betét					Összes befúv. levegő m³	Levegő fogy. m³/t	Hozagok			Tiszta adagtartam óra	Fajl. term. t/óra	Beolv. C%	Vég C%
	össz. t	nyersvas %	mész kg	érc kg	kg/t érc			FeMn kg	FeSi kg	Tükörvas kg				
47	34,9	37,2	2020	1080	31,0	150	4,85	30	50	—	6′25	4,8	1,08	0,16
48	44,47	31,6	1500	—	—	180	5,50	250	90	1000	5′25	5,3	0,70	0,46
49	35,28	36,9	2180	1800	51,0	320	9,0	200	130	—	5′35	5,6	1,57	0,15
50	79,3	32,5	6480	600	7,5	270	4,10	—	180	—	6′20	10,3	1,00	0,64
51	81,1	20,9	3000	360	4,42	180	2,60	400	200	—	4′40	14,1	1,00	0,64
52	85,49	29,3	4820	—	—	450	7,50	700	120	—	5′15	11,5	0,44	0,15
53	72,44	41,5	3480	270	3,75	400	6,60	200	200	—	6′25	10,6	1,03	0,49

12. sz. táblázat.

Olv. folyószám	C% fúvás előtt	C% fúvás végén	C-leégés % C/ó		Adag átl. C-leégés %.ó	Fúvás utáni idő csap.-ig, perc
			befúv. alatt	befúv. után		
25	1,01	0,11	0,51	0,06	0,35	20
26	1,02	0,12	0,74	0,12	0,31	55
27	0,38	0,11	0,16	—	0,097	120
28	0,93	0,22	0,98	0,08	0,24	58
29	1,22	0,67	0,79	0,22	0,41	158
30	0,50	0,18	0,83	0,03	0,34	66
31	1,35	0,76	1,26	0,48	0,64	38
Átlag	0,92	0,31	0,75	0,14	0,34	73

13. sz. táblázat

Folyószám	C-beolv. %	C-végpróba %	Friss. idő óra	Leégés C%/óra
47	1,08	0,16	3,25	0,25
48	0,70	0,46	2,05	0,23
49	1,57	0,15	3,00	0,48
50	1,00	0,64	2,00	0,18
51	1,00	0,64	2,00	0,22
52	0,44	0,15	1,05	0,27
53	1,03	0,49	2,05	0,30
Átlag	0,975	0,385	2,20	0,30

befúvatásnál, — azonos kemencenagyságok mellett — az átlag frissítésnél 5,66 t/óra (+ 10%), a csak a beolvadás alatt kezelt adagoknál, az abnormális lefolyású adagok megfelelő leértékelésével 6 t/óra teljesítmény adódik (+ 17,5%) A legnagyobb teljesítménynövekedés a kísérletek folyamán a beolvadás és frissítés alatt kezelt adagoknál mutatkozott. Itt az átlag órateljesítmény az érces eljáráshoz képest 27,5%-kal emelkedett.

Ha nem is lehet általában 27%-os többteljesítménnyel számolni, hiszen tekintetbe kell venni, hogy a befúvás alkalmazhatósága az adag beolvadási széntartalmától függ, 10—15%-os többtermelésre feltétlenül számíthatunk.

A befúvatás következtében a frissítés kb. 0,50% *C*/órával vehető fel az eddigi 0,2—0,3% *C*/óra leégéssel szemben ; ezáltal a frissítési idő csökken.

Az eljárás lehetővé teszi olyan alacsony széntartalmú acélok (tehát 0,10% *C*-tartalom alatti acélok) gyártását is, melyeknek gyártása Martin-kemencékben egyébként nehézségekkel jár.

Az adagidők megrövidülésével a kemencék gázfogyasztása is csökken. Ez 7—15%-os tüzelőanyag-megtakarítást jelenthet. Átlagban 6 m hosszú csövet véve alapul, adagonként a csőfogyasztás kb. 10—15 m. Csövenként kb. 60 m^3 oxigént vagy levegőt lehet befúvatni.

14. sz. táblázat

Adagszám	Anyag minőség	Adagkezelés módja	Anyag állapota	Próbák iránya	Messnager bemetszett ütőpróba mkg/cm²			Megjegyzés
					Vizsgálati hőmérsék és mód			
					20°	—70°	10% hideg alakítás és öregbítés 1 ó/250°-n	
21	kazánlemez	levegővel	hengerelt	hossz	13,5 14,7	0,62 0,52	7,6 6,8	
				kereszt	7,1 7,3	0,41 0,52	4,0 4,2	
26	kazánlemez	levegővel	hengerelt	hossz	13,2 11,8	1,1 1,0	5,9x 2,9	xhibás próba
				kereszt	6,6 6,5	1,2 0,83	3,3 4,1	
40	kazánlemez	levegő nélkül	hengerelt	hossz	13,6 12,8	1,1 0,45	5,5 7,6	
				kereszt	6,6 5,9	1,1 0,9	3,7 3,5	
41	kazánlemez	levegő nélkül	hengerelt	hossz	14,0 12,6	— —	8,1 7,9	
				kereszt	6,6 9,1	— —	4,6 3,7	
29	lemezplatina	levegővel	nemesítve	hossz	17,5 16,5	5,7 7,3	14,4 16,9	
31	kocsiabroncs 0,46% *C*	levegővel	nemesítve	hossz	8,1 7,5	0,56 0,53	5,0 4,6	
X	kocsiabroncs 0,43% *C*	levegő nélkül	nemesítve	hossz	10,4 9,3	0,6 0,6	6,1 —	

Az átlagos oxigénfogyasztás 3,5 m^3/t, sűrített levegőnél 4,5 m^3/t. A beolvadás és frissítés alatti befúvatásnál 10 m^3/t sűrített levegővel lehet számolni. A legkedvezőbb oxigénáramlási sebesség 2,5—3 m^3 oxigén/perc, míg 5—7 atm. sűrített levegő esetében 1,5 m^3/perc.

Az adagtartam rövidülése igen jelentős, mert az átlagos beolvadási idő egy órával csökken, ami 57%-os megtakarításnak felel meg.

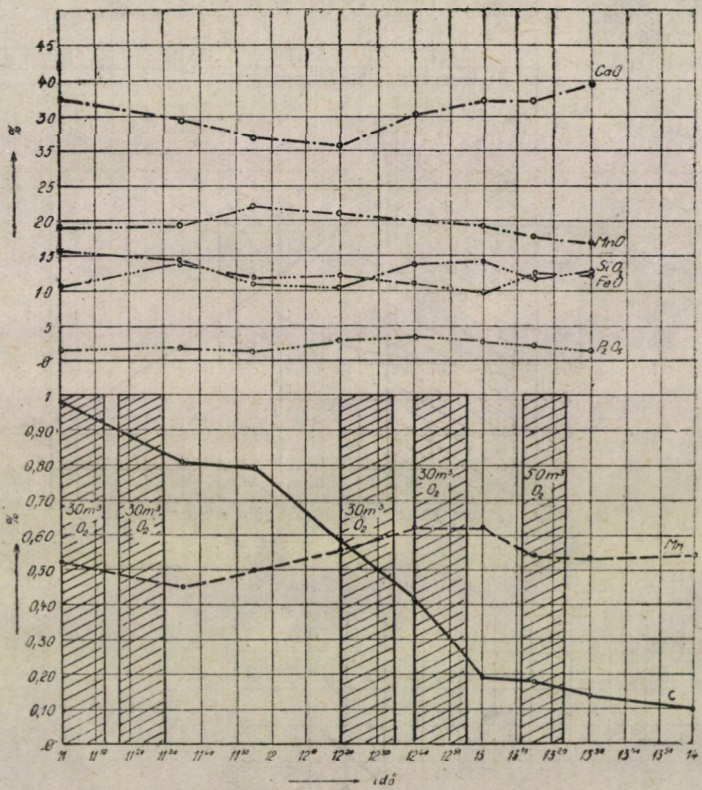
Az „A" acélműben folytatott kísérleteknél adagonként mintegy 100 kg *FeMn*-megtakarítás mutatkozott. A fürdő *Mn*-tartalma a befúvás következtében mind az „A", mind a „B" acélműben emelkedett.

A kísérleti adagok öntecsei kifogástalanul hengerlődtek mindkét befúvatási eljárás alkalmazása esetén.

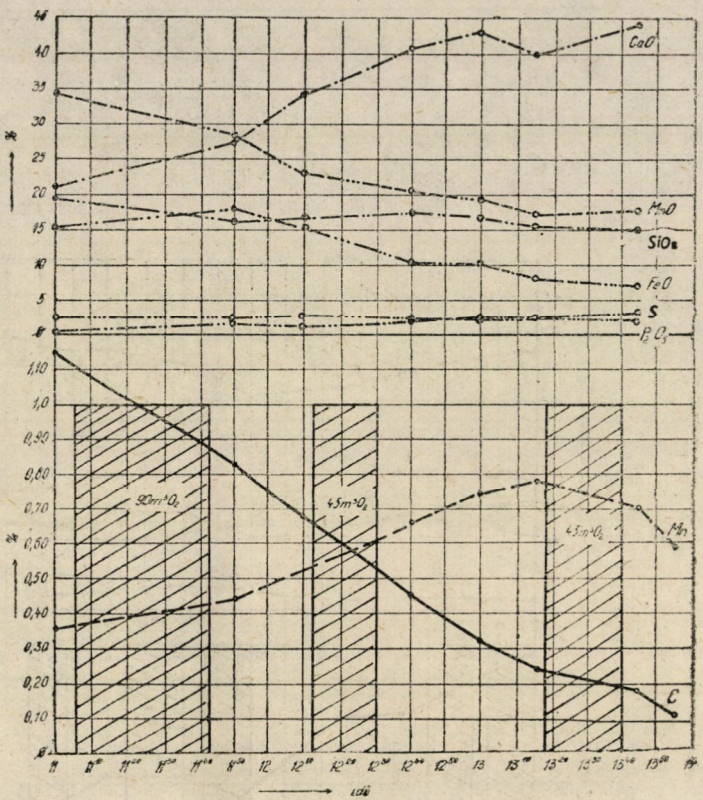
A sűrített levegővel kezelt adagoknál szemben a tisztán érccel kezeltekkel — a nitrogénnek az ötvözetlen acél minőségére káros hatása nem mutatkozott.

Hazai vonatkozásban a kísérletek legfontosabb eredménye az a megállapítás, hogy sűrített levegő befúvatásával acélgyártásunk kapacitása mintegy 10—15%-kal növelhető anélkül, hogy új kemencék építése és egyéb különleges berendezések beszerzése válnék szükségessé. Az eljárás alkalmazása tehát nemzetgazdasági szempontból is igen előnyös. Kettős súllyal esik ez a körülmény a latba most, mikor a termelés fokozása egyértelmű a béke védelmével. Meggyőződésem, hogy ez az eljárás az acélgyártásban rövidesen épolyan általános és természetes lesz, mint amilyen természetessé vált annak idején az ócskavas-nyersvas eljárás.

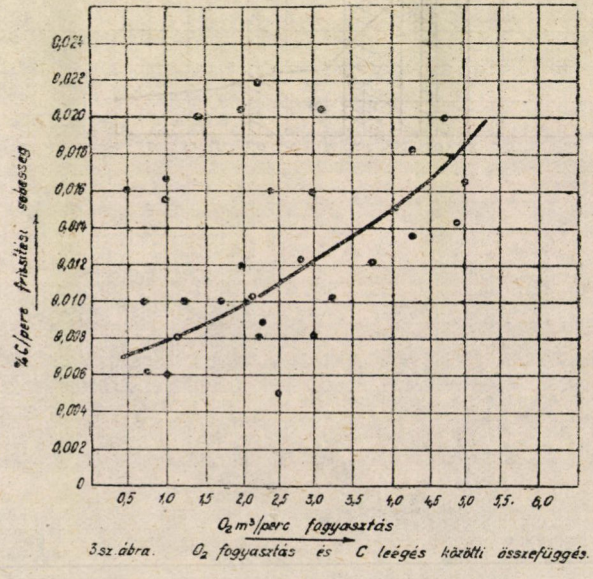
Végül még egy kedves kötelességemnek teszek eleget, amikor köszönetet mondok a Vasipari Kutató Intézet igazgatójának, dr. Gillemot Lászlónak azért, hogy lehetővé tette ezen előadásom megtartását, munkatársaimnak pedig azért a hathatós támogatásért, amelyben részesítettek. De legnagyobb köszönetemet a Martin üzemek azon dolgozóinak nyilvánítom, akik Margóczi, Kossuth-díjas olvasztárral az élen, a legnagyobb érdeklődéssel és áldozatos munkával segítettek a kísérletek lefolytatásában, s jelentős munkát végeztek az eljárás sikeres kipróbálása és bevezetése terén.



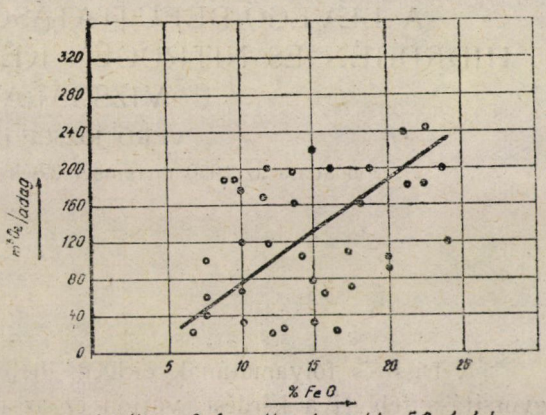
1 sz. ábra. 16 sz. alag. olvasztási diagrammja



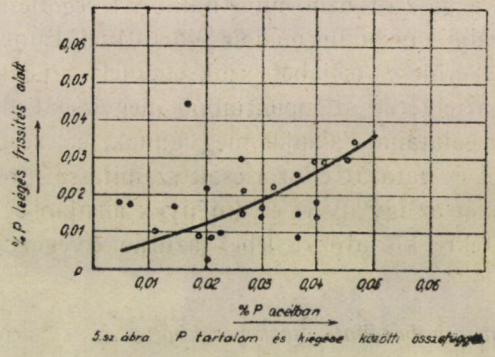
2. sz. ábra 18 sz. adag olvasztási diagrammja



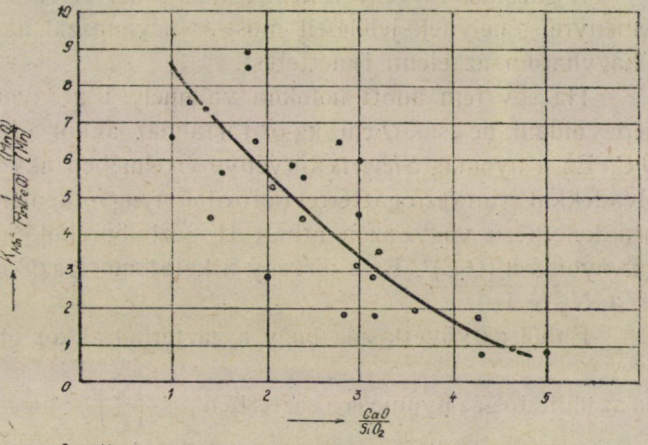
3 sz. ábra. O_2 fogyasztás és C leégés közötti összefüggés.



4.sz. ábra. O_2 fogyasztás és salak FeO tartalma közötti összefüggés.



5.sz ábra P tartalom és kiégése közötti összefüggés.



6.sz. ábra K_{Mn} és salak bázicitása közötti összefüggés.

A LEVEGŐ-BEFÚJTATÁSOS ACÉLGYÁRTÁS HIDROGÉN ÉS NITROGÉN KÉRDÉSÉNEK ELMÉLETI VIZSGÁLATA

VERŐ JÓZSEF r. tag

előadása az 1950 november 29-én tartott osztályülésen

A frissítés folyamatának oxigén, illetőleg levegő befújtatásával végzett gyorsítása felveti a kérdést, vajjon ez az új munkamódszer nem vezet-e az acélfürdőnek ártalmas gázokkal, hidrogénnel és nitrogénnel való erősebb szennyeződéséhez. Nálunk ezen a téren eddig csak kísérleti gyártás folyt. Azok a tapasztalatok, amelyeket az így készült acél feldolgozásakor, valamint alapos vizsgálata közben gyűjtöttek, semmi aggasztót nem mutatnak. A levegőbefúvással készült acél semmivel sem rosszabb a normális módon gyártottnál. Ennek ellenére, kellemetlen meglepetések elkerülése céljából szükségesnek látszik, hogy a levegőbefúvás szerepét a gázfelvétel szempontjából megvizsgáljuk.

Minthogy a kérdés elméleti vizsgálatának alapjai megvannak, célszerű, ha a H_2 és az N_2 felvételének menetét és határát először csak számítással próbáljuk megállapítani. A kísérleti munkát az így nyert eredmények alapján céltudatosabban, csak a szükséges mértékre korlátozva lehet azután elvégezni.

I. Gázoldódás fémfürdőn átbuborékoló gázkeverékből

A gázoldás törvényeit nemrégiben ismertettem (1); hivatkozva erre a közleményre, amelynek jelöléseit most is ugyanazzal az értelmezéssel használom, elhagyhatom az elemi ismertetést.

Ha egy fém adott hőfokon valamely 1 at nyomású gázból C cm³/kg-ot képes oldani, de csak Q cm³/kg-ot tartalmaz, akkor a fémben oldott gáz nyomása Q/C. Ez a nyomás *Sieverts* törvénye értelmében akkor tart egyensúlyt a fémolvadékkal érintkező gáztérrel (a fürdőn nyugvó kemenceatmoszférával, a fürdőben keletkező vagy azon áthajtott gázbuborékokkal), ha abban az oldható gáz nyomása $(Q/C)^2$. Ez a törvény a kétatomos gázokra érvényes, tehát a H_2-re és a N_2-re is.

Ebből az következik, hogy a gáztérből akkor oldódhatik gáz a fürdőben, ha az oldható gáz nyomása a gáztérben $p > \left(\frac{Q}{C}\right)^2$; ha $p < \left(\frac{Q}{C}\right)^2$, akkor a fürdőben oldott gáz egy része a gáztérbe megy át, a fürdő tehát gáztalanodik.

A fürdő lehetséges legnagyobb gáztartalma mindig a $p = \left(\frac{Q}{C}\right)^2$ összefüggést elégíti ki, tehát

$$Q_{max} = C\sqrt{p} \tag{1}$$

Ezt a lehetséges legnagyobb oldott gázmennyiséget a fürdő akkor tartalmazza, ha a nyomásegyensúly a fürdő és a gáztér között létrejött. Az egyensúly azonban csak bizonyos idő alatt érhető el. Ha a fürdő mély és aránylag kis felületen érintkezik a gáztérrel, hosszú idő szükséges ehhez. Minél nagyobb felületen történik a kölcsönös érintkezés, annál rövidebb idő alatt juthatunk el az egyensúlyhoz. Ha az oldható gázt tartalmazó »gázteret« buborékok alakjában, finom eloszlásban áthajtjuk a fémfürdőn, az érintkezési felület igen nagy, a nyomásegyensúly tehát rövid idő alatt létrejön. Ha pedig a buborékok végtelenül aprók, a nyomásegyensúly kialakulásához idő nem is kell. Elvi számítást elsősorban erre az esetre alkalmazhatunk.

Először azt kell megállapítanunk, mennyi gáz oldódik a fürdőben 1 cm³ térfogatú buborékból. A buborék áthaladásakor a fürdő már tartalmaz Q cm³/kg gázt, benne az oldható gáz nyomása Q/C. A fürdőn áthajtott gázkeverékben az oldható gáz parciális nyomását jelöljük p-vel; 1 cm³ gázkeverék tehát eredetileg p cm³ oldható gázt tartalmazott. Ha ebből x cm³ oldódik a fürdőben, akkor az elszálló buborék már csak $(p - x)$ cm³ oldható gázt tartalmaz, a buborék teljes térfogata pedig $(1 - x)$ cm³. Az oldható gáz nyomása tehát, amely a Sieverts-törvény értelmében tart egyensúlyt a fürdőben oldva levő gáz nyomásával:

$$\frac{p - x}{1 - x} = \left(\frac{Q}{C}\right)^2 \tag{2}$$

Ebből

$$x = \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^2 - p}{\left(\frac{Q}{C}\right)^2 - 1}$$

az 1 cm³ befúvott gázkeverékből oldatba menő gáz mennyisége a már oldatban levő gázmennyiség függvényekép; C egy adott fürdőre és adott gázra állandó, csak a fürdő hőfokával változik.

Befúvás közben a fürdő gáztartalmának növekedése abból adódik, hogy dL térfogatú befúvott gázból

$$dQ = x \cdot dL$$

gázmennyiség megy oldatba.

$$dQ = dL \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^2 - p}{\left(\frac{Q}{C}\right)^2 - 1}$$

Rendezve és integrálható alakra hozva:

$$dL = dQ + \frac{1-p}{p - \left(\frac{Q}{C}\right)^2} dQ$$

A jobboldalt O és L, a baloldalt a kezdeti Q_k és végső Q_v határok közt integrálva, a befúvott levegő L mennyiségének és a fürdő Q_v gáztartalmának összefüggése az

$$L = Q_v - Q_k + \frac{2{,}3\,C\,(1-p)}{2\sqrt{p}} \log \frac{p + \frac{\sqrt{p}}{C}(Q_v - Q_k) - \frac{Q_v \cdot Q_k}{C^2}}{p - \frac{\sqrt{p}}{C}\left(Q_v - Q_k\right) - \frac{Q_v \cdot Q_k}{C^2}} \tag{3}$$

alakban adódik. A jobboldal első tagjának dimenziója cm³/kg, a második tag dimenzióját C határozza meg (ugyancsak cm³/kg), mert a többi tényező, p-t is beleértve, dimenzió nélküli.

Ha a fürdő a fúvatás kezdetén oldható gázt nem tartalmazott, azaz $Q_k = 0$, az

$$L = Q_v + \frac{2{,}3\,C\,(1-p)}{2\sqrt{p}} \log \frac{p + \frac{\sqrt{p}}{C} Q_v}{p - \frac{\sqrt{p}}{C} Q_v} \tag{4}$$

egyszerűbb alakhoz jutunk.

A képlet segítségével ki lehet számítani azt az L gázmennyiséget, amely szükséges a Q_v gáztartalom eléréséhez. L növekedésével Q_v eleinte gyorsan nő, aztán lassabban és végül aszimptotikusan közeledik a $Q_{max} = C\sqrt{p}$ értékéhez; ha Q helyébe ezt a $C\sqrt{p-t}$ helyettesítjük, L végtelenné válik. (1. ábra)

A (4) képletből számított görbék végeredményben a bonyolultabb (3) képletből adódó görbét is magukban foglalják; úgy tekinthetjük ugyanis, (1. ábra), hogy a Q_k gáztartalom (pld. 34 cm³/kg) $L_o = 1$ m³/t gázkeverék átfúvásának a következménye. Ha tehát $Q_v = 52$ cm³/kg gáztartalom eléréséhez $L = 2$ m³/t gázmennyiség átfúvása szükséges O gáztartalmú fürdőből kiindulva, akkor Q_k-kezdeti gáztartalmú fürdő már a $(L - Lo)$ gázmennyiség, azaz 2—1 =

= 1 m³/t átfúvása után Q_v = 52 cm³/kg mennyiségű oldott gázt tartalmaz.

A (3) egyenlet levezetésekor formálisan semmiféle feltételt sem kötöttünk ki, az tehát látszólag általános érvényű. A valóságban mégis feltételt rejt magában az, hogy a differenciálegyenletből indultunk ki. A fürdő gáztartalmát a végtelen kicsi (dL térfogatú) buborékok végtelen csekély dQ értékkel növelik meg. Differenciálegyenletünk és a belőle származó 3. egyenlet is csak olyan gázáramra vonatkozhatik, amely végtelen kicsi buborékokban halad át a fürdőn, illetve olyan buborékokban, amelyek az oldható gázból végtelen kis mennyiséget tartalmaznak. Minél jobban megközelíti a buborékok mérete, illetve oldható gáztartalma a végtelen kicsit, annál pontosabban fejezi ki a 3. egyenlet a fürdő gáztartalmának növekedését.

Levegőt acélfürdőbe többnyire ½"-os csövön át szokás befúvatni. A keletkező buborékok jóval meghaladják a végtelen kicsi méretet. Ennélfogva a 3. sz. képletünk nem is fejezheti ki hűen a levegőáram nitrogénező hatását, hiszen a befúvott levegőből olyan gázkeverék lesz, amelynek kb. $^2/_3$ része nitrogén. A hidrogén mennyisége viszont ebben a gázkeverékben legfeljebb 3—4 századrész ; ezért feltehető, hogy az acélfürdő hidrogéneződését a 3. képlettel számítva, durva hibát nem követünk el. Ha számításunk esetleg nem is fedi pontosan a valóságot, a hiba csak olyan értelmű lehet, hogy adott mennyiségű és adott H-tartalmú gázkeverék áthaladása után a fürdő valóságos H-tartalma a számítottnál kisebb. Vagyis biztonsággal számítunk.

A lényeg tehát az, hogy az acélfürdőnek levegővel való fúvatására alkalmazva a számítást, a fürdőnek H_2-nel való szennyeződése elég pontosan nyomon követhető. A N_2-szennyeződés lehetséges legnagyobb értéke szintén kiszámítható ugyan, de kísérleti adatok híjján nem számíthatjuk ki, hogy adott levegőmennyiség átfúvása mennyire szennyezi a fürdőt nitrogénnel.

Levegővel fújtatott acélfürdő nitrogéneződésének valóságos menetét és a végső N-tartalmat feltétlenül kísérletekkel kell ellenőrizni.

II. A hidrogén kérdése

C-vel jelölve az 1 kg vasolvadékban 1 at H_2-nyomás alatt oldható H-mennyiségét cm³-ben, *Sieverts* (2) mérései alapján

$$\log C = -\frac{1755}{T} + 3.403$$

T Kelvin-fokban a fürdő hőfoka.

Ha C-tartalmú vasolvadékba páratartalmú levegőt fúvunk be, a nedvességnek legalább egy része H_2 szabaddá válása közben reagál, illetve disszociál. Ezt a szabad H_2-t oldhatja a fürdő. A levegő páratartalma a hőfok függvénye ; a 2. ábra Z görbéje a vízgőzzel telített, tehát 100% relatív páratartalmú levegő víztartalmát ábrázolja.

1 m³ befúvott levegő tehát a következő gáz-, illetve gőzmennyiséget juttatja a fürdőbe:

$$\begin{aligned} 78\% &= 780\ 1\ N_2 \\ 21\% &= 210\ 1\ O_2 \\ 1\% &= 10\ 1\ CO_2 \\ Z\ g &= Z\ g\ \text{vízgőz} \end{aligned}$$

A C-tartalmú acélfürdővel az O, a CO_2 és a vízgőz reagál és ezzel megváltozik a térfogatuk. A reakciók:

$$\begin{aligned} O_2 + 2\,C &= 2\,CO \\ CO_2 + C &= 2\,CO \end{aligned}$$

Mindkét reakció egyensúlyi állapota az acélfürdő hőfokán egészen a jobboldalon van (3), egyensúlyban a reakciótermék tehát 100%-ban CO. A reakció lefolyásakor kétszer akkora térfogatú CO keletkezik, mint amennyi az $O_2 + CO_2$ volt; a változatlanul maradó N_2-nel együtt 1 m³ levegő tehát szolgáltat:

$$\begin{aligned} & 780\ 1\ N_2 \\ 2\cdot 210 = & \ 420\ 1\ CO \\ 2\cdot 10 = & \ \ 20\ 1\ CO \\ \text{összesen:} & \ 1220\ 1\ \text{gázt} \end{aligned}$$

A $Z\,g$ vízgőz részben disszociál a

$$2\,H_2O \rightleftarrows 2\,H_2 + O_2$$

egyenlet szerint; az acélgyártás hőfokán a $\left(\frac{p^2_{H_2} \cdot p_{O_2}}{p_{H_2O}}\right)$ disszociációs állandó $10^{-7} - 10^{-8}$ nagyságrendű, az így szabaddá váló H_2 tehát nagyon kevés. Jóval több elemi, tehát oldható H_2-t termel a

$$H_2O + C \rightleftarrows H_2 + CO$$

és a

$$Fe + H_2O \rightleftarrows FeO + H_2$$

reakció. Ezeknek a reakcióknak az acélgyártás hőmérsékletére érvényes egyensúlyi állandója pontosan nem ismeretes. A $H—Fe—O$ és a $H—Fe—C—O$-rendszereknek kb. 1500°-ig ismert állandóiból (3) extrapolálva arra lehet következtetni, hogy 1600° körül a folyékony vassal érintkező gázfázisban a $\left(\frac{p_{H_2}}{p_{H_2O}}\right)$ viszony kb. 1,5, vagyis a befúvott nedvesség H_2 tartalmának 60%-a elemi, oldható alakba jut. Még azt is számításba kell venni, hogy a már szabad H_2 egy részének az acélfürdőben való oldódása után a $\left(\frac{p_{H_2}}{p_{H_2O}}\right)$ nyomásegyensúly

fennmaradása további H-mennyiség szabaddá válását, tehát a reakcióknak a felső nyíl irányában való folytatódását kívánja meg. Ezért mindenképpen helyesnek látszik, ha a befúvott levegő páratartalmában foglalt egész H_2 mennyiséget oldható állapotban levőnek tekintjük. Ily módon az acélfürdőben a legkedvezőtlenebb esetben lehetséges legnagyobb H-tartalmat kapjuk; lehet, hogy a valóságban a számítottnál 20 vagy 30%-kal kevesebb H kerül az acélba, ez kellemes meglepetés lesz.

Viszont biztosan elejét vesszük ezzel a módszerrel annak a kellemetlen meglepetésnek, hogy a befúvással gyártott acél hidrogénesebb, mint amilyennek gondoljuk.

Az 1 m³ levegőnek Z g páratartalma tehát

$$\frac{2 \cdot 22{,}4}{18 \cdot 2} Z = 1{,}245\ Z \text{ liter } H_2\text{-t és}$$

$$\frac{16 \cdot 22{,}4}{18 \cdot 32} Z = 0{,}6225\ Z \text{ liter } O_2\text{-t} = 1{,}245\ Z \text{ liter CO-t}$$

szolgáltat. 1 m³ levegőből a reakciók után $1220 + 2{,}49\ Z$ liter térfogatú gáz adódik, ebből $1{,}245\ Z$ liter a H_2. A hidrogén nyomása tehát

$$p_{H_2} = \frac{1{,}245\,Z}{1220 + 2{,}49\,Z} \tag{5}$$

alakban írható fel. Számszerű értékét, megint 100% relatív nedvességre vonatkoztatva, a hőfok függvényeként a 2. ábra pH_2 görbéje mutatja.

Ismerve ezt a legnagyobb H_2 nyomást a befúvott levegőből keletkező gázkeverékben, az acélfürdő maximális H-tartalma a $Q_{max} = C\sqrt{p_{H_2}}$ összefüggésből már kiszámítható. Ennek a legnagyobb H-tartalomnak értékét —20° és +35° között változó levegőhőmérsékletre és 1550°—1700° fürdőhőmérsékletre a 3. ábra mutatja. Rá kell mutatnom arra, hogy ezt a Q_{max} értéket kétszeres biztonsággal számítottam: egyrészt vízgőzzel telített levegőt vettem alapul, másrészt feltételeztem, hogy a befúvott nedvesség összes H_2-je szabad, tehát oldható állapotba kerül.

A 3. ábrában vastag vízszintes vonallal megjelöltem a normális módszerrel készült SM, illetve ötvözetlen és gyengén ötvözött elektroacél átlagos H-tartalmát — 40 cm³/kg értékkel — a csapolás pillanatában (4). Az 5—6% ötvözőfémtartalmú acél kg-ja átlagban már 47—48 cm³ H-t tartalmaz; nem ritka azonban az ezeknél jóval hidrogénesebb acél sem. Ezek az adatok külföldiek. Mivel a magyar acélművek jóval nedvesebb generátorgázzal fűtenek, mint a külföldiek, valószínű, hogy a magyar Martin-acél 40 cm³/kg-nál is több H-t tartalmaz. De még ha a 40 cm³-es határt fogadjuk is el, megállapíthatjuk a 3. ábrából, hogy csak 20—25°-nál melegebb, párával telített levegővel való fújtatás vezethet ennél erősebb H-szennyeződéshez.

Ezt a Q_{max} H-tartalmat az I. fejezetben mondottak szerint ∞ nagy levegőmennyiség befújtatásával érjük el. Ha a H-tartalom változását a befúvott levegőmennyiségtől függően kiszámítjuk és felrajzoljuk (4. ábra), azt találjuk, hogy a t-ként szokásos 3—5 m³ befúvása már a Q_{max} értéket erősen megközelítő H-tartalmat eredményez. (4 m³/t-n túl a görbék már majdnem vízszintesek). Ezeket a görbéket a 4. sz. egyszerűbb képlettel számítottam, tehát a fürdő kezdeti H-tartalmát 0-nak vettem. A valóságban a fürdő kezdetben mindig tartalmaz H-t, a végső Q_{max} H-tartalmat tehát még korábban, kevesebb levegő befúvása után már elérjük. Lényeges azonban, hogy a végső H-tartalom semmiképpen sem lehet nagyobb, mint amennyit a 3., illetve a 4. ábra görbéiből a befúvott levegő hőmérsékletének megfelelően leolvashatunk, akkor sem, ha ez az érték nagyon kicsiny. Ha ugyanis párában nagyon szegény levegővel fújtatunk (pl. télen), akkor az átbuborékoló gázkeveréknek hidrogéntelenítő hatása van. (A 4., valamint a 6., 7. és 8. ábra abszcisszáján feltüntetett levegőmennyiség a végbemenő reakciók utáni térfogatával értendő; minthogy ez a térfogat $(1220 + 2{,}49\ Z) : 1000$-szer nagyobb a befúvott nyers levegőénél, a kompresszornál, vagy a fúvócsőben mérhető levegőmennyiség ugyanennyiszer kisebb az abszcisszán ábrázolt értéknél. A 4. ábra szerint pl. 5 m³/t 30°-os levegő átfúvása 50 cm³/kg H-tartalmat eredményez; nyers levegőre átszámítva, ha Z kereken 30 g/m³, ez $5000 : (1220 + 2{,}49 \cdot 30) = 3{,}86$ m³/t.).

A 3. és 4. ábra görbéi egyöntetűen azt mutatják, hogy a normálisan gyártott acél átlagos H-tartalmánál több H a levegőbefúvás következtében csak akkor kerülhet az acélba, ha a befúvott levegő 20—25°-nál melegebb és páratelt. A már közölt összefüggések alapján akár ki is számíthatjuk, mennyi lehet a befúvandó levegő páratartalma, ha azt akarjuk, hogy az acél H-tartalma pl. 40 cm³/kg-ot ne haladjon meg. Ha $Q_{max} = 40$ cm³/kg, a H-oldóképesség pedig 1600°-on kereken $C = 300$ cm³/kg, akkor a fürdőben a H-nyomás $\frac{Q_{max}}{C} = \frac{40}{300}$; ennek négyzete egyenlő a gázkeverék H-nyomásával:

$$\left(\frac{40}{300}\right)^2 = \frac{1.245\,Z}{1220 + 2 \cdot 49\,Z}\text{-ből}$$

$$Z \approx 18\ g/m^3$$

A 30°-os páratelt levegő 30,4 g/m³ vízgőzt tartalmaz, 18 g-ot pedig a 30°-os, kereken 60% relatív páratartalmú levegő. Ha tehát 30°-os, legfeljebb 60% relatív nedvességű levegővel fújtatunk is, az acélfürdőben 40 cm³/kg-ot meghaladó H-tartalom nem lehetséges. Az 5. ábrában tüntettem fel a levegőhőfok függvényeként a 18 g/cm³ páratartalomhoz tartozó meteorológiai adatokat. Csak akkor adódhatik az acélban 40 cm³/kg-ot meghaladó H-tartalom, ha a levegőhőfok és relatív nedvesség a sraffozott területbe esik.

A mi éghajlatunk alatt a levegő abszolút páratartalma csak nagyon ritkán ilyen nagy. Nagy relatív páratartalom csak télen szokott adódni, nyáron pedig, mikor a hőfok elég nagy volna, a relatív páratartalom többnyire kicsiny. Diósgyőr környékén pl. július—augusztusban a relatív páratartalom átlagosan 65—68%, az abszolút érték kereken 11,5 g/cm³, tehát jóval kisebb a veszély határát jelentő 18 g/cm³-nél.

Veszélyesnek látszik még télen, ködös időben a lebegő vízcseppekkel terhelt levegőnek a befújtatása. Tegyük fel, hogy 0°-ig vagy —10°-ig lehűlt helyre 20°-os páratelt levegő érkezik (melegebb már nem valószínű). Lehűlésekor páratartalma részben köddé kondenzál, de tegyük fel, hogy lebegve marad. Ha ezt az erősen ködös levegőt fújtatjuk is acélba, nem viszünk be több vizet, mint a 20°-os levegővel. Erről pedig már tudjuk, hogy nem okozhat bajt.

Mindezekből pedig az következik, hogy a befúvandó levegőt nem szükséges rendszeresen szárítanunk, ha a normális módon készült külföldi acélban található átlagos *H*-tartalmat megengedjük. S ha ez a *H*-mennyiség nem használ is az acélnak, semmi értelme sincs a levegő szárításának, amíg a *H*-fertőzés egyéb lehetőségeit el nem tüntettük.

A levegő szárítása szükséges lehet néha-néha nyáron, ha a levegő nagyon párás. Nagyon vitatható azonban, hogy érdemes-e a kompresszort szárítóberendezéssel ellátni, ha annak évenként csak néhány adagnál van gyakorlati haszna.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a levegőbefújtatással elért *H*-tartalom nem lesz azonos az acél végleges *H*-tartalmával. A befúvás után folytatódó fővés, *CO* fejlődés hidrogéntelenít, másrészt meg a nedves füstgázokkal való érintkezés, a nedvességet, *H*-t tartalmazó pótlékoknak, ötvözőanyagoknak az adagolása növeli a fürdő *H*-tartalmát. Mindez a levegőbefúvás hatását annyira elfedi, hogy meggyőződésem szerint a levegőbefúvással és a normális módon készült acél között, *H*-tartalmát illetően, különbség alig mutatható ki. Lényeges gyakorlati következtetésként tehát azt állapíthatjuk meg, hogy a fürdőbe fúvandó levegő szárításától semmi előny nem várható, azt nyugodtan elejthetjük.

A *H*-kérdésnek minden részlete számítással megoldhatónak bizonyult; kísérletezésből a levegőbefúvás szempontjából jelentős további eredményeket nem lehet várni. Esetleg azt volna érdekes tudni, hogy a levegőbefúvás után közvetlenül mennyivel kevesebb a tényleges *H*-tartalom a számítottnál, mert hiszen több irányban is a valóságosnál kedvezőtlenebb adatokkal számoltam.

III. A nitrogén kérdése

Az acélfürdőn átfúvott levegőből a II. részben tárgyalt reakciók útján keletkező gázkeverékben a N_2 nyomása

$$P_{N_2} = \frac{780}{1220 + 2,\ 49\,Z} \qquad (6)$$

értelmében sokkal kevésbbé változik a levegő hőfokával (0,64—0,59 közt), mint a H_2 nyomás. Sőt, ha megint azt az elvet tartjuk szemelőtt, hogy a legkedvezőtlenebb körülményeket vesszük számításba, akkor a levegő nedvességét elhanyagolhatjuk és a N_2 nyomást $\frac{780}{1220} = 0{,}64$ értékkel állandónak tekinthetjük.

A N_2-nek olvadt acélban való oldékonyságát újabban nagyon pontosan megvizsgálták. Színvasban *Th. Kootz* (5) mérései szerint cm³/kg-ban a

$$\log C = -\frac{1103}{T} + 3.155 \qquad (7)$$

képlettel megadott mennyiség oldódik.

Ha a fürdő *C*-t is tartalmaz, az oldódó N_2 mennyisége kisebb; színvas 1600° körül 370, 1% *C*-tartalmú acél csak 300 cm³/kg N_2-t old. Az ötvözőfémek közül a *Cr* erősen, a *Mn* kisebb mértékben növeli, a *Ni* viszont csökkenti az acél *N* oldóképességét (6).

Említésreméltó, hogy a 30% *Cr*-ot tartalmazó tűzálló acél 1600°-on kereken 0,5% = 4000 cm³/kg, a 18% *Cr*-ot és 8% *Ni*-t tartalmazó saválló acél pedig 0,17% = 1360 cm³/kg *N*-t képes oldani, ha a N_2 nyomás 1 at.

Ismerve a *N*-nyomást, valamint az acél *N*-oldóképességét, a levegőbefúvás közben oldható legnagyobb *N*-mennyiség az (1) képlettel már kiszámítható.

Acélfajta	Oldodó N-mennyiség			
	tiszta N_2-ből / $pN_2 = 1$ /		levegőből / $pN_2 = 0.64$ /	
	mc³/kg	%	cm³/kg	%
Színvas	368	0,046	295	0,037
1% C-tart. acél	300	0,039	240	0,030
30% Cr-acél	4000	0,5	3200	0,4
18% Cr, 8% Ni-acél	1360	0,17	1088	0,136

A normális gyártásból kikerülő acélfajták *N*-tartalma a következő határok közt mozog:

S—M acél	0,001—0,008% =	8 — 64 cm³/kg
elektroacél	0,006—0,04% =	48 — 320 «
konverter acél	0,006—0,03% =	48 — 240 «

Számítás szerint tehát a levegőbefúváskor még kevésbbé nitrogéneződő *C*-acél is annyi *N*-t vesz fel, amennyit a *Thomas—Bessemer*-acél tartalmaz. Ez természetes is, hiszen ezek az acélok is levegőbefújtatással készülnek. Felvetődik tehát a kérdés, hogy a levegőbefúvással a Martin- és elektroacéljaink konverteracél minőségűvé válnak-e.

A kérdésre választ adhatunk, — ha nem is végleges kvantitatív választ — ha megvizsgáljuk a nitrogéneződés menetét. Ötvözetlen acélolvadék N-tartalma a 6. ábra szerint nőne, ha a (3) képlet alapján, az ábrában feltüntetett adatokkal számolunk. Eszerint a fürdőben a N nagyon gyorsan szaporodnék; a szokásos 4—5 m³/t levegőmennyiség a fürdőben már a Q_{max} N-tartalmat eredményezné. Eleinte pedig a levegővel befújtatott N_2 majdnem teljes egészében oldódnék (pl. 100 cm³/kg N-tartalom a 6. ábra szerint kb. 150 cm³ levegő, azaz 115 cm³ N_2 átfújtatásának az eredménye). A fürdőből elszálló buborékokban tehát N_2 alig volna, ez bajt jelentene a hidrogéneződés szempontjából is, mert a N_2-nek a buborékokból való eltűnése bennük jelentősen, kb. háromszorosára növelné a H_2 nyomást, a fürdőben oldódó H_2 mennyiséget pedig másfélszeresére.

Kísérleti adatokból azonban arra kell következtetnünk, hogy ez nem lehet így. Ha a (3)—(4) képletet tiszta N_2-nel való fújtatásra próbáljuk alkalmazni, tehát $p = 1$ értéket helyettesítünk belé, akkor $L = Q_v - Q_k$, illetve $L = Q_v$. Ez azt jelenti, hogy a fürdőbe fúvott N_2 teljes egészében oldódik mindaddig, amíg a fürdő telítve nincs vele. Diagrammban ábrázolva, meredek egyenes vonalat kapunk (7. ábra baloldali szaggatott vonal; közvetlenül mellette a levegőbefújtatásra, a (4) képletből számított s a 6. ábrában már bemutatott görbe, teljes vonallal rajzolva).

Th. Kootz (3) kísérletei szerint vasolvadékban a N-tartalom még tiszta N_2-nel fuvatáskor is lényegesen lassabban nő. A 7. ábrának $K = 0{,}22$ és $K = 0{,}02$ jelzésű, laposabb szaggatott görbéi két ilyen kísérleti adatsort szemléltetnek. A meredekebb görbe vékony, a laposabb vastag csövön át való fújtatásra vonatkozik; mindkét kísérlet laboratóriumi berendezésben történt. Ezek a görbék jóval laposabbak a (4) képletből számítottnál, annak ellenére, hogy tiszta N_2-nel való fújtatásra vonatkoznak. Nyilvánvaló, hogy levegő, illetve 0,64% N_2 tartalmú gázkeverék átbuborékolása közben a nitrogéneződés nem lehet gyorsabb, mint tiszta N_2-nel való fújtatáskor. A látszólagos ellentmondásnak csak az lehet a magyarázata, hogy fújtatás közben a végtelen kicsinél jóval nagyobb buborékokból a N_2 nem oldódik elég gyorsan, tehát az egyensúly nem jöhet létre. S ha 1 kg acélon 5 l, 1 t fürdőn tehát ugyanannyi m³ tiszta N_2-t kell vékony csövön át keresztülbuborékoltatni, hogy 250 cm³/kg N-tartalomig jussunk, vastagabb csövön át pedig sokszorosan többet, akkor nyilvánvaló, hogy 1 m³ levegő átfújtatása még nem okozhat telítődést N-el.

Kootz (5) úgy találta, hogy tiszta N_2-nek ($pN_2 = 1$) vasolvadékon való átbuborékoltatása közben a fürdő N-tartalma a

$$Q = C.(1 - e^{-kL}) \tag{8}$$

egyenlettel fejezhető ki (a magam jelöléseit használva). A k egy állandó, értéke a befúvás körülményeitől függ. Ha L-t, az átfúvott gáz mennyiségét l/kg-ban fejezzük ki, k értéke Kootz mérései szerint 0,02 és 0,37 között változik, színvasolvadékra is.

Ha ezt a kísérletileg talált összefüggést a Sieverts-törvénnyel egyesítjük

$$Q = C \cdot \sqrt{p}\,(1 - e^{-kv \cdot \nu}) \qquad (9)$$

képlethez jutunk. Levegőbefúvásra alkalmazva, az acélfürdő nitrogénező-désének menete a 7. ábrán teljes vonallal kihúzott két görbe szerint adódik. Kiszámításukhoz a *Kootz*-féle kísérletekből azt a két *k*-értéket (0,22 és 0,02) vettem alapul, amelyek az üzemi levegőbefújtatásra érvényes, de még egyenlőre ismeretlen *k*-értéket minden valószínűség szerint maguk közé zárják. A *k*-tényező hozza ugyanis az egyenletbe a buborékok nagyságát. Ha a buborékok nagyok, a N_2-jükből csak kevés oldódik ; ilyenkor a *k* kicsiny. Bár Kootz a fúvócsövei méretét nem közölte, valószínűnek látszik, hogy az üzemi levegőbefújtatáskor inkább a 0,02-höz közelálló *k*-tényező lesz érvényes.

Ezek alapján már a nitrogéneződés várható mértéke sem látszik vígasztalannak, legalább is ötvözetlen acélban. 4—5 m³/t levegő átfújtatása a kis *k*-tényezővel 25, a nagy *k*-tényezővel pedig 170 cm³/kg, illetve 0,003—0,02% *N*-tartalomhoz vezet. Hozzá kell még tenni, hogy a kisebb érték a valószínű. Ezzel már olyan *N*-tartalomra kell következtetnünk, amilyen a normálisan készült *SM*- és elektroacélban is lehetséges, sőt szokásos.

A nitrogéneződés menetének pontos számításához ismernünk kell a vonatkozó *k* tényezőt ; meghatározása csak kísérleti úton lehetséges. Mégpedig, minthogy ez a tényező a fújtatás módjával, illetve a buborékképződéssel szorosan összefügg, laboratóriumi kísérletekkel semmire sem mennénk. Célhoz csak az vezet, ha üzemi kemencében, levegőbefúvás közben néhány adag *N*-tartalmának növekedését nyomon követjük és ezekből az adatokból számítjuk ki az üzemi körülményekre érvényes *k*-tényezőt.

Ötvözetlen acélnak a szokásos mennyiségű levegővel való fújtatása ezek szerint előreláthatóan N_2-nel sem szennyezi a fürdőt túlságosan erősen. Arra lehet számítani, hogy a normálisan gyártott acél szokásos *N*-tartalmának felső határa közelébe jutunk. Ez a N_2-tartalom is csökken még a befúvást követő fővés során. Megokolt azonban, mint arra már rámutattam, a levegőbefúvással készült acél N_2-tartalmának és öregedésének alapos vizsgálata.

Egészen más eredményre jutunk a *Cr* tartalmú acélokkal. Ezek nemcsak lényegesen több *N*-t oldanak, mint az ötvözetlenek, hanem sokkal könnyebben is veszik fel a N_2-t a velük érintkező gázból. 18% *Cr* tartalmú acél *k*-tényezőjét *Kootz* kereken 0,5-nek találta. Ezzel számolva, 4 m³/t levegő átfúvása után a fürdő már 950 cm³/kg = 0,12% N_2-t tartalmaz (8. ábra). *Cr*-tartalmú acélt tehát erős *N*-szennyeződés veszélye nélkül levegővel nem lehet fúvatni. A levegő befújtatása tehát jelentős mennyiségű *Cr*-tartalmú hulladékból készülő adagba nem engedhető meg. Hasonlóképpen nem használható az austenites *Cr—Ni*-acélok *C*-tartalmának 0,02—0,03%-on való apasztására sem. Ilyenkor csak oxigénbefúvás jöhet szóba.

Összefoglalás

A gázoldás törvényeinek alkalmazásával a levegőbefúvásnak a fürdőt H_2-nel és N_2-nel szennyező hatása jórészt kiszámítható. A H_2-t illetően a számítás biztos eredményt ad, a nagyobb koncentrációjú N_2 oldásának menete azonban a befúvás módja szerint nagyon különböző és ezért pontosan csak kísérlettel állapítható meg. A számítás főbb eredményei:

1. A *H*-nel való szennyeződés általában kisebb mértékű, mint aminő a normális gyártás során szokott lenni. Ezért a befúvandó levegőt nem kell szárítani; nyáron páratelt levegővel való fújtatás a megszokottnál nagyobb *H*-tartalmat okozhatna ugyan, az adag további folyamán azonban a többlet nyilván kifő.

2. A befúvás folytán az acélfürdő *N*-tartalma eléri azt a felső határt, amely a normális módon készült *SM*-acélban még előadódik. A levegőbefúvással készült acél *N*-tartalmát és öregedését ezért megfelelő vizsgálattal kell majd ellenőrizni. Jelentős mennyiségű *Cr*-ot tartalmazó acélfürdőt azonban levegővel fújtatni nem szabad.

IRODALOM

1. *Verő József:* Fémolvadékok gáztalanításának elmélete. Bányászati és Kohászati Lapok, LXXXII. 1949. 473. l.

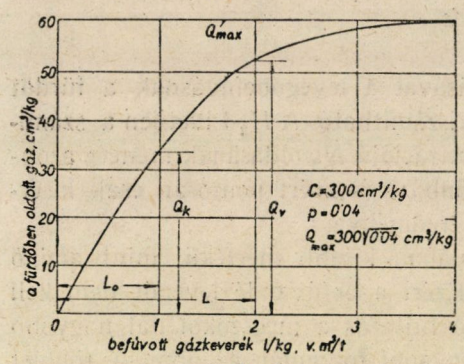
2. *Sieverts: A.* Die Löslichkeit von Wasserstoff in Kupfer, Eisen und Nickel. Z. phys. Ch., 77 (1911), 591. l.

3. *Schenck, R.:* Die physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse, Springer, Berlin, 1932. I. kötet, 139, 167. és 169. l.

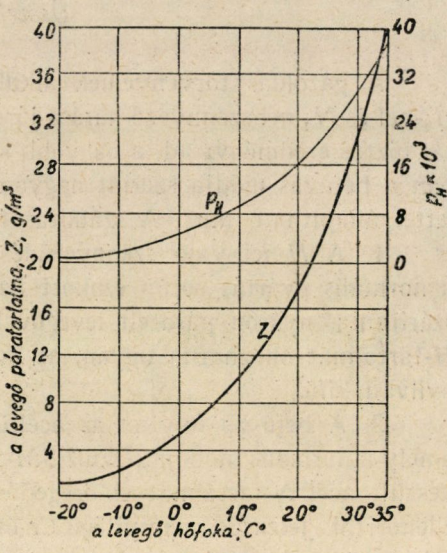
4. *Sykes O., Burton R. H., és Gegg C. G.:* Hydrogen in Steel Manufacture. J. Iron Steel Inst., 156/2, (1947), 155. l.

5. *Kootz Th.:* Beitrag zur Untersuchung der Stickstoffaufnahme von reinem schmelzflüssigem Eisen und der Legierungen Fe—C, Fe—P und Fe—Cr. Arch. Eisenschüttenw. 15 (1941—42), 77. l.

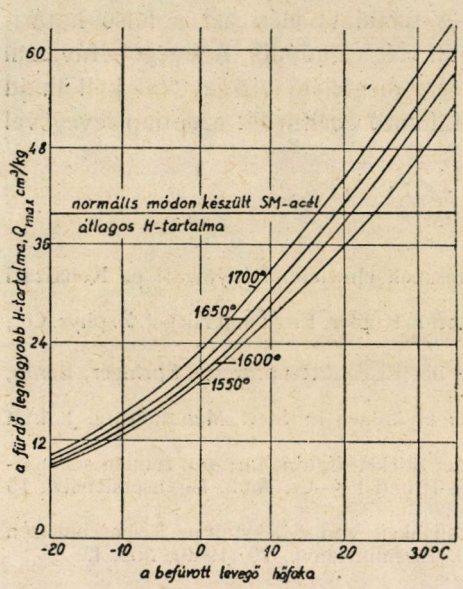
6. *Wentrup H.* és *Reif O.:* Über die Löslichkeit von Stickstoff in Eisenschmelzen mit Chrom-, Mangan- und Nickelzusätzen. Arch. Eisenhüttenw., 20 (1949), 359. l.



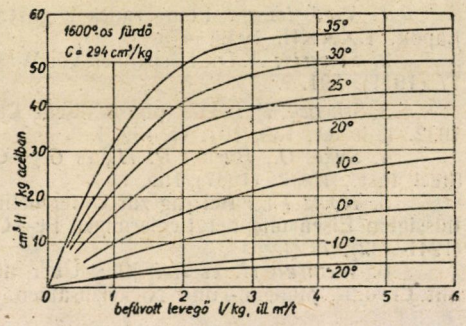
1. ábra.



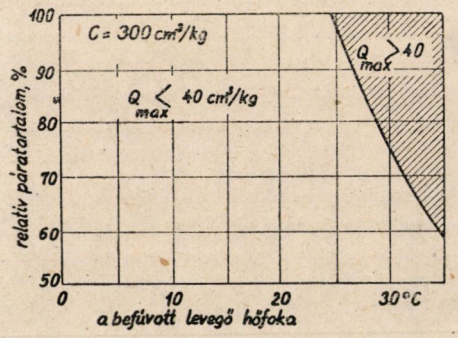
2. ábra.



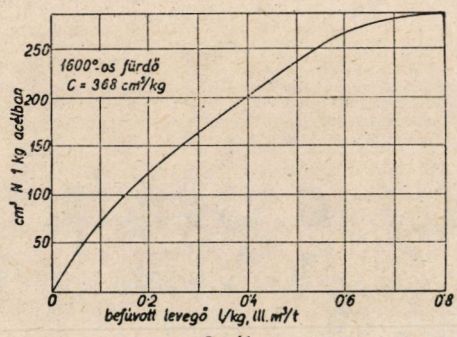
3. ábra.



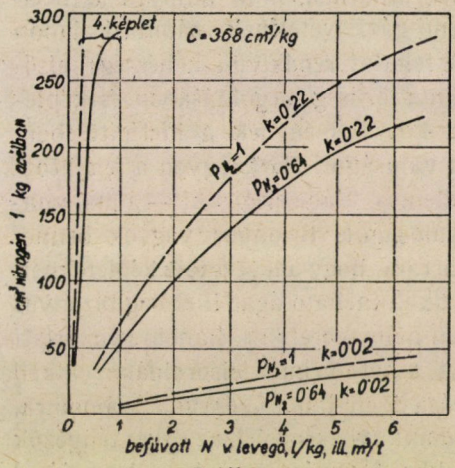
4. ábra.



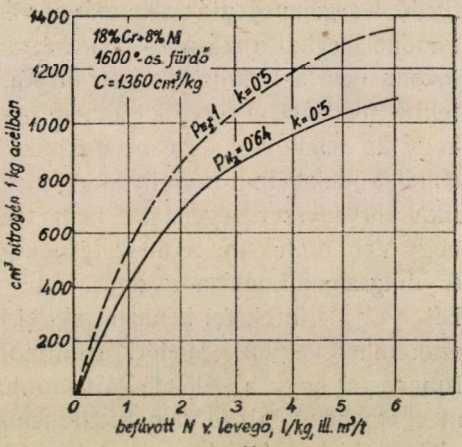
5. ábra.



6. ábra.


4. képlet
C = 368 cm³/kg
P_{N_2}=1 k=0·22
P_{N_2}=0·64 k=0·22
P_{N_2}=1 k=0·02
P_{N_2}=0·64 k=0·02
cm³ nitrogén 1 kg acélban
befúvott N v. levegő, l/kg, ill. m³/t

7. ábra.


18% Cr + 8% Ni
1600°-os fürdő
C = 1360 cm³/kg
P_{N_2}=1 k=0·5
P_{N_2}=0·64 k=0·5
cm³ nitrogén 1 kg acélban
befúvott N v. levegő, l/kg, ill. m³/t

8. ábra.

HOZZÁSZÓLÁSOK VERŐ JÓZSEF ELŐADÁSÁHOZ

WILHELMB TIBOR kohómérnök

Olyan rendkívül bonyolult, számos egymást zavaró és egyenként pontosan meg nem figyelhető tényezőből felépülő folyamatnak, mint amilyen az acélfürdő levegőbefújtatás alkalmával végbemenő gázfelvételének számítási alapon történő meghatározása — nehéz feladat. A feladat rendkívüli nehézsége elsősorban nem a felállított matematikai törvényszerűség megoldásában és képletekbe foglalásában rejlik, hanem annak a követelménynek a kielégítésében, hogy az csakugyan legalább megközelítse a valóságot. Mert legyen a felállított elmélet önmagában bármilyen logikus és szellemes, hiába elégíti ki — a matematika törvényszerűségeit, ha nem fedi a valóságot. Bizonyos vagyok benne, hogy Verő professzor természetesnek fogja tartani, hogy a levezetett képleteknek és diagrammoknak a gyakorlatban való alkalmazhatóságát illetőleg bizonyos kételyek merültek fel bennem, aki elsősorban nem teoretikus, hanem gyakorlati szakember vagyok. Mielőtt azonban ezeket a kételyeimet felsorolnám, el kell ismernem, hogy az előadás áttanulmányozása igen tanulságos volt számomra, mert egy bonyolult folyamat felboncolása tudományos elmével, az egyes tényezők világos kielemzése és matematikai képletekbe foglalása nagyban hozzájárul ahhoz, hogy az ember a folyamat lefolyását világosabban érzékelje. Őszintén mondhatom, hogy az értékes előadást nem azért tanulmányoztam át, hogy bírálni valót találjak benne, hanem azért, hogy tanuljak belőle. Annak ellenére, hogy az előadott levezetésekkel kapcsolatban a gyakorlati életből, a Rákosi Művek Martin-üzemének a levegőfújtatás terén szerzett tapasztalataiból származnak bizonyos aggályaim, külön ki kell emelnem, hogy az előadás távolról sem keltette bennem az íróasztal mellett kigondolt, szobaszagú értekezés benyomását. A hasonló tárgykörű előadások sajnos gyakran ilyenek, azért vajmi kevéssé mozdítják elő az acélgyártás fejlődését.

A Sieverts-törvény gyakorlati alkalmazhatóságának elemzése mind a hidrogén, mind a nitrogén esetében igen helyes szempontokat tartalmaz, egy ponton azonban szerény nézetem szerint, professzor kartársam túl egyszerűnek feltételezi a folyamatot. Ez a kényes pont a nyers levegő átszámítása a fürdőben lévő gázkeverékre. A szerző elgondolása szerint a befújtatott levegő teljes CO_2 és O_2 tartalma egy pillanat alatt CO-vá alakul át. Számításait ezen az alapon végzi. Meggondolását, amelyre a számítás helyességét építi, a következő mondatban írja le, az $O_2 + 2C = 2\,CO$, illetőleg $CO_2 + C = 2\,CO$ reakcióegyenlettel kapcsolatban: »Mindkét reakció egyensúlyi állapota az acélfürdő hőfokán egészen

a jobboldalon van (3) egyensúlyban, a reakciótermék, tehát 100%-ban *CO*.« A mondat első része, amely a reakció egyensúlyára vonatkozik, kétségtelenül igaz. Nem mondható el azonban ugyanez a következtetésről, hogy t. i. »a reakciótermék tehát 100%-ban *CO*.« Ez csak akkor állna, ha a levegőbefúváskor a *C*-on kívül más elem nem oxidálódnék. Márpedig a Martin-acélgyártás igen bonyolult fizikokémiájának elsősorban az az oka, hogy egymás mellett több oxidációs folyamat, a *Fe*, a *Mn*, a *P*, a *C* oxidációja (a *Si* oxidációjától eltekintünk, mivel a fürdő *Si*-ot gyakorlatilag nem tartalmaz) megy végbe, amelyeknek sorrendjét a hőfok, a kémiai affinitás és a molekula-koncentrációk szabják meg. A vas kísérő elemeihez képest rendkívül nagy koncentrációja miatt kis mértékben oxidálódik. A *Mn* és a *P* szintén nem hagyhatók figyelmen kívül oxigénfogyasztás szempontjából.

A kérdés tisztázásához lényegbevágóan fontos annak figyelembevétele, hogy a levegőfújtatást mikor, az adag elkészítésének melyik szakaszában alkalmazzuk. Az általam képviselt Martin-mű a levegőfújtatást elsősorban a beolvadást közvetlenül megelőző periódusban alkalmazta, illetőleg kezdte el, amikor a kemencében már nagykiterjedésű fürdő volt, de még tekintélyes mennyiségű, be nem olvadt ú. n. »dombok« voltak észlelhetők. Ennek oka az volt, hogy a levegőfújtatás adagtartam-rövidítő hatása ilyenkor mutatkozott a legnagyobbnak. Ennek a gyakorlati tapasztalatnak esetleges okaira a későbbiekben még visszatérek. Az említett időszakban a fürdő hőmérséklete nem sokkal haladja meg az olvadáspontot és tudvalévő, hogy ilyen körülmények között a *C*-éval szemben a *Mn* oxidációja lép előtérbe és hogy a *P* is alacsony hőfokon oxidálódik. A gyakorlat valóban azt mutatja, hogy a fentebb leírt időszakban levegővel fujtatott fürdő teljes beolvadáskor 0,05—0,1%-kal kevesebb *Mn*-t tartalmaz, mint a fujtatás nélkül beolvasztott adagok. A *C*-on kívüli oxigénfogyasztók közül tehát a *Mn* és a *P* egyszerűen és gyakorlatilag végérvényesen csökkenti a befújt nyers levegőből származó gázkeverék térfogatát, mivel az oxidációs termék nem gázalakú. A *Fe* oxidációja legalább átmenetileg csökkenti a gázkeverék térfogatát, mert — megbomolván a fürdő *FeO* — *C* egyensúlya — megindul a $FeO + C = Fe + CO$ reakció. Ez a reakció — endotermikus lévén — tudvalevően csak magasabb hőfokon lesz erőteljes, alacsonyabb hőfokon az egyensúlyi *FeO* koncentrációnál lényegesen nagyobb koncentráció esetén is csak lomhán folyik. (Hideg adagba ércelni sem szabad.)

Igen fontosnak tartom, hogy felhívjam itt a figyelmet arra, hogy a levegőfújtatásnak erőteljes melegítő hatása van, hiszen a szabad oxigéntől a *CO*-ig vezető reakció exotermikus, ha részben az *FeO* lépcsőn keresztül folyik is le, egyéb melegedésben megnyilvánuló hatásán kívül, amelyre később térek ki. A hideg fürdőbe való levegőfújtatás esetén azonban — tapasztalati tények alapján merem azt állítani — a fürdő *FeO* tartalma növekszik, habár ez a növekedés magasabb *C* tartalom esetén korántsem mondható veszélyes mértékűnek. A számítás egyedüli gyenge pontja tehát az, hogy figyelmen kívül hagyja a *C*-on

kívül jelenlévő oxigénfogyasztókat. Készségesen elismerem, hogy az említett oxigénfogyasztók exakt, számítás útján való figyelembevétele rendkívüli nehézségekkel járna, de ezeknek a H_2 és N_2 felvételre gyakorolt hatása kétségtelennek látszik. A szerző több helyen kimutatja, hogy a számításába többszörös biztonságot vitt, vagyis az általa számított felvett gáztartalom a H_2 esetében a valóságosnál nagyobbnak igérkezik. Ennek a tényezőnek azonban a gázfelvételre ellenkező, azaz növelő hatást kell gyakorolnia, s így a szerző számításához képest a fürdőben gázkeverékké átalakuló nyerslevegő térfogata a valóságban kisebb lesz. Vagyis a H_2 és N_2 parciális nyomása a számítottnál nagyobb és ezzel a gázfelvétel mértéke is nő. Be kell vallanom, hogy bár az érdekes probléma teljesebb tisztázásához az elmondottakat felhozni szükségesnek tartottam, a szerző levonta végkövetkeztetéseken az említett körülmény nézetem szerint mégsem változtat, legalábbis a H_2 esetében nem. Az említett parciális nyomást növelő tényező hatása ugyanis jóval kisebb lehet, mint a szerzőtől említett és a számításaiban alkalmazott kétszeres biztonság (a H_2 esetében vízgőzzel telített levegő alapul vétele és az összes H_2-nek szabad állapotban való feltételezése).

H_2 esetében már nem ilyen nagy a biztonság és a nagy gázbuborékok H_2 felvételt csökkentő hatásának ellenére — amint a szerző is következteti — feltétlenül kívánatosnak mutatkozik a levegővel fújtatott *SM* acélnak öregedés szempontjából való vizsgálata.

Külön említem itt az alacsony *C* tartalmú acélok levegővel való fújtatását. A mi módszerünk esetén ez az úgynevezett »lágy« beolvadásoknál fordul elő. Ilyen esetben a vas oxigéntfogyasztó hatása az alacsony *C* tartalom és az alacsony hőfok miatt sokkal erőteljesebb és minden szempontból káros az acél minőségére. Ha a levegőfújtatás következtében lágyra olvad a fürdő, a *Mn* tartalom a már előbb említett okok miatt, az egyébként is alacsony lágybeolvadású *C* tartalom mellett jelentkező *Mn* tartalomnál is alacsonyabb lesz, ami önmagában is jelzi, hogy az acélt túloxidáltuk. A *Fe*-nek, mint oxigénfogyasztónak előtérbelépése azonkívül a N_2 parciális nyomását is még jobban növeli, tehát a nagy N_2 tartalom valószínűleg lágyabb beolvadású adagnál jelentkezik.

Szükségesnek tartom, hogy az előadásban megemlített levegőfújtatás utáni fővés gáztalanító hatását hangsúlyozzam. A kísérletek lefolytatásánál feltétlenül figyelembe kell venni a levegőfújtatás utáni fővetés idejét, a salak folyékonyságát, bázicitását, valamint a fürdő C tartalmát és hőfokát. Az előadásban megemlített tényezők teljes egyenletessége mellett ugyanis a felsorolt tényezők nagy mértékben befolyásolhatják a lecsapolt acél gáztartalmát, tehát igen ellentmondó eredményeket és a számított eredményekkel összehasonlítva rendkívül zavaros képet kapnánk, ha ezeket a körülményeket figyelmen kívül hagynánk. Igen valószínűnek látszik továbbá, hogy meghatározott körülmények mellett meghatározott ideig tartó fővés a levegőfújtatás hatását az acél gázfelvételére teljesen eltünteti.

Mint az előzőkben már említettem, megfigyelésünk szerint a levegőfújtatás

termeléstnövelő hatása elsősorban a beolvasztás gyorsításában nyilvánul meg. A levegőfújtatás melegítő hatása elgondolásunk szerint a következőkkel magyarázható:

1. Meggyorsítja a hőátadást a láng és a fürdő között azzal, hogy azt erőteljes mozgásba hozza egy olyan periódusban, amikor — normális adaglefolyást feltételezve — az adag még nyugalomban volna. Ezzel lényegesen meggyorsítja a dombok elolvadását és a fürdő melegedését.

2. Az ú. n. direkt oxidáció következtében az oxidálódó elemek kiégése nagymennyiségű hőt termel. Ez a hő a gyakorlati tapasztalat szerint nagyobb, mint a befúvott nitrogén-ballaszt hűtő hatása. Ennek a második tényezőnek valóságos mértékét kisérleti számításokkal megközelítő pontossággal meg lehet határozni, nem kell hozzá más, csak a fürdő oxidálódó elemeinek meghatározása a fújtatás elején és végén, valamint az átfújtatott levegőmennyiség ismerete.

A levegőfújtatás segítségével üzemi viszonylatunkban megbízható átlagadatok bizonysága szerint 15 perccel rövidíthető az adagtartam. Ez az *RM* Művek Martin-acélművének adagtartamai mellett 6% többtermelést jelent. Jelenleg mégis el kell tekintenünk a levegőfújtatás üzemszerű bevezetésétől az alábbi okok miatt:

A 6 atü nyomással befújtatott préslevegő a salakot magasra, egészen a boltozatig felfröcsköli. Mivel még a bázikus krómmagnezit-téglák sem állnak ellen a folyékony, bázikus Martin-salak roncsoló hatásának, szilikaboltozatokról nem is beszélve, a levegőfújtatás igen erősen csökkenti a boltozat élettartamát. A levegőfújtatást először egy leállófélben lévő kemencénél kezdtük el. Ezt számításunkkal ellentétben kb. egy héttel előbb kellett leállítani a boltozat gyors elhasználódása miatt. A következő kemencében még nagyobbszámú — kb. 50 adag készült levegőfújtatással és ennek főboltozatán minden kétséget kizáróan tapasztalható volt a levegőfújtatás erős, rongáló hatása. A fújtatás ugyanis leggyakrabban a középső ajtón keresztül egy csövön, ritkábban a középső és a tüzelési oldalon lévő szélső ajtókon keresztül ment végbe. A leggyakoribb fújtatási hely fölött, tehát a középső ajtó szakaszába eső boltozatmezőn, a szokottnál lényegesen erősebb helyi elvékonyodást tapasztaltunk. A kemencét az ezen a helyen kialakuló,az egész boltozat beszakadásával fenyegető pont miatt kellett leállítanunk. A kemence élettartama kb. 40 adaggal volt rövidebb kemencéink átlagos élettartamánál, ami 7%-nak felel meg. Minthogy a gyártott adagoknak kevesebb, mint 10%-át készítettük levegőfújtatással, a levegőfújtatás üzemszerű bevezetése nem látszott gazdaságosnak. Szigorúan megtiltottuk a lehúzási oldalon lévő ajtón keresztül való fújtatást, mert az áramló füstgáz a felfröccsenő salakot a tűzfejeket tartó szilika-boltívekre sodorta, úgyhogy ezek ennek következtében megrongálódtak.

Az említett nehézségek csak úgy hidalhatók át, ha a levegőt úgy fújtatjuk be, hogy a salak felfröccsenő hatása elmaradjon, de az élénk fövési hatás ne csökkenjen. Tiszta oxigén befúvása esetén megoldást jelent az oxigénnek hangnál

nagyobb sebességgel, vízhűtéses fúvókán keresztül való befúvása. A levegő fújtatásnál számításba jövő nagyobb mennyiségek ezen a téren nehézséget jelentenek, de mindenesetre tanulságos volna, ha ebben az irányban nálunk is kísérleteket folytatnának. Ezen kísérleteket illetőleg konkrét javaslataim a következők:

1. meg kell vizsgálni a — levegőfújtatással gyártott acélok gáztartalmát, különös tekintettel azok N_2 tartalmára és öregedési tulajdonságaira. Igen fontos, hogy az egyes adagok gyártási körülményei és összetétele — a levegőfújtatás végrehajtási módjától eltekintve — gyakorlatilag azonosak legyenek;

2. meg kell vizsgálni, milyen előnyöket, illetőleg hátrányokat rejt magában a levegőfújtatás a) mint a beolvadást gyorsító módszer, b) mint dekarbonizációs eszköz;

3. meg kell vizsgálni, hogy a levegőfújtatás beoloasztást-gyorsító hatásában mekkora része van a hőtermelő reakciónak és mekkora rész esik az élénk fürdőmozgás beolvasztást gyorsító hatására;

4. meg kell határozni milyen módon kell a levegőt az acélfürdőbe vezetni, hogy az a kemence tüzálló falazatát ne rongálja.

SZŰCS ENDRE kohómérnök

A kutatásnak és a mai ünnepi előadásnak is főcélja, hogy az acéltermelés fokozását előbbre vigyük. A többtermelés elérésére a Martin-acél gyártásában különböző módszereket ismerünk.

Az egyik ilyen módszer a kemencék befogadó képességének növelése, a kemence lényeges szerkezeti részeinek megváltoztatása nélkül. Rendesen a fürdőmélységet növeljük a betét súlyának fokozása érdekében, a kamrákon és a tüzelési feltételeken nem változtatunk.

Ezen a módon rendszerint valóban termelés-fokozás érhető el, de nem mindig a minőség romlása nélkül.

Az a körülmény, hogy az így gyártott acél hengerelhetősége nem romlott, egymagában még nem biztosítja azt, hogy a tényleges minőség sem változott. A jó melegalakíthatóság a kereskedelmi acéloknak is elengedhetetlen tulajdonsága.

A megfelelő tiszta, kiváló szilárdsági tulajdonságú, oxid-szegény acél előállításához elengedhetetlen a jó járatú, magas gyártási hőmérsékletet biztosító kemence. Tűzetesen meg kell vizsgálnunk azt a módszert, amellyel a Szovjetunióban a kemence-betétek növelését szinte általánossá tették.

A Martin-kemence tervezők egy időben túlzottan nagy kamrákat szerkesztettek és így állandóan nagy hőtömeg tárolását tették lehetővé a regenerátorkamrákban, de ennek a hőtömegnek nagy része nem vett részt az előmelegítésben. A szovjet tervezők ezt a lehetőséget használták ki, ezenkívül megjavították a tüzelési feltételeket is. A huzat növelése, a lángsebesség fokozása, nagyobb keresztmetszetű csatornák alkalmazása, valamint a kémények megnövelése, néha magasabb fűtő értékű tüzelőanyag alkalmazásával — lehetővé tette a kemencék hőkapacitásának növelését, úgyhogy a fajlagos hőkapacitás a kemence-betét

fokozása ellenére sem csökkent. A Szovjetunióban általánosságban használt kemence méretezési alapelv is a kemence hőkapacitásán, vagyis a kemence-betét 1 tonnájára óránként beviendő kalória mennyiségen alapul. Ez a szám helyesen : 0,13—0,17 millió kalória/(óra)/to.

Diósgyőrben a kemencének már nem kívánatos és szakszerűtlen túlterhelése folyik, mivel az említett hőkapacitási szám jelenleg 0,11 millió kalória.

A Rákosi Mátyás Művekben nagyon helyesen — tudomásom szerint — 0,25—0,30 millió kalória.

Most folyik Diósgyőrben a kemencék hőkapacitásának felfokozása a túlterheléshez.

Kívánatos volna ebből a szempontból az Ózdon átalakításra kerülő kemencéket is megvizsgálni, mert tudomásom szerint a régi 35 to-s kemencék hőkapacitása a Diósgyőrben jelenleg 70 to-val járó kemencékével azonos.

A termelés fokozásának első lépése már csak a minőség biztosítása érdekében is, a megfelelő tüzelési viszonyok biztosítása. Ezt a körülményt, mint helyes fokozási elvet a rendelkezésre álló ócskavas, nyersvas aránytól függetlenül kell megvizsgálni.

A következő lépés volna az ócskavas-hiány ismeretében a szélfrissítő eljárások bevezetésének lehetőségét megvizsgálni, mert a levegő alkalmazásának az acélgyártás fokozására ez a természetes módja abban az esetben, ha több nyersvas áll rendelkezésre, mint ócskavas. A szélfrissítő eljárás a bessemerezés virágkora óta jelentőségében csökkent, de ki soha sem halt. Az utóbbi időben pedig több jel arra mutat, hogy bizonyos körülmények között újra fejlődik.

Ezzel az eljárással a szovjet irodalomban is egyre gyakrabban találkozunk, a svéd irodalom a Bessemer-eljárás újjászületéséről beszél. Amerikában pedig— ha a szaklapokból vett értesülések megbízhatók — például 1950. folyamán több kemencét, köztük egy 500 to-s Martin-kemencét indítottak meg Thomas-konverterrel együtt duplex eljárás szerint.

A Ruhr-vidéken, ahol a Thomas-eljárás legfejlettebb volt, az üzemben levő acélművek ma is alkalmazzák a duplex-eljárást, illetve a közvetlen Thomas-acél-gyártást, mert természetes, hogy az általános ócskavas hiány ott is megvan. Hogy a Thomas, illetve duplex-eljárásnak milyen nagy a termelékenysége, jellemzésként az egyik Ruhr-vidéki üzem adatait közlöm :

Az üzem, — nagyolvasztó Martin-mű, — Thomas-mű, lemezhengermű és hegesztett csőgyár együtt, kb. fele olyan munkás létszámmal, mint Diósgyőr, 60—65 000 to készárút termel havonta.

A szélfrissítéses eljárás lehetősége nálunk jelenleg korlátozott, mivel a feldolgozásra kerülő nyersvas jórésze szilárd állapotban áll rendelkezésre, a kupolóban való átolvasztás pedig sok hátránnyal jár. Ezt a Hubert & Sigmundnél a háború alatt folytatott gyártás tapasztalataiból ismerjük.

A Martin-acélgyártás termelésfokozása érdekében a levegő felhasználásának kétféle lehetőségét ismerjük :

1. Nagy nyersvas-tartalmú betét fölös *Mn*—, *Si*—, *P*-tartalmának kiégetése illetve kikészítés gyorsítása.

2. A *C*-eltávolítás sebességének fokozása a gyártás utolsó szakaszában.

Az 1. pontban említett felhasználásnak alig van irodalma, valószínűleg azért, mert ahol túl nagy a rendelkezésre álló nyersvas-arány, ott — a frissítésre levegőt használva — a műveletet konverterben végzik el.

A 2. esetben kiterjedt irodalommal találkoztunk.

A termelésfokozás égető problémájának megoldása érdekében mind a két esetre több kísérletet végeztünk. A kísérleti célra legalkalmasabb az elektroacélműben lévő, ú. n. buktatható kombinált kemence. Elméleti számítás szerint 10 to nyersvas gyors (2 órán belüli) frissítéséhez kb. 10—16 m^3/perc levegőre van szükség. Ennek a mennyiségnek az elektroacél-műben folytatott kísérleteknél kb. 1/4 részét sikerült a fürdőbe juttatni hosszabb-rövidebb időn keresztül (2—4 óra). A kísérleteket két irányban folytattuk.

Egyiknél a beöntött tiszta acél-nyersvas fürdőt először elektromos fűtéssel felmelegítettük és egyidejüleg a levegőt is fúvattunk bele. A fürdő hőmérséklete a kétszeres tüzelés hatására rohamosan emelkedett. A *Mn* kb. egyenletes sebességgel lassan esett ; és 2,5% *Mn* eltávolításához 7 órára volt szükség. Ez idő alatt a *C*-tartalom mindössze 0,44%-kal csökkent. Közben a fürdőt a megfelelő felmelegedés után két órán keresztül tisztán a levegőbefúvásból eredő hővel tartottuk folyékony állapotban (semmiféle egyéb tüzelést nem alkalmaztunk) és eközben a fürdő hőmérséklete még feljebb emelkedett.

Az eljáráshoz ércet nem adagoltunk. A kísérlet tanulságos volt, de a frissítés olyan lassan folyt le, hogy így a gyakorlatban természetesen nem alkalmazható.

A következő kísérletet azon az elven terveztük, hogy a beolvadás után a fürdőt egészen alacsony hőmérsékleten tartjuk és ezáltal a *Mn* oxidálására kedvezőbb körülményeket biztosítunk. Ezt úgy értük el, hogy a tiszta nyersvas-betét 10%-át kitevő mennyiségű ócskavasat és ugyanilyen mennyiségű ércet adagoltunk a beolvadás után azonnal, mindig a hőmérsékletnek megfelelő sebességgel, közben pedig kb. az előző kísérlettel azonos mennyiségű levegőt fúvattunk be.

1,7% beolvadó *Mn* oxidálásához mindössze 1 1/2 órára volt szükség, közben a *C* egészen keveset esett, majd a *Mn* eltávolítása után (a nagy *Mn*-tartalmú salakot állandóan folyni hagytuk a kemencét buktatva), 1 óra alatt 2% *C*-t sikerült eltávolítani. Ennél a műveletnél a levegő befúvásának komoly hatása volt, mert a *C* szemmel láthatóan égett. A befúvás akkor mutatkozott hatásosnak, amikor a csöveket kb. 100 m/m-el a fürdő szintje alá merítettük.

A kísérlet alatt a kemencét elektromos áram és gáztüzelés nélkül tisztán a kemencébe fúvatott levegő hatásával tartottuk folyékonyan. A kísérletnél a levegő hatása a *C* eltávolításánál kétségtelen szerepet játszott. A kemencefeneken, vagy a boltozaton az erélyes fővés ellenére sem látszott elhasználódás. Egy kísérlet alatt a kemenceajtó azonban majdnem teljesen leolvadt a rácsapódó,

salaktól. A levegőmennyiség nagyobb részét az első falba épített szélszekrényen illetve 2 db. kb. 25 mm-es ∅-ű nyíláson keresztül juttattuk be úgy, hogy a kemencét az oldalfúvásos konverter analógiájára, a fúvónyílásra rábuktattuk.

A levegő kisebb részét 1/2"-os samott csőtéglával védett befúvócsövön keresztül vittük be.

A levegő ilyen alkalmazása az acél minőségére is kedvező, mivel az oxidálás részben az acél-minőség legnagyobb ellenségének a *FeO*-nak, kikapcsolásával történik. Az eredményeket igyekeztünk átvinni a Martin-acélműre és 70 to-s kemencében folytattuk kisérleteinket. Ezek általában nagyon csekély eredménynyel jártak és amennyiben termelésnövekedés következett be — amit nem lehet minden kétséget kizáróan megállapítani — ez csak az aránylag csekély befúvatott levegő keverő-hatásának lehet a következménye.

A kombinált kemencében eredményes kedvező körülmények biztosítása végett a 70 to-s kemence esetében kb. 100 db. 1/2"-os csövön keresztül kellene levegőt fújtatni. Ez az eddigi adottságok mellett lehetetlen. Általában 5—10 csövön keresztül fújtattunk levegőt. A hatás a kombinált-kemencében lefolytatott első kísérlethez hasonlóan nagyon csekély volt, mert a hőmérséklet emelkedése következtében a salakból egyre több *Mn* redukálódott vissza, amit még a fürdő mozgatása, keverése is elősegített.

Álló kemencéből a salakot nem lehetett időben eltávolítani, mivel a nagy *Mn*-tartalmú fürdő fölött hasonlóan nagy *Mn*-tartalmú salak, még a gáz teljes kizárása esetében sem habzik fel.

Bizonyos körülmények között, éppen a Kerpely Kálmán említette *Mn*-visszaredukálás elősegítése miatt az álló Martin-kemence első periódusában a levegőbefújtatás termelés-csökkenést okozhat.

Mivel a levegő felhasználás éppen azért, mert túlnyomórészben nagykemencék állnak rendelkezésre, itt bírna jelentőséggel, még számos jól megtervezett és előkészített kísérletet kell lefolytatni annak eldöntésére, hogy valóban várható-e termelés-növekedés az eljárás alkalmazásával.

Hasonlóképpen végleg el kell dönteni, hogy a salak felfreccsenéséből adódik-e olyan mértékű kemence-elhasználódás, ami az eljárás alkalmazását lehetetlenné teszi (ezt Wilhelmb Tibor a csepeli kísérletek ismertetésénél említette). Ezek előre bocsátása után kívánatos a kísérleteknek még kiterjedtebb folytatása, de a jövő évi termelés tervezésénél a várható többlet-termelést még túl korai volna figyelembe venni.

A HENGERLÉS ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI PROBLÉMÁINAK MENNYISÉGTANI MEGOLDÁSA

Irta : Geleji Sándor levelező tag.

A világ évente kb. 150 millió tonna acélt termel. Ebből mintegy 120—130 millió tonnát hengerelt félgyártmánnyá dolgoznak fel. A hengerelt félgyártmányok — a lemezek, tartók, sínek, különböző profilvasak — a hengerművekben a hengersorokon készülnek. Így tehát a nehézipar legfontosabb gépi berendezése a hengersor. A modern értelemben vett hengerműépítés kb. 160—170 éves múltra tekint vissza. A hengermű-tervezés és építés teljesen gyakorlati, empirikus alapokon fejlődött ki. Mint a technikai tudományokban olyan gyakran történt, a gyakorlat itt is messze megelőzte az elméletet. Két és fél évtizedes gyakorlati működésem folyamán számos hazai és külföldi nagy tervezőirodával kerültem kapcsolatba, és mindig meg kellett győződnöm arról, hogy a hengerművek szerkesztése és számítása ma is tisztán tapasztalati úton történik. Pedig a hengermű-építéssel kapcsolatban igen korán merült fel több olyan probléma, amely mennyiségtani megoldás után kiáltott. Különösen két kérdés izgatta már nagyon korán a tervezők fantáziáját. Az egyik, hogy milyen erős legyen a hengersort meghajtó gép, a másik, hogy mekkora erők terhelik a hengereket és a hengerállványokat a szúrás folyamán. A hengerlés erőszükségletének és a hengerekre ható nyomásnak a problémája még ma sincs lezárva. Ezekhez kapcsolódik a hengerlésre vonatkozó kisérleti és elméleti kutatások túlnyomó része. Több elméleti szempontból helyesen felépített hengerlési elmélet ismeretes,[1] ezeknek az elméleteknek azonban az az általános hibája, hogy gyakorlati alkalmazhatóságuk különböző nehézségekbe ütközik. Az elméleti eredmények legnagyobb részével a szerkesztési irodákban nem tudnak mit kezdeni. A hengerész mérnöknek és a hengermű-tervező mérnöknek olyan számítási eljárásra van szüksége, amelyet könnyen áttekinthet, amellyel a gyakorlati hibahatárokon belül, pontosan és gyorsan tud számolni. Ne felejtsük el, hogy a számítás a tervező munkának jelentős költségét teszi, és a tervezőnek, azonos gyakorlati pontosság mellett, a leggazdaságosabb, vagyis a leggyorsabb és legolcsóbb számítási mód felé kell fordulnia.

A következőkben végig fogok szaladni a fontosabb hengerlési elméleteken, és végül ismertetni fogom saját hengerlési elméletemet, amely elsősorban a szerkesztő-mérnök igényeit van hivatva kielégíteni.

Az első, aki a hengerlő munka előzetes meghatározására elméleti megfon-

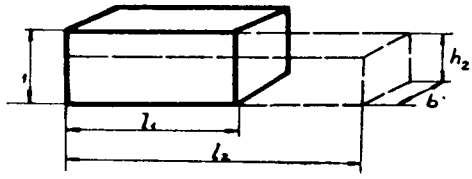
tolásokon alapuló számítást alkalmazott Karl Fink volt. Képlete 1874-ben látott napvilágot.[2] A képlet a következő:

$$A_{mkg} = V \cdot k_f \cdot ln \frac{h_1}{h_2} = V \cdot k_f \cdot ln \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot \qquad (1)$$

ahol A = a rúd hengerlésére fordított munka mkg-ban,

V = a rúd köbtartalma cm³-ben,
k_f = a hengerelt anyag alakítási szilárdsága kg/mm²-ben,
h_2 = a b szélességű rúd magassága az áteresztés előtt,
h_2 = a b szélességű rúd magassága áteresztés után.

Fink képlete tulajdonképpen azt az alakítási munkát fejezi ki, melyet $P = k_f f = k_f h \cdot b$ húzóerő végez azalatt, míg a b szélességű rúd l_1 hosszúságát l_2-re változtatja (1. ábra). A 1. képlet tehát a tiszta alakítási munkát



1. ábra.

fejezi ki, amely lényegesen kisebb a hengerlési munkánál. Hengerlés közben a hengerek felülete mentén jelentős súrlódási munka lép fel, amely nagy mértékben emeli az alakításhoz szükséges munkát. Ezt a körülményt felismerve, Siebel és Pomp[3] bevezette az *alakítás hatásfokának* fogalmát. Ha a súrlódásmentes alakváltozáshoz szükséges munka A_o, a tényleges munkaszükséglet pedig A, akkor az alakítás hatásfoka:

$$\eta = \frac{A_0}{A} \qquad (2$$

Az alakítási hatásfok fogalmának bevezetése óta a Fink-féle képletet

$$A = \frac{1}{\eta} \cdot k_f \cdot V \cdot ln \frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{\eta} \cdot k_f \cdot V \cdot ln \frac{l_2}{l_1} \qquad (3)$$

alakban még ma is használják a hengerlő munka kiszámítására. Az értéke a legkülönbözőbb hengerlési esetekre vonatkozólag a műszaki tudományos irodalomban megtalálható.

Minthogy a *Fink*-féle képlet, illetve levezetés a hengerlés lényegébe nem hatolt bele, a kutatók nem eléégedhettek meg a hengerlési munkának a 3. képletben megadott kifejezésével. Igyekeztek a hengerlés problémájába mind elméleti, mind

kísérleti úton behatolni. Korszakalkotó fordulatot jelentett a hengerlési munkaszükséglet kiszámítása terén J. Puppe 1909-ben és 1913-ban végrehajtott kísérletsorozata[4]. Az első, aki Puppe adatai alapján használható képletet szerkesztett Hermann Miksa volt 1911-ben[5]. Az ő alapvetését fejlesztette tovább Láng Károly[6] 1917-ben. Mindkettő a selmecbányai bánya- és erdőmérnöki főiskola tanára volt.

Elméleti szempontból a következő legfontosabb lépést a hengerlés problémájának felderítésére Kármán Tódor tette meg 1925-ben. Igen jelentősek a kérdés megoldása szempontjából E. Siebel 1923. és 1931. között megjelent vizsgálatai[8]. Ujabb kutatók, mint Trinks[9], Celikov[10], Nádai[11], Orowan[12] és mások munkái többé-kevésbbé Kármán alapvezetéséhez kapcsolódnak.

Mindezeknek a kutatóknak a hengerrésben való feszültség eloszlására vonatkozó vizsgálatai azonban olyan előfeltételek mellett érvényesek, amelyek a valóságos viszonyoknak csak nagyon korlátozva felelnek meg. Ezek az előfeltételek a következők:

1. A hengerelt darab keresztmetszete egyszerű derékszögű négyszög, a hengerek alkotója ennek két párhuzamos oldalával összeesik, a darabot oldalról semmiféle borda nem érinti, anyaga teljesen homogén, a hengerek között egyenletes sebességgel halad keresztül, továbbá szélesedés nem lép fel.

2. A hengerelt darab tengelyével egyirányú feszültségek a darab keresztmetszete mentén egyenletesen oszlanak el. Ezeket a tengelyirányú feszültségeket a harmadik főfeszültségnek gyanánt kell felfogni (σ_3).

3. A darabra merőlegesen ható hengerlési nyomás (p) az első főfeszültség (σ_1).

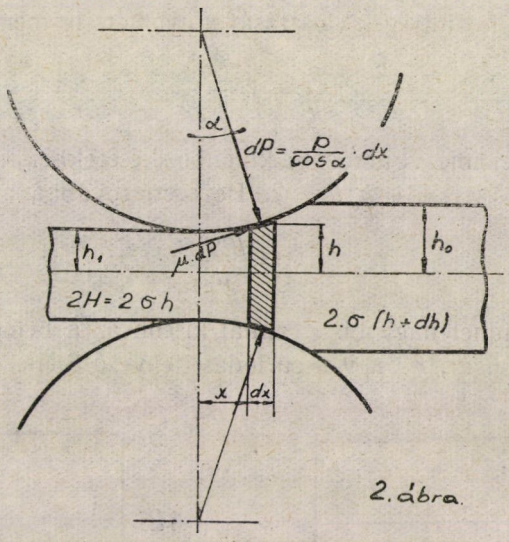
4. A súrlódási erő arányos a hengerlési nyomással; μ a súrlódási tényező.

O. Mohr feltevése szerint az alakváltozás megindulásának feltétele az, hogy a legnagyobb (σ_1) és a legkisebb (σ_3) főfeszültség különbsége egyenlő legyen a legnagyobb csusztatófeszültség kétszeresével, illetve a folyási határral. Vagyis

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2 \cdot \tau_{max} = k_f \tag{4}$$

Ezt a feltevést mind Kármán, mind Siebel és követőik elfogadják vizsgálataik alapfeltételéül.

A hengerek között futó darab valamely $2h \cdot dx \cdot 1$ (egységnyi szélességű) térfogatelemére Kármán az egyensúly feltételét a következő egyenlettel adja meg (2. ábra):



2. ábra.

$$2p \cdot dx \cdot tg\,\alpha \pm 2 \cdot \mu \cdot p \cdot dx + d(2\sigma h) = 0 \tag{5}$$

Kis α szögek mellett, ahol

$$\alpha \simeq \sin\alpha \simeq tg\alpha \simeq \frac{x}{r} \tag{6}$$

és

$$h \simeq h_1 + \frac{x^2}{2r} \tag{7}$$

a folyás feltételi egyenletének (4. egyenlet) felhasználása mellett a hengerlés differenciálegyenlete Kármán szerint a következő lesz:

$$\frac{d\sigma}{dx} \pm \frac{\mu \cdot \sigma}{h_1 + \frac{x^2}{2 \cdot r}} = -\frac{k}{h_1 + \frac{x^2}{2 \cdot r}} \cdot \left(\frac{x}{r} \mp \mu\right) \tag{9}$$

Ennek az egyenletnek megoldása Huber[13] szerint

$$\sigma = e^{\pm \int \frac{\mu}{h_1 + x^2/2r} dx} \left[\frac{k}{h_1 + \frac{x^2}{2r}} \cdot \left(\frac{x}{r} \mp \mu\right) \cdot e^{\pm \int \frac{\mu}{h_1 + x^2/2r} \cdot dx}\, dx + C \right] \tag{9}$$

Kármán eljárásánál egyszerűbb közelítő eljárást javasol Siebel.[14] Ő is a hengerek közé befogott darabból kivágott elemi hasáb egyensúlyi egyenletéből indul ki, és bár a súrlódás befolyását a hengerelt darab tengelye irányában igazán helyesen először ő értelmezte, vizsgálatainak eredménye gyakorlati szempontból mégis szintén csak qualitatív értékű. Ezért itt bővebben nem is foglalkozunk vele.

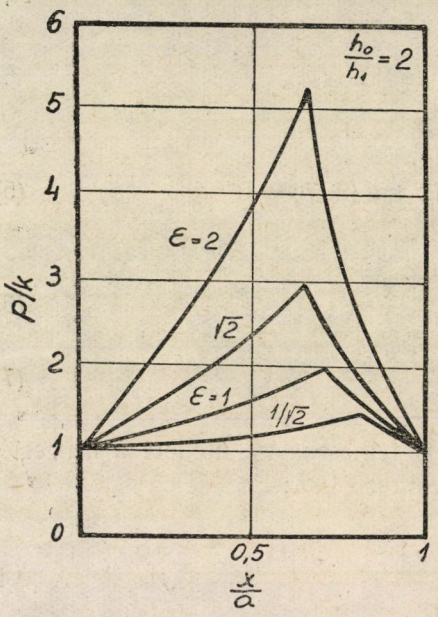
Kármán [15] a feszültségek elosztását a nyomott ív mentén a

$$\frac{p}{k} = 1 - \frac{\sigma}{k} \tag{10}$$

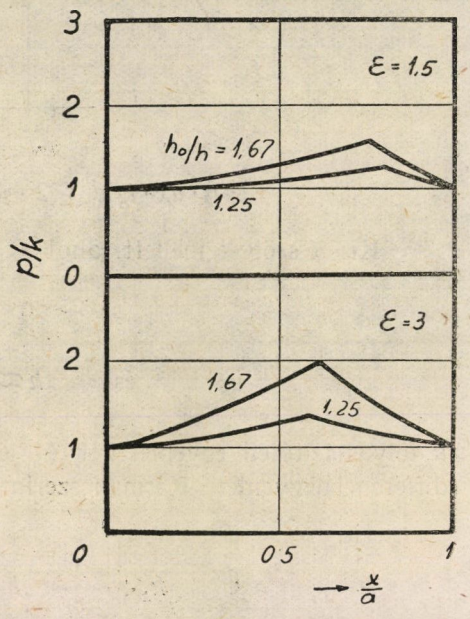
viszonyszámmal jellemezve ábrázolja különböző esetekben, ahogy az a 3. ábrán látható, amikor is szerinte $h_0/h = 2$. Bevezeti továbbá az

$$\varepsilon = \frac{\mu \cdot r}{a} \tag{11}$$

hányadost. Tehát minél nagyobb ε. annál kisebb az **a** befogási ív, vagy annál nagyobb a hengersugár, r vagy a súrlódási tényező. Siebel és Pomp [16] a p/k



3. ábra



4. ábra

viszonyt ugyancsak hasonló módon ábrázolta (4. ábra) a nyomott ív mentén.

A 3. és 4. ábra meggyőzően ábrázolja a feszültség eloszlását a nyomott ív mentén. A hengerlési nyomás a be- és kilépési keresztmetszetekben azonos az anyag alakítási szilárdságával (folyási határával), míg a közbeeső helyeken a hengerlési nyomás ennél lényegesen nagyobb. A hengerlési nyomás (alakítási ellenállás) egy bizonyos helyen, ott ahol relatív csúszás a hengerfelület és a darab között nincs, elér egy maximális értéket.

Mint fentebb már mondottam, a többi kutatók, amikor a hengerrésben fellépő feszültség problémáját kutatta (Celikov, Nádai stb.), Kármán és Siebel, nyomdokain haladt. Eredményeik legtöbbször tudományos (qualitatív) értékűek,

gyakorlati számítások végrehajtására azonban vagy nem alkalmasak, vagy amennyiben mégis alkalmasak, olyan hosszadalmas munkát igényelnek, hogy a szerkesztő mérnök inkább lemond alkalmazásukról.

Az igazat megvallva, a tervező mérnököt a hengerrésben fellépő feszültségek eloszlásának problémája alig érdekli. Az ő számára az egyik legfontosabb kérdés a hengerre ható nyomás (P), illetve a közepes alakítási ellenállás

$$k = \frac{P}{b \cdot l_d} \tag{12}$$

kérdése. Ebben a képletben $b \cdot l_d$ a hengerek által nyomott felület, ha b a hengerelt darab szélessége és l_d a nyomott ív.

Az első, aki a hengerlési nyomás kiszámítására gyakorlatilag is használható képletet állított fel, Láng Károly volt,[17] Szerinte a hengerlési nyomás

$$P = b \cdot h \cdot \frac{1 + \frac{1 - \cos\alpha}{2}}{\sin\alpha} \cdot k \tag{13}$$

ahol

$$k = 180\left[\frac{144 - (t/_{100} - 2)^2}{200}\right] \cdot \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \cdot \sqrt[3]{2 \cdot r} \cdot \left[7 - \frac{16{,}6}{(v + 0{,}4)^2 + 2{,}61}\right] \tag{14}$$

és α a befogás szöge, t a hengerelt darab hőmérséklete, v a hengerek kerületi sebessége $\measuredangle h = h_1 - h_2$ a magasságcsökkentés, r a hengerek sugara. Ez a képlet azonban csak szűk keretek közt alkalmazható, mert a Vereinigte Kugellagerfabriken üzemi kísérletei azt mutatják, hogy a hengerre ható valóságos nyomás a legtöbb esetben sokkal nagyobb a 13. és 14. képlettel számított hengerre ható nyomásnál.[18]

Egy másik, hasonlóan empirikus alapokra felépített képletet ad meg Ekelund[19] a hengerlési nyomás kiszámítására:

$$P = b \cdot \sqrt{r \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \left[1 + \frac{1{,}6 \cdot \mu \cdot \sqrt{r \cdot (h_1 - h_2)} - 1{,}2\,(h_1 - h_2)}{h_1 + h_2}\right] \cdot$$

$$\cdot \left(k_f + \frac{2 \cdot \eta \cdot v \cdot \sqrt{(h_1 - h_2)/r}}{h_1 + h_2}\right) \tag{15}$$

Itt k_f az anyag nyomószilárdsága vagy folyási határa (kg/mm²), amelyet C% szén, Mn% mangán- és Cr% krómtartalmú acéloknál t° C hőmérséklet mellett

$$k_f = (14 - 0{,}01 \cdot t) \cdot (1{,}4 + C + Mn + 0{,}3 \cdot Cr) \tag{16}$$

képlettel lehet kiszámítani.

A μ súrlódási tényezőt

$$\mu = 1{\cdot}05 - 0{\cdot}0005 \cdot t \tag{17}$$

képlet, az η szívóssági számot pedig az

$$\eta = 0{,}01 \cdot (14 - 0{,}01 \cdot t) \tag{18}$$

képlet adja meg.

Különböző üzemi kísérletek azt mutatják, hogy a 15. képlet 800 °C felett használható közelítést ad. Magasabb hengerlési sebesség mellett azonban az így számított eredmények a valóságostól erősen eltérnek.

Mindezek a képletek (13, 14, 15) természetesen csak négyzetes keresztmetszetű darabok hengerlésére vonatkoznak.

A hengerlés erőszükségletének kiszámítása, illetve a hengersort vagy sorozatot hajtó motor nagyságának számítással való meghatározása, a hengerlés nagy irodalma ellenére, még gyengébb alapokon áll. Különösen a többállványos sorozatok erősszükségletének meghatározása, ahol az izzó hengerelt darab lehülése is komplikálja a viszonyokat, ma még tisztán empirikus alapokon, empirikus táblázatok, görbék segítségével történik.

Már fentebb említettem, hogy a hengerlés munkaszükségletét a Fink-féle képlet segítségével az alakítás hatásfokának alkalmazása mellett ki lehet számítani. Az alakítás hatásfokának értékeit különböző üregekre vonatkozólag empirikus táblázatokból lehet megkapni. Természetesen egy ilyen táblázatban összefoglalt hatásfokértékek csak egy adott hőmérsékletre vonatkoznak. A hőmérsékletbeli eltolódás erős eredménybeli eltolódáshoz vezethet.

Újabb keletű és igen áttekinthető az az empirikus alapokon felépült grafikus számítási mód, melyet a legkülönbözőbb üregekre a Puppe-féle kísérletek alapján Cotel Ernő és Pattantyus Á. Imre dolgozott ki 1929-ben [20] Az ő számítási eljárásuk alapja az

$$N = C \cdot F \cdot k_f \cdot v = C' \cdot F \cdot v\,(1400 - t°) \tag{19}$$

képlet. Ebben a képletben

N a tiszta hengerlési munka (tiszta alakítási munka + pótsúrlódási munka, lóerőben)

$$F = \frac{N}{100} \cdot F_f \text{ a keresztmetszet-csökkenés cm}^2\text{-ben}$$

k_f a t° C hőmérsékletű hengerelt darab összenyomó szilárdsága kg/mm²-ben

v a hengerek kerületi sebessége m/sec-ban,

C és $C' = 0{,}015\ C$ az üreg munkafogyasztási állandója.

Ehhez a képlethez egy táblázat csatlakozik, amely magában foglalja C értékeit különböző üregfajoknál. A C tényező birtokában a rendelkezésünkre

álló N lóerőszám és v m/sec hengerlési sebesség mellett az alkalmazható fogyás is kiszámítható.

$$F_{cm^2} = \frac{N}{C \cdot k_f \cdot v} = \frac{N}{C' (1400 - t^\circ) \cdot v} \tag{20}$$

Ennek ismerete a hengerész számára rendkívül becses, különösen amikor egy új profil fogyási tervét készíti el. Hogy a táblázatban összefoglalt értékekkel gyorsan és áttekinthetően lehessen számolni, a szerzők egy grafikont is összeállítottak, melyből a 100 lóerő tiszta hengerlési teljesítményével elérhető fogyásokat közvetlenül le lehet olvasni.

Különböző üregek erőszükségletének kiszámítására magam is állítottam fel egy empirikus képletet.[21]

$$N_{LE} = \frac{O,O\,2 \cdot k_f}{\sqrt{T}} (1477 - t) \cdot F_{cm^2} \cdot v_{m/sec} \tag{21}$$

Ebben a képletben
K az üreg dolgozó kerülete (cm),
T az üregből kifutó szelvény területe (cm²),
t a hengerelt darab hőmérséklete,
F a keresztmetszet-csökkenés az üregben (cm²),
v a hengerlési sebesség (m/sec).

Ez a képlet is a tiszta hengerlési munka és a pótsúrlódási munka erőszükségletét adja meg. Csak csúszó csapágyas hengersorokra érvényes. A képlet hengersorok erőszükségletének megállapításánál és egyéb szerkesztő munkáknál jó szolgálatokat tesz.

Meg kell még említenem M. Steffers [22], továbbá Underwood [23] empirikus számítási eljárását. Mindketten empirikus görbéket használnak a hengerlés erőszükségletének meghatározására.

Mindezen számítási eljárásokkal csak adott hőmérséklet mellett kapjuk meg valamely üreg erőszükségletét. Ahhoz, hogy egy sorozat erőszükségletét ki lehessen számítani, ismernünk kell a hengerelt darab hőmérsékletének változását a kihengerlés folyamán. Erre vonatkozólag az irodalomban két számítási eljárás ismeretes. Az egyik Trinks[24], W -től, a másik tőlem [25] származik.

Hengerlésnél a darab hőmérsékletét három tényező befolyásolja. Az első, hogy az izzó ddarab felületén sugárzás útján meleg távozik el, a második, hogy a hengerekkel érintkező darabból a hengerek meleget vonnak el, és végül a harmadik, hogy a hengerlési munka meleggé alakul át, amely emeli a darab hőmérsékletét.

A kihengerlés alatt álló darab hőmérsékletének változását szerintem a következő meggondolások alapján számíthatjuk ki:

Ha egy F felületű, t hőmérsékletű, G súlyú darabnak c a fajmelege, γ

a fajsúlya, $\varkappa$ a felületi melegátadási tényezője, akkor ezen test melegmennyiségének változása *di* idő alatt:

$$dQ = F \cdot t \cdot \varkappa \cdot di = G \cdot c \cdot dt \tag{22}$$

Ebből az egyenletből kiindulva, levezethető a darab hőmérséklete bármely időpontban. Ha u. i. t_k a hengerelt darab kezdeti hőmérséklete, F_1 (m^2) a felülete kihengerlés előtt és F_2 (m^2) a felülete kihengerlés után, továbbá i_δ a darab kihengerlésének teljes ideje (az első szúrás kezdő pillanatától az utolsó szúrás befejezéséig eltelt idő), akkor hengerlés közben, bármely i-ik másodpercben a darab hőmérséklete (ha csak sugárzás révén veszít meleget):

$$t_s = t_k \cdot e^{-\frac{H}{G \cdot c} \cdot \left[F_1 \cdot i + 0{,}5\,(F_2 - F_1)\, i^2/i_\delta\right]} \tag{23}$$

A $\varkappa$ melegátadási tényező értékei a következő egyenlettel számíthatók ki:

$$\varkappa = 0{,}036 \left(\frac{t - 800}{500}\right) + 0{,}02 \tag{24}$$

A lehűlési görbe egyes pontjai úgy határozhatók meg, hogy a $\varkappa$-t minden 30 másodperces szakasz folyamán állandónak vesszük, és minden 30 másodpercig tartó szakasz kezdő hőmérséklete egyenlő az előző szakasz végső hőmérsékletével. Az első kezdő hőmérséklet t_k az a hőmérséklet, amellyel a darabot a kemencéből kihúzzák. Ha így a lehűlési folyamatot, 30 másodperces szakaszokra osztjuk, akkor a 25. egyenlet kitevőjében szereplő

$$R = \frac{1}{G \cdot C}\left[F_1 \cdot i + 0{,}5\left(F_2 - F_1\right) i^2/i_\delta\right] \tag{25}$$

tagot az egész számítás folyamán csak egyszer kell kiszámítani (i = 30 sec).

A hengerek által elvont melegmennyiséget, illetve ezt a befolyást a darab hőmérsékletére a következő meggondolás alapján állapíthatjuk meg.

Legyen a hengerelt darab hőmérséklete t_d, a hengerek hőmérséklete t_h, a hengerelt darab súlya G, fajmelege c. A darab a szúrás folyamán a hengerekkel $2f = 2 \cdot l_d \cdot b$ felület mentén érintkezik. Az érintkező felületet mentén a melegátadás tényezője φ 26 kal/m^2. mp. C°. A szúrás tartama i_{sz}, a hőmérsékletesés a szúrás folyamán Δt_h.

A darab hőmérsékletének változása a szúrás folyamán a hengerekkel való érintkezés következtében, a

$$2 \cdot f \cdot (t_d - t_h) \cdot i_{sz} \cdot \varphi = G \cdot c \cdot \Delta t_d \tag{26}$$

egyenlet értelmében:

$$\Delta t_d = \frac{2 \cdot f \cdot \varphi \, (t_d - t_h) \cdot l}{G \cdot c} \tag{27}$$

Ha a hengerlési sebesség $v = \frac{l}{i_{sz}}$, ahol l a darab hossza, akkor a fenti képlet így írható:

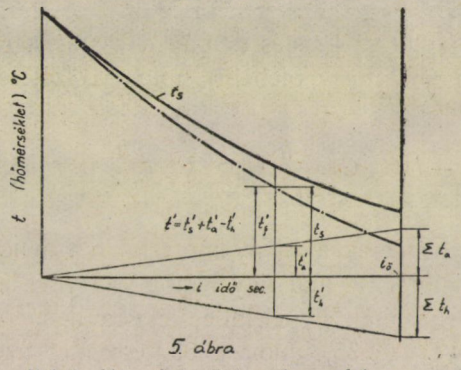
$$\Delta t_d = \frac{2 \cdot f \cdot l}{G \cdot c} \cdot \left(\frac{t_d - t_h}{v} \right) \cdot \varphi \tag{28}$$

Ugyanakkor azonban, amikor a darab a hengerekkel való érintkezés következtében veszít melegéből, az alakváltozási munka egészében meleggé alakul át, és ez emeli a darab hőmérsékletét.

Ha a szúrás folyamán az alakváltozási munka L, akkor az ezzel egyenértékű melegmennyiség AL. Amennyiben a darab súlya G és fajmelege c, az alakváltozási munkával egyenértékű meleg

$$\Delta t_a = \frac{A \cdot L}{G \cdot c} = \frac{1}{427} \cdot \frac{F \cdot k \cdot v}{G \cdot c} \tag{29}$$

fokkal emeli a darab hőmérsékletét a szúrás folyamán. Ebben a képletben F a keresztmetszet-csökkenés, k az alakítási ellenállás és v a hengerlési sebesség.



5. ábra

Az eredő hőmérsékletváltozási görbe oly módon szerkeszthető meg, hogy először megrajzoljuk egy hőmérséklet-idő koordináta-rendszerben a 25. egyenlet segítségével a t_s görbét (5. ábra). Az $i_ő$ ponthoz tartozó ordinátára pozitív előjellel felrakjuk a teljes kihengerlési munkával egyenértékű melegnek megfelelő összes hőmérsékletemelkedést és negatív előjellel a hengerek által elvont összes melegnek megfelelő hőmérsékletcsökkenést, és úgy fogjuk fel, mintha az egyik is, a másik is egyenletesen emelné, illetve csökkentené a darab hőmérsékletét.

Az egyes ordinátáknak előjel szerint való összegezése révén nyerjük az eredő t görbét, amely megadja a darabnak hőmérsékletváltozását a kihengerlés folyamán.

Trinks[27]) a darab lehűlését azon az alapon akarja kiszámítani, hogy a darab lehűlését elsősorban a hengerekkel való érintkezés következtében fellépő melegátadás idézi elő, és a sugárzás hatását jelentéktelennek minősíti anélkül, hogy erre nézve számításokat végezne. A számítások egyébként arról győznek meg bennünket, hogy a hengerek által elvont meleg és az alakváltozási munkából keletkező meleg egymást gyakorlatilag majdnem kiegyenlíti. Trinks a hengerelt darab hőmérsékletének hengerlés közben való megállapításához empirikus módszert használ. Néhány alakos vas hőmérsékletváltozásának mérés alapján megállapított görbéjét adja meg, és ennek segítségével ajánlja meghatározni a darab hőmérsékletének változását általában. Ezzel szemben az általam javasolt módszer számításon alapszik, és a számított hőmérsékletváltozási görbe jól simul a kísérleti eredményekhez.

Gyakorlati szempontból nagyon fontos, de elméleti szempontból még alig van tisztázva a szélesedés kérdése. A régebbi empirikus kísérleteknek és a javasolt szélesedési formuláknak az a bajuk, hogy különböző faktoroknak, mint a hengerátmérő, hengerelt anyag stb., jelentős befolyását nem eléggé ismerték fel, és így nem vették kellőképpen figyelembe.

A számos ilyen empirikus képlet közül a gyakorlatban a legelterjedtebb a Geuze-féle formula[28]):

$$b_2 - b_1 = 0{,}35 \cdot (h_1 - h_2) = 0{,}35 \cdot \Delta h \tag{30}$$

ahol b_1, illetve b_2 a darab szélessége, h_1 ill. h_2 a darab magassága szúrás előtt és után.

Eszerint az abszolút szélesedés csupán a vastagságcsökkenéstől függene.

Egy lépéssel tovább megy Siebel[27]), mikor a szélesedés kiszámítására a következő képletet adja:

$$b_2 - b_1 = C \cdot \frac{\Delta h}{h_1} \cdot l_d \sim C \cdot \frac{\Delta h}{h_1} \cdot \sqrt{r \cdot \Delta h} \tag{31}$$

ahol $l_d = \sqrt{r \cdot \triangle h}$ a hengerek által nyomott ív, r a hengerek sugara és C egy az anyagtól függő állandó. Itt már figyelembe van véve a hengerátmérő és az anyagminőség, nincs azonban figyelembe véve a hengerelt darab szélessége. Amikor l/h_1 (=) 1 és $C = 0{,}35$, akkor a 33. egyenlet azonossá válik a 32. (Geuze-féle) egyenlettel. Tafel és Anke[30]) különböző anyagokkal különböző hőmérsékleten végzett kísérletei azt mutatták, hogy a Siebel-féle formula jól egyező eredményeket ad a következő anyagállandók mellett: réz: $C = 0{,}36$; alumínium: $C = 0{,}45$; ólom: $C = 0{,}53$; vas: $C = 0{,}31$. Siebel és Fangmeier[31] 700° és 1200° C között lágy acéllal végzett kísérletei azt mutatták, hogy $C = 0{,}35$.

Sachs[32] kísérleti alapon megállapította, hogy az abszolút szélesedés növekedő darabszélességgel először zérustól egy maximális értékig növekedik, majd ismét esik. Igen kis szélességeknél az anyag akadálytalanul tud szélesedni. Nagyon nagy szélességeknél a darab középső részei az oldalirányú súrlódás

következtében csak a nyújtás irányában tudnak elmozdulni. A Sibel-féle formula azért megbízható, mert egy jelentős tartományban a szélesedés független a darab szélességétől.

A hengerlés jelenségeinek mennyiségtani analízise megmutatta, hogy a súrlódási erőnek a befutó keresztmetszetben más előjele van, mint a kifutó keresztmetszetben. Már korábban felismerték, hogy a befutó keresztmetszet közelében a henger felülete előrecsúszik a vele érintkező darab felületén, a kifutási oldal közelében pedig a darab nagyobb sebességgel lép ki a hengerek közül, mint amekkora a hengerek kerületi sebessége. A be- és kifutási keresztmetszetek között van egy olyan keresztmetszet, amelyhez tartozó henger- és darabfelületek egymáshoz tapadnak, egymáson nem csúsznak. Ennek a keresztmetszetnek helyzetét a 4. és 5. ábra csúcsához (maximális helyéhez) tartozó abszcissza határozza meg (semleges vonal, semleges sík). Az előresietést a kilépési sebesség és a hengerkerület sebessége közötti különbségnek a hengerkerület sebességéhez való viszonya határozza meg:

$$\frac{v_2}{v_k} = \delta \qquad \text{és} \qquad \frac{v_2 - v_k}{v_k} - 1 = \vartheta \tag{35}$$

ahol a v_2 a kifutó darab sebessége és v_k a hengerek kerületi sebessége.

Az előresietés nagyságának megállapítására Siebel fent ismertetett elmélete alapján egy grafikus eljárást dolgozott ki, amely azonban körülményes és hosszadalmas volta miatt gyakorlati számításokra alkalmatlan.[33]

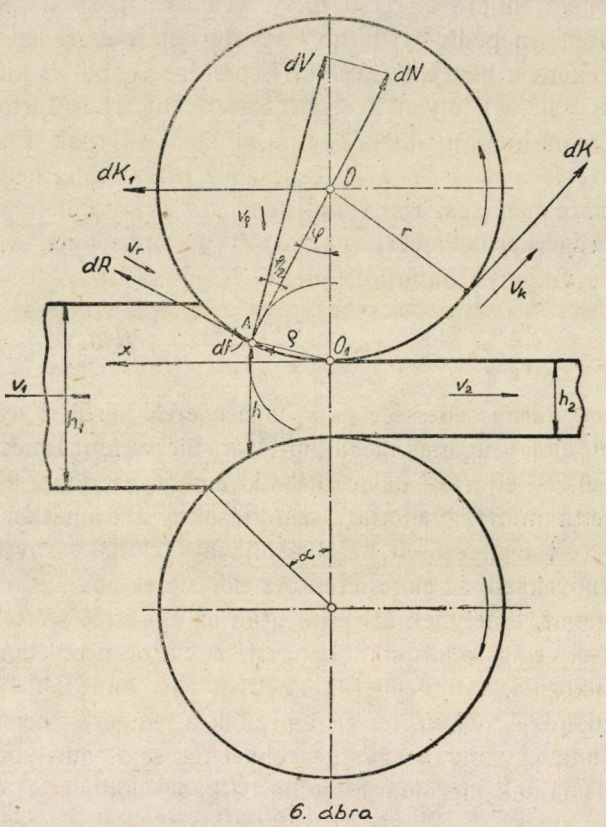
Az előresietést igen erősen befolyásolja a súrlódás. Növekedő súrlódási tényező mellett növekszik az előresietés. Az előresietés növekedő fogyás mellett elér egy maximumot, amelynek átlépése után az előresietés értéke esik.

Az előzőkben végigszaladtunk a hengerlésnek azon problémáin, amelyekkel a kutatók foglalkoznak. Mindenütt kiemeltem azt, amit abból gyakorlatilag fel is lehet használni. Azonban, ha végignézünk a hengerlés nemzetközi irodalmán, nem találunk egy olyan egységes elméletet sem, amelyben a hengerlés különböző problémáinak megoldása egymásba kapcsolódnék és egységes szempont szerint történnék. Emellett az elméleti vizsgálatok eredményei a legtöbbször gyakorlatilag fel sem használhatók, vagyis a szerkesztő mérnök az elméleti eredmények legtöbbjével nem tud mit kezdeni. Ezt a hiányt akarja pótolni az általam kidolgozott hengerlési elmélet, amely a dolog természeténél fogva szintén egyszerűsítő feltételek mellett van felállítva, de amelyben az összes fontos problémák (alakítási ellenállás, hengerlési munka, hengerre ható nyomás, előresietés stb.) megoldása szorosan egymáshoz kapcsolódik, egymásból folyik. Ami pedig a legfontosabb, ez elméleti vizsgálatok és levezetések eredményei gyakorlatilag mind nagyon jól felhasználhatók.

Mint tudjuk, elemi hengerlésről akkor beszélünk, ha a darab keresztmetszete egyszerű derékszögű négyszög, a henger alkotói ennek a négyszögnek két párhuzamos oldalával összeesnek, a darabot oldalról semmiféle borda nem

érinti, teljesen egynemű anyagból áll, és egyenletes sebességgel fut keresztül a hengerek között.

Az az erő, amely az eredetileg b_1 szélességű és h_1 magasságú négyzetes keresztszelvényű darabot a hengerek között áthúzza, a hengerek felülete mentén fellépő súrlódás. Magát a hengerlést felfoghatjuk úgy, hogy a darab áll, a henger



6. ábra

pedig az O_1x egyenes mentén gördül (6. ábra). Ilyenkor a gördülő kör minden egyes pontja egy cyklois mentén mozog, tehát ugyanakkor, amikor a henger az O pont körül $d\varphi$ szöggel elfordul, a df felületelem az O_1 pont körül az $O_1A = \varrho$ sugarú körön $d\varphi/2$ szöggel fog elfordulni.

A henger df felületelemére ható normális erő

$$dN = k \cdot df = k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \tag{33}$$

ahol k az alakítási ellenállás.

A df-nek dV irányú, azaz az $O_1A = \varrho$ sugarú körhöz érintő irányú elmozdulásakor a df felületelemre ható erő:

$$dV = k \cdot df \cdot \cos\varphi/2 = k \cdot b \cdot r \cdot \cos\varphi/2 \cdot d\varphi \tag{34}$$

A df felületelem mentén ébredő súrlódási erő, ha μ a súrlódási tényező:

$$dR = \mu \cdot dN = \mu \cdot k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \tag{35}$$

A dR súrlódási erő azért lép fel, mert a henger felületelemei csúsznak a darab nyomott felületelemein.

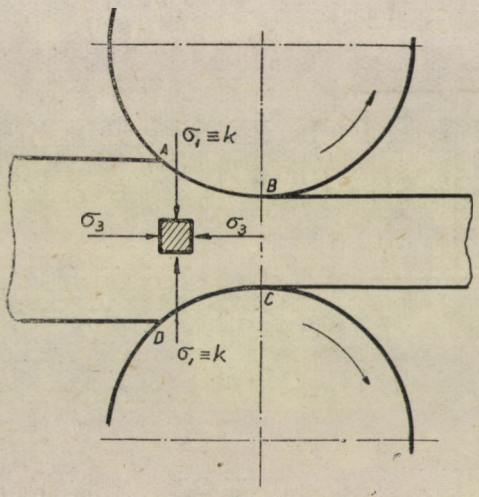
Ezekben a képletekben k az alakítási ellenállást jelenti.

A henger felületére ható elemi nyomást a 33. egyenlettel fejeztük ki, melyből

$$k = \frac{dN}{df} \tag{36}$$

hányadost az *alakítási ellenállásnak* neveztük.

A továbbiak folyamán a darabra merőlegesen ható k alakítási ellenállást azonosnak vesszük a σ_1 főfeszültséggel (7. ábra) a deformáció alatt álló $ABCD$ darabrészen belül.



7. ábra.

A σ_3 feszültség a hengerlés, illetve a darab tengelyének irányában lép fel. és mint látni fvgjuk, a hengerfelület és a darab között fellépő súrlódás eredménye. Hengerlés közben u. i. a hengerfelület csúszik a darabon. Ha előresietés nincs, azaz, amikor a hengerek közül kifutó darab sebessége azonos a hengerek kerületisebességével, akkor a hengerek közül kilépő keresztmetszet mögött levő minden keresztmetszethez tartozó felületelemen a vele érintkező hengerfelületelem előrecsúszik a hengerlés irányában. Ez a relatív előrecsúszási sebesség, ha szélesedés nincs :[34]

$$v_r = v_h \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}\right) \tag{37}$$

Ebben a képletben v_r a df_h hengerfelületelemnek a df darabfelületen való relatív előrecsúszási sebessége.

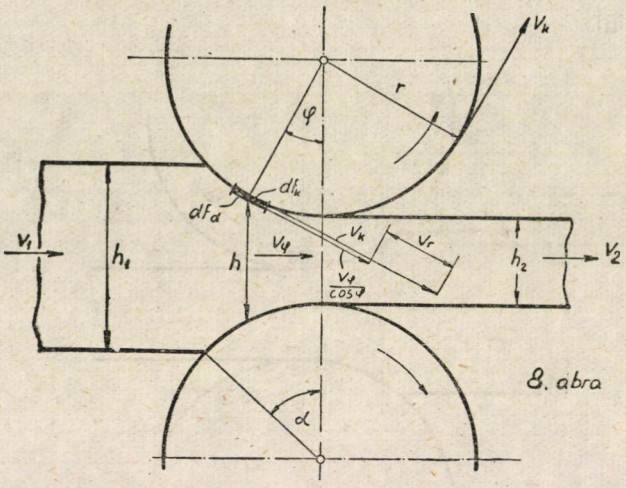
E két egymáson csúszó felületelem a henger φ szögéhez, illetve a darab h magasságú keresztmetszetéhez tartozik.

Ha szélesedés nincs, de van előrecsúszás, azaz ha $v_2 > v_k$, amikor tehát

$$v_2 = \delta \cdot v_k \tag{38}$$

ahol δ az *előrecsúszási tényező*, akkor a relatív előrecsúszási sebesség bármely keresztmetszethez, illetve bármely φ-hez tartozó felületelemen

$$v_r = v_h \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi}\right) \tag{39}$$



8. ábra

Ha előrecsúszás van, akkor a henger és a darab felületelemei között nemcsak pozitív, hanem negatív előjelű relatív csúszási sebességek is lesznek, azaz lesz olyan φ_0 szög is, amelyhez tartozó felületelempár mentén a relatív csúszási sebesség zérus : $v_r = 0$.

$v_r = 0$ ott, ahol a 39. egyenletből

$$1 - \frac{h_2}{h_0} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi_0} = O \tag{40}$$

Minthogy

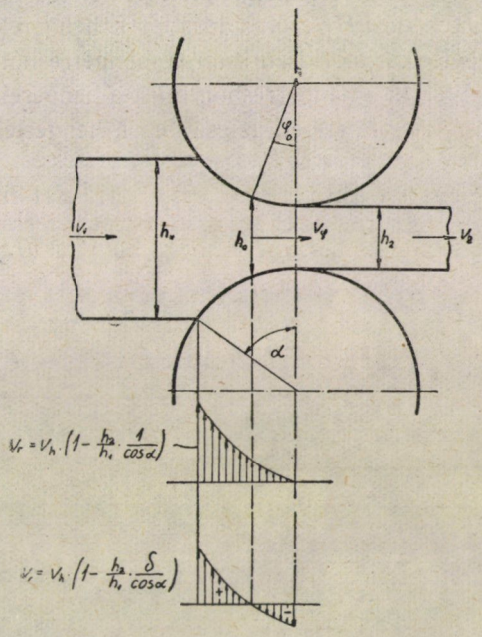
$$h_0 = 2r + h_2 - 2 \cdot r \cdot \cos \varphi_0 \tag{41}$$

következik, hogy

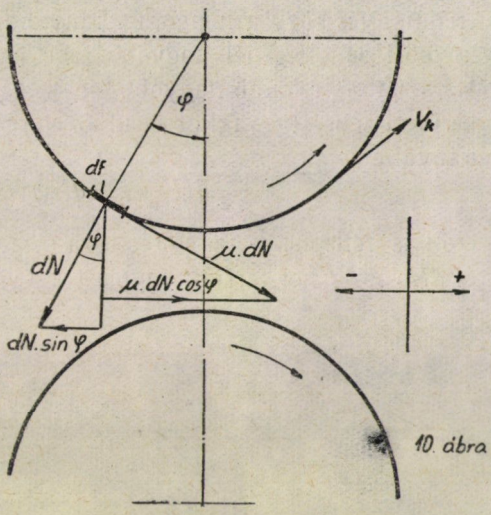
$$\varphi_0 = \frac{(2r + h_2) \pm \sqrt{(2r + h_2)^2 - 8 \cdot r \cdot h_2 \cdot \delta}}{2 \cdot r} \tag{42}$$

és így (9. ábra):

$$\varphi_0 = \text{arc} \cdot \cos \frac{(2r \cdot + h_2) \pm \sqrt{(2r + h_2)^2 - 8 \cdot r \cdot h_2 \cdot \delta}}{2r} \tag{43}$$



9 ábra



10. ábra

A hengerfelületnek a nyomott darab felületén való relatív előrecsúszása, illetve visszamaradása a darabban erőket hoz létre a hengerlés irányában. Ezek a hengerlés irányában működő erők idézik elő a darabban a harmadik főfeszültséget (7. ábra), és ezek az erők azok, amelyek a darabot a henger kerületi sebességénél nagyobb sebességgel akarják a hengerrésen keresztülnyomni. A hengerlés irányában fellépő erőket a 10. ábra szerint lehet megállapítani. A hengerlés irányában fellépő elemi horizontális erő

$$dH = 2 \cdot (\mu \, dN \cdot \cos\varphi \mp dN \cdot \sin\varphi) \tag{44}$$

Ha előrecsúszás nem lenne, akkor a hengerlés irányában csak

$$dH_1 = 2 \cdot dN \cdot (\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) \tag{45}$$

erők lépnének fel, minthogy előrecsúszás nélküli keresztülhaladás esetében

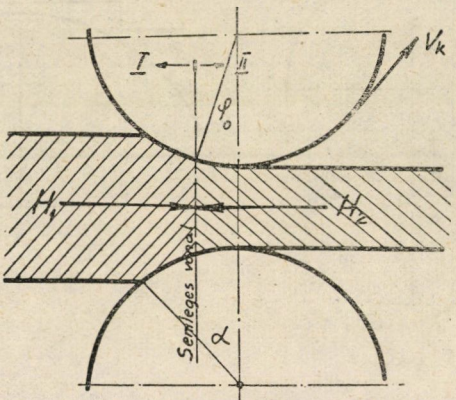
a nyomott ív mentén a hengerfelületek relatív csúszása a vele érintkező darab felületén mindenhol

$$v_r = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}\right) \tag{37}$$

Ez azt jelenti, hogy a henger minden egyes felületeleme a vele érintkező darab felületelemén a hengerlés kerületi sebességével megegyező irányban végez relatív előrecsúszást. Ha a nyomott ív mentén a henger minden egyes felületeleme előrecsúszik az általa nyomott darab felületelemén, akkor ennek az az eredménye, hogy a hengerlés irányában fellépő dH_1 erők a darabot a hengerek kerületi sebességénél nagyobb sebességgel akarják kiszorítani a hengerrésből. Ha azonban a darab nagyobb sebességgel lép ki a hengerrésből, mint a hengerek kerületi sebessége, akkor beáll az előrecsúszás, de ebben az esetben a hengerlés irányában

$$dH_2 = 2 \cdot dN \cdot (\mu \cdot \cos \varphi + \sin \varphi) \tag{46}$$

erők is fellépnek. Az előrecsúszás nagyságát az határozza meg, hogy a dH_1 és dH_2 erők hol tartják egymást egyensúlyban (11. ábra).



11. ábra.

A H_1 és H_2 erők azon φ_0 szöghöz tartozó keresztmetszetben (semleges vonal) tartják egymást egyensúlyban, amelynél az egymáson mozgó henger- és darabfelületelemek között $v_r = 0$. Ezen a helyen v_r relatív csúszási sebesség az előjelét változtatja.

A H_1 hengerlés irányában működő erő

$$H_1 = \int_a^{\varphi_0} dH_1 = 2 \int_a^{\varphi_0} (\mu \cdot dN \cdot \cos \varphi - dN \cdot \sin \varphi) \tag{47}$$

$$H_2 = 2 \int_o^{\varphi} dH_2 = 2 \int_o^{\varphi} (\mu \cdot dN \cdot \cos \varphi + dN \cdot \sin \varphi) \tag{48}$$

Minthogy φ_0-nál $H_1 = H_2$ írható:

$$\int_{\alpha}^{\varphi_0} dN \cdot (\cos\varphi \cdot \mu - \sin\varphi) - \int_{o}^{\varphi_0} dN \cdot (\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) = 0 \qquad (49)$$

Ez az egyenlet határozza meg a φ_0 illetve az előrecsúszás nagyságát.

Gyakorlati célokra jó megközelítéssel kiszámítható az előrecsúszás azzal a feltételezéssel, hogy k a nyomott felület mentén állandó. Ha feltesszük, hogy k = konstans a nyomott felület mentén, akkor írható, hogy

$$\int_{\alpha}^{\varphi_0} k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi (\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) - \int_{o}^{\varphi_0} k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \cdot (\mu \cos\varphi + \sin\varphi) = 0 \qquad (49)$$

$$\int_{\alpha}^{\varphi_0} k\,(\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) \cdot d\varphi - \int_{o}^{\varphi_0} k \cdot (\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi)\, d\varphi = 0$$

$$k = \text{állandó}$$

tehát

$$\int_{\varphi_0}^{\alpha} (\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) \cdot d\varphi - \int_{o}^{\varphi_0} (\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) \cdot d\varphi = 0 \qquad (50)$$

Minthogy

$$\int_{o}^{\varphi_0} \cos\varphi \cdot d\varphi = [\sin\varphi]_{o}^{\varphi_0} = \sin\varphi_0 - \sin 0 = \sin\varphi_0$$

továbbá

$$\int_{\alpha}^{\varphi_0} \cos\varphi \cdot d\varphi = [\sin\varphi]_{\alpha}^{\varphi_0} = \sin\alpha - \sin\varphi_0$$

és

$$\int_{o}^{\alpha} \sin\varphi \cdot d\varphi = [-\cos\varphi]_{o}^{\alpha} = (1 - \cos\alpha)$$

$$\int_{\varphi_0}^{\alpha} \mu \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi - \int_{o}^{\varphi_0} \mu \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi = (\sin\alpha - 2 \cdot \sin\varphi_0) \cdot \mu$$

tehát

$$\mu \cdot (\sin\alpha - 2 \cdot \sin\varphi_0) - (1 - \cos\alpha) = 0$$

ebből

$$\sin \varphi_o = \frac{\mu \cdot \sin \alpha - (1 - \cos \alpha)}{2 \cdot \mu} \tag{51}$$

azaz

$$\varphi_o = arc \sin \frac{\mu \cdot \sin \alpha - (1 - \cos \alpha)}{2 \cdot \mu} \tag{52}$$

A φ_o szög gyakorlati kiszámításánál ügyelni kell arra, hogy a μ súrlódás, tényező nem azonos azzal a súrlódási tényezővel, amelyet két egymáson csúszó de alakítás alatt nem álló test között mérnek. Itt egy C-szer nagyobb súrlódási tényezővel kell számolnunk. Számos kísérleti adat utánaszámításából megállapítható, hogy $C = 5{,}5$. Így tehát a φ_o szöget, amennyiben a szokásos súrlódási számokat akarjuk felhasználni, a következő egyenlettel kell kiszámítani

$$\boxed{\varphi_o = arc \sin \frac{C \cdot \mu \cdot \sin \alpha - (1 - \cos \alpha)}{2 \cdot C \cdot \mu}} \tag{55}$$

ahol $C = 5{,}5$.

A μ súrlódási tényezőt acélok meleghengerlésénél 800 °C felett

$$\mu = 1{,}05 - 0{,}0005 \cdot t \tag{54}$$

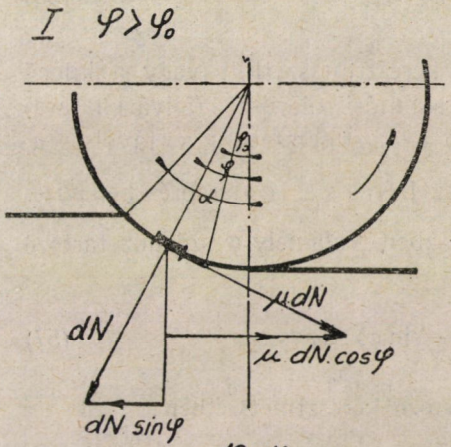
képlettel kell kiszámítani. Itt t a hengerelt darab hőmérséklete. Hideg hengerlésnél, köszörült munkahengerek alkalmazása mellett, a μ súrlódási tényező 0,07 és 0,15 közé esik. Általában a $\mu = 0{,}1$ közepes értékkel számolunk.[35]

A φ_0 ismerete mellett a 40. és 41. egyenletből az előrecsúszási tényező kiszámítható:

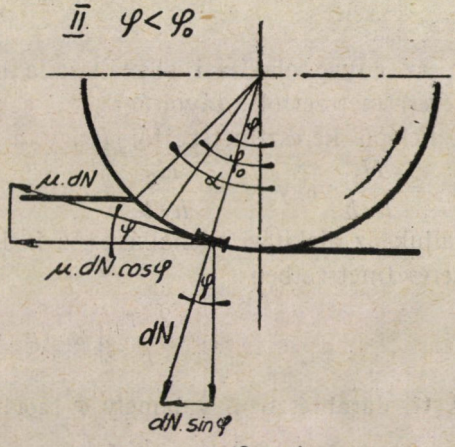
$$\delta = \frac{(2 \cdot r + h_2) \cdot \cos \varphi_0 - 2 \cdot r \cos^2 \varphi}{h_2} \tag{55}$$

A 10. és 11. ábra kapcsán részletesen kifejtettem, hogy miért, milyen és mekkora erők lépnek fel a hengerlés irányában, és hogy ezek az előrecsúszás jelenségét eredményezik. Eszerint tehát a hengerrésben fellép egy H_1 horizontális erő, amely a darabot a hengerek kerületi sebességénél nagyobb sebességgel akarja a hengerrésen keresztülnyomni. Ennek az erőnek ellenhatásaképpen a darabnak a kilépési keresztmetszet előtti részében fellép egy H_2 erő, ugyancsak a hengerlés irányában, de ellenkező előjellel. Ez a H_2 erő egy reakcióerő, amely a H_1 erő ellen működik. E két erő működésének eredményeképpen a hengerek közé befogott darabrésznek egy olyan keresztmetszete is lesz, amelynek a két oldalán működő H_1 és H_2 erő egymással egyensúlyt tart. Ettől a keresztmetszettől (11. ábra) balra (a belépési keresztmetszet felé) a hengerek felületelemei előrecsúsznak a hengerelt darab felületelemein, tőle jobbra pedig a henger felületelemei visszamaradnak a hengerlés irányában mozgó darab felületelemein.

A továbbiakban *I*-el jelöljük azt a hengerek között futó darabrészt, amelyik balra van az egyensúlyi keresztmetszettől és *II*-nek, amelyik jobbra van tőle.



12. ábra



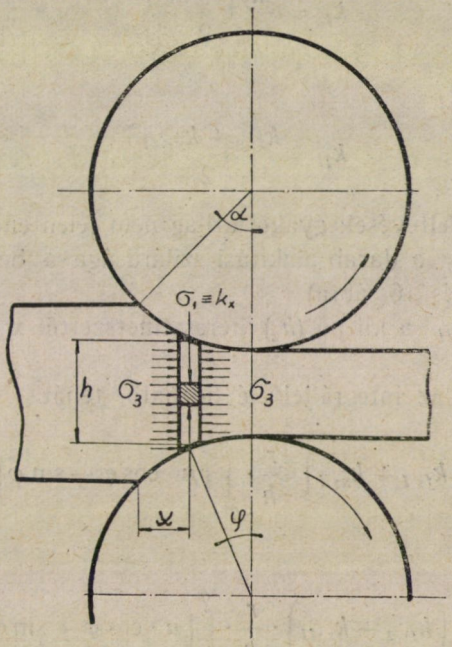
13. ábra

Az I-el jelzett darabrészben a hengerlés irányában működő elemi erő (12. ábra):

$$dH_1 = 2 \cdot dN \cdot (\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) \tag{45}$$

A II. darabrészben működő elemi horizontális erő (13. ábra):

$$dH_2 = 2 \cdot dN \, (\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) \tag{46}$$



14. ábra

Az alakítási ellenállás a hengerek közé befogott darabrész bármely keresztmetszetében, az 0. Mohr-féle feltevés értelmében (14. ábra):

$$\sigma_1 = k_x = k_{f,x} + \sigma_3 \tag{56}$$

k_x az anyag alakítási ellenállása a belépő keresztmetszettől (vagy a kilépő keresztmetszettől) x távolságra, $k_{f,x}$ az anyag alakítási szilárdsága (folyási határa) a belépő keresztmetszettől (vagy a kilépő keresztmetszettől) x távolságra, $\sigma_3 = \frac{H_1}{h \cdot b}$ vagy $\sigma_3 = \frac{H_2}{h \cdot b}$ aszerint, hogy az I. vagy a II. darabrészben vizsgáljuk az alakítási ellenállást. Az I. darabrészben, valamely φ szöghöz tartozó keresztmetszetben:

$$\sigma_{3,I} = \frac{2 \cdot r}{h} \cdot \int_{\varphi}^{\alpha} k \cdot (\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) \cdot d\varphi \tag{57}$$

A II. darabrészben, valamely φ szöghöz tartozó keresztmetszetben:

$$\sigma_{3,II} = \frac{2 \cdot r}{h} \int_{0}^{\varphi} k \cdot (\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi) \cdot d\varphi \tag{58}$$

A $\sigma_{3,I}$ és $\sigma_{3,II}$ egyenleteiben k a két integrálási határ által meghatározott nyomófelület mentén működő közepes alakítási ellenállás. Tegyük fel, hogy a közepes alakítási ellenállás az I. részben

$$k_I = \frac{k_{f,1} + k_{x,I}}{2} \tag{59}$$

a II. részben

$$k_{II} = \frac{k_{f,2} + k_{x,II}}{2} \tag{60}$$

Ezek az egyszerűsítő feltevések gyakorlatilag nem jelentenek nagyobb eltérést. Ezen egyenletekben $k_{f,1}$ a darab alakítási szilárdsága a beszúrás előtt és $k_{f,2}$ a beszúrás után (15. és 16. ábra),
$k_{x,I}$ a belépő (h_1), $k_{x,II}$ a kilépő (h_2) keresztmetszettől x távolságban fellépő alakítási ellenállás.

k_I mint állandó az integráljel elé hozható, tehát

$$\sigma_{3,I} = \left(k_{f,I} + k_{x,I}\right) \cdot \frac{r}{h} \cdot \int_{\varphi}^{\alpha} \left(\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi\right) \cdot d\varphi \tag{61}$$

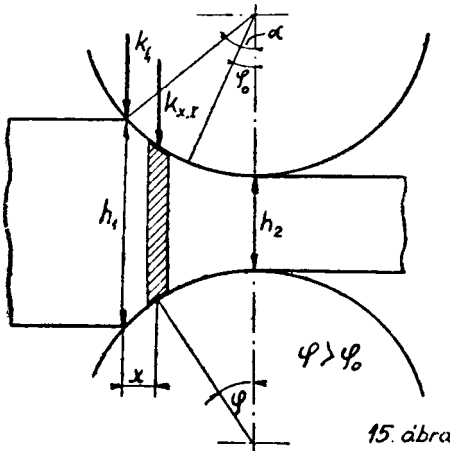
és

$$\sigma_{3,II} = \left(k_{f,2} + k_{x,II}\right) \cdot \frac{r}{h} \cdot \int_{0}^{\varphi} \left(\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi\right) d\varphi \tag{62}$$

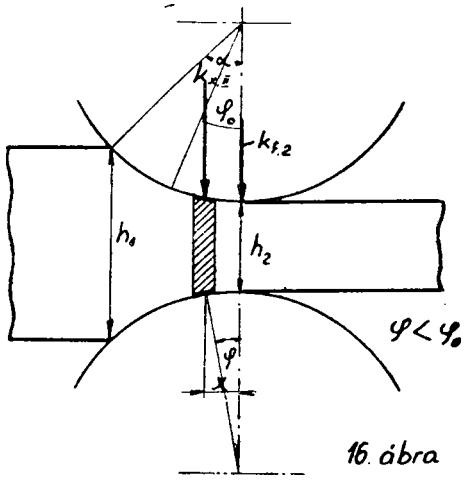
Ennek folytán az alakítási ellenállás a belépő keresztmetszettől x távolságban, azaz az I-es részben :

$$k_{x,\,I} = k_{f,\,x,\,I} + \left(k_{f,\,1} + k_{x,I}\right) \cdot \frac{r}{h} \cdot \int_{\varphi}^{\alpha} \left(\mu \cdot \cos\varphi - \sin\varphi\right) d\varphi \qquad (63)$$

Az alakítási ellenállás a kilépő keresztmetszettől x távolságban, azaz a II-es részben :



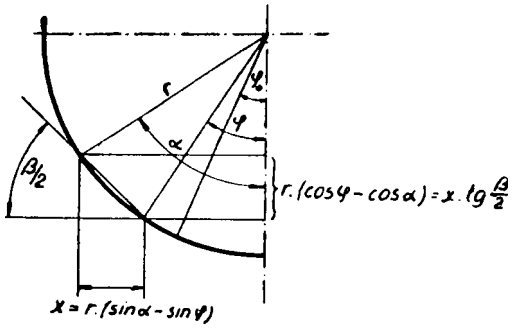
15. ábra



16. ábra

$$k_{x,\,II} = k_{f,\,x,\,II} + \left(k_{f,\,2} + k_{x,\,II}\right) \cdot \frac{r}{h} \cdot \int_{0}^{\varphi} \left(\mu \cdot \cos\varphi + \sin\varphi\right) d\varphi \qquad (64)$$

ahol $k_{f,\,x,\,I}$ és $k_{f,\,x,\,II}$ az anyag alakítási szilárdsága x távolságban.



17. ábra

Az integrálást és a többi műveleteket elvégezve, lesz

$$k_{x,I} = \frac{k_{f,x\,I} + k_{f,I}\,\frac{r}{h}[\mu \cdot (\sin\alpha - \sin\varphi) - (\cos\varphi\cos\alpha)]}{1 - \frac{r}{h} \cdot [(\mu \cdot \sin\alpha - \sin\varphi) - (\cos\varphi\cos\alpha)]} \tag{65}$$

és

$$k_{x,II} = \frac{k_{f,x,II} + k_{f,2} \cdot \frac{r}{h} \cdot [\mu \cdot \sin\varphi + (1\cos\varphi)]}{1 - \frac{r}{h} \cdot [\mu \cdot \sin\varphi + (1 - \cos\varphi)]} \tag{66}$$

A 17. ábra értelmében:

$$x = r \cdot (\sin\alpha - \sin\varphi) \tag{67}$$

és

$$x \cdot tg\frac{\beta}{2} = r \cdot (\cos\varphi - \cos\alpha) \tag{68}$$

ahol

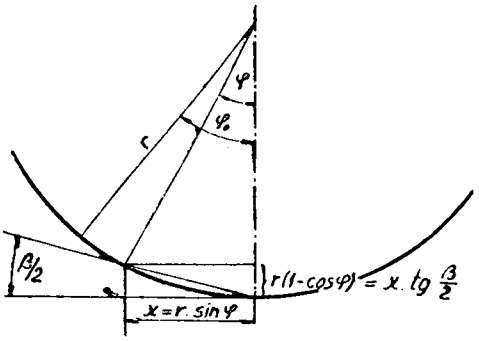
$$\frac{\beta}{2} = \frac{\alpha + \varphi}{2} \tag{69}$$

$$h = 2 \cdot r + h_2 - 2\,r \cdot \cos\varphi \tag{41}$$

Ezért a 65. egyenlet a következő módon írható fel:

$$k_{x,I} = \frac{k_{f,x,I} + k_{f,1} \cdot \frac{x}{h} \cdot \left(\mu - tg\frac{\beta}{2}\right)}{1 - \frac{x}{h} \cdot \left(\mu - tg\frac{\beta}{2}\right)} \tag{70}$$

A 18. ábra értelmében:



18 ábra.

$$x = r \cdot \sin \varphi \tag{71}$$

és

$$x \cdot tg \frac{\beta}{2} = r \cdot (1 - \cos \varphi) \tag{72}$$

továbbá

$$\frac{\beta}{2} = \frac{\varphi}{2} \tag{73}$$

$$h = 2r + h_2 - 2 \cdot r \cdot \cos \varphi \tag{41}$$

s így a 66. egyenlet a következő formában írható fel:

$$k_{x,II} = \frac{k_{f,x,II} + k_{f,2} \cdot \frac{x}{h} \left(\mu + tg \frac{\beta}{2} \right)}{1 - \frac{x}{h} \cdot \left(\mu + tg \frac{\beta}{2} \right)} \tag{74}$$

A 72. és 76. képletet felhasználhatjuk az alakítási ellenállás gyakorlati kiszámítására. Ha számításainkban azt a súrlódási tényezőt akarjuk alkalmazni, amely a hengerfelület és a nem alakváltozás alatt álló darab között fellép, egymásra való nyomás melletti elmozduláskor, akkor a fenti képleteket a következő alakra kell hozni:

$$k_{x,I} = \frac{k_{f,x,I} + k_{f,1} \cdot \frac{x}{h} \cdot \left(C \cdot \mu - tg \frac{\beta}{2} \right)}{1 - \frac{x}{h} \cdot \left(C \cdot \mu - tg \frac{\beta}{2} \right)} \tag{75}$$

és

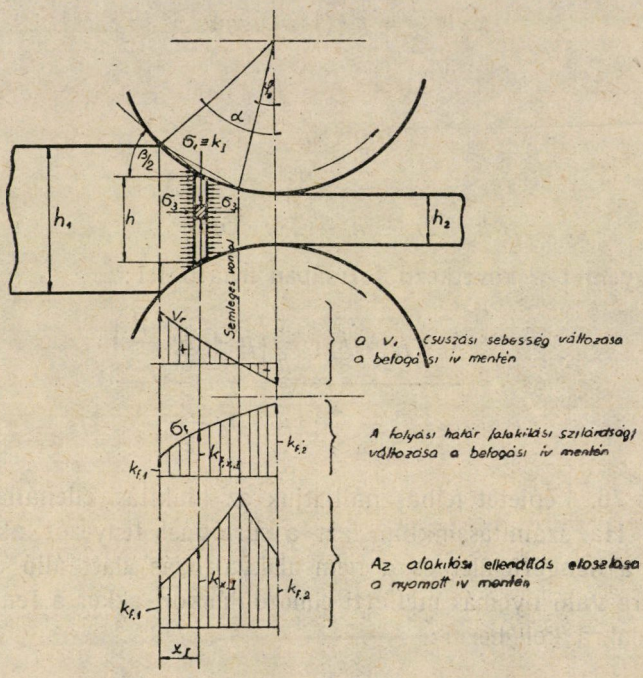
$$k_{x,II} = \frac{k_{f,x,II} + k_{f,2} \cdot \frac{x}{h} \left(C \cdot \mu + tg \frac{\beta}{2} \right)}{1 - \frac{x}{h} \cdot \left(C \cdot \mu + tg \frac{\beta}{2} \right)} \tag{76}$$

Ebben a képletben C állandónak vehető tényező, amely akárcsak az 53. képletben, közepesen 5,5-nek vehető.

A 75. és 76. képlettel kiszámított alakítási ellenállás eloszlását a nyomott ív mentén a 19. ábrán látjuk.

Ugyancsak ez az ábra szemlélteti a hengerfelület és a hengerelt darab között fellépő relatív csúszási sebességek változását a hengerrésben, a folyási határ (alakítási szilárdság) változását a hengerrésben és ezek egymás közötti összefüggését.

Már fentebb említettem, hogy a tervező mérnököt elsősorban nem az alakítási ellenállásnak a hengerrésben való változása érdekli, hanem a közepes



19. ábra

alakítási ellenállás. A (k) közepes alakítási ellenállást a hengerre ható nyomásból határozzuk meg, amely szerint

$$k_k = \frac{P}{l_d \cdot b} \tag{77}$$

ahol P a hengerre ható nyomás, $l_d \cdot b$ a nyomott felület, azaz b a darab szélessége és

$$l_d = \sqrt{r \cdot (h_1 - h_2)} = \sqrt{r \cdot \Delta h} \tag{78}$$

a nyomott ív.

Összenyomásnál, hengerlésnél az alakítási ellenállás (k) azonosnak fogható fel az első főfeszültséggel (σ_1). Ez általában az alakítási szilárdság (k_f) és a harmadik főfeszültség (σ_3) összegével van meghatározva:

$$\sigma_1 = k = k_f + \sigma_3 \tag{56}$$

Hengerlésnél a σ_3 a hengerelt darab tengelye irányában működő súrlódási erők eredménye. A közepes alakítási ellenállás meghatározásához tehát a közepes σ_3-t kell ismernünk. Számos kísérleti adat feldolgozása alapján azt találtam,

hogy a közepes harmadik főfeszültség kiszámítására a következő formula alkalmas:

$$\sigma_3 = C \cdot k_f \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \sqrt[n]{v} \tag{79}$$

Ezek szerint a közepes alakítási ellenállást a következő képlettel lehet kiszámítani:

$$k_k = k_f \cdot \left(1 + C \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[n]{v}\right) \tag{80}$$

Ebben a képletben k_f a hengerelt anyag alakítási szilárdsága, v_k a hengerek kerületi sebessége, $h = h_2$ a hengerek közül kifutó darab vastagsága, $l_d = \sqrt{\Delta h \cdot r}$ a befogás íve (78. egyenlet), $\Delta h = h_2 - h_1$ a darab magasságcsökkenése a szúrás folyamán. A 80. képlet gyakorlati alkalmazása esetében meleghengerlésnél (800° és 1400° C között) k_f az anyag összenyomó szilárdsága, hideghengerlésnél k_f a közepes folyási határ.[36]) A C állandó itt is, mint az 53., 75. és 76. képletben, közepesen 5,5-el egyenlő. Az n kitevő 4-el vehető egyenlőnek. Ezek szerint gyakorlati számításoknál a közepes alakítási ellenállás kiszámítására szolgáló képlet a következőképpen alakul:

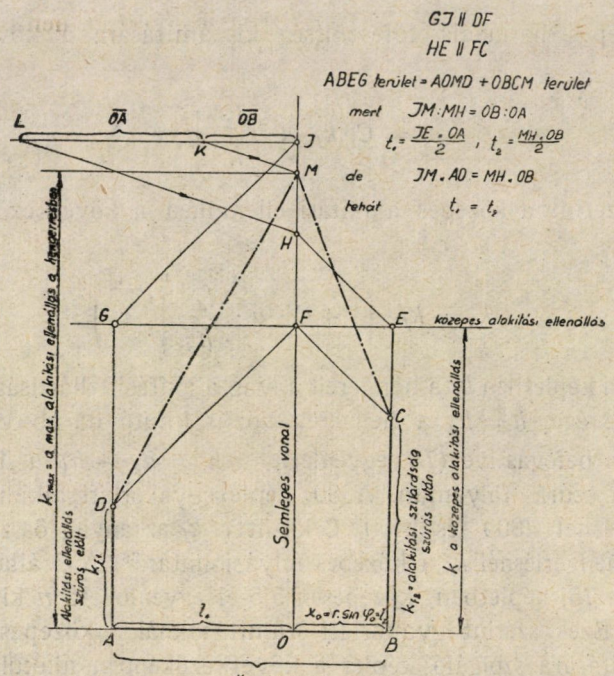
$$k_k = k_f \cdot \left(1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v}\right) \tag{81}$$

Ez a képlet szigorú elméleti szempontból nem kifogástalan, azonban gyakorlati szempontból mindenképpen igazolt, minthogy a segítségével kiszámított értékek a kísérleti eredményekkel igen jól egyeznek, mint ezt már más helyeken bebizonyítottam.[37])

Ha ki tudjuk számítani a közepes alakítási ellenállást (83. képlet) és a semleges vonal helyét meghatározó φ_0 szöget (53. egyenlet), akkor az alakítási ellenállás közelítő eloszlását a nyomott ív mentén szerkesztéssel egyszerűen meg tudjuk határozni (20. ábra).

A szerkesztés menete a következő:

Az l_d nyomott ívnek a hengerlés irányába eső vetületével ($AB = r \cdot \sin \alpha$ mint abszcisszatengellyel a k_k közepes alakítási ellenállásnak megfelelő magasságban egy párhuzamos egyenest (GE) húzunk. Ez a párhuzamos a φ_0 szög által meghatározott semleges vonalat F pontban, az ú. n. főpontban metszi. Ezt az F pontot összekötjük a k_{f1} által meghatározott D és a k_{f2} által meghatározott C pontokkal (k_{f1} és k_{f2} a hengerelt anyag szúrás előtti és szúrás utáni alakítási szilárdsága). A G és E pontokból, amely pontok az AD és CB egyenesek metszéspontjai, a közepes alakítási ellenállás egyenesével párhuzamosokat húzunk a DF és a CF egyenesekhez. Ezek az egyenesek a semleges vonalat a H és I pontokban metszik. Ezután az I pontban párhuzamost húzunk.



20. ábra

az AB abszcisszával, és erre felrakjuk az OB és OA távolságokat ; így kapjuk ezen az egyenesen a K és L pontokat.

Az L pontot összekötjük a H ponttal és a K pontból ezzel az LH egyenessel egy párhuzamost húzunk. Ez a párhuzamos egyenes a semleges vonalat az M pontban metszi. *Az OM hosszúság adja meg közelítőleg a hengerrésben fellépő maximális alakítási ellenállást.*

Az itt közölt szerkesztés mellett az $ABEG$ ($l_d \cdot k$) terület egyenlő az $ABCMDA$ ötszög területével.

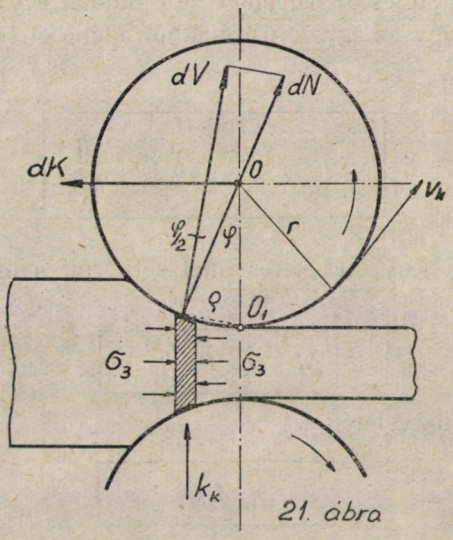
A 81. képlettel kiszámított közepes alakítási ellenállás segítségével a 77. egyenlet értelmében kiszámítható a hengerre ható nyomás :

$$P = k \cdot b \cdot l_d \tag{82}$$

Térjünk rá a hengerlési munka erőszükségletének kiszámítására.

A hengerlési munka erőszükségletét először azon feltevés mellett számítjuk ki, hogy a k alakítási ellenállás a nyomott felület mentén állandó. Az az alakítási ellenállás tehát, melyet itt számításba veszünk, a k_k közepes alakítási ellenállás (77. és 81. képlet). Az alakítási ellenállás magában foglalja azt az erőtöbbletet, amely hengerlés közben a hengerfelületek mentén fellépő súrlódási munka elvégzéséhez szükséges. Ebből következik, hogy az erőszükséglet kiszámításánál

a $\mu \cdot dN \cdot v_r$ súrlódási munkát (a 6. ábra) még egyszer nem kell figyelembe venni.



21. ábra

A 21. ábra értelmében a hengerlés elemi nyomatéka (a két hengerrel közlendő elemi nyomaték):

$$dM = 2 \cdot dV \cdot \varrho \tag{83}$$

ahol

$$dV = dN \cdot \cos\frac{\varphi}{2} = k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \cdot \cos\frac{\varphi}{2} \tag{34}$$

és

$$\varrho = 2r \cdot \sin\frac{\varphi}{2}$$

tehát

$$dM = 4 \cdot k \cdot b \cdot r^2 \cdot \int_0^{\alpha} \cos\frac{\varphi}{2} \sin\frac{\varphi}{2} d\varphi = 2 \cdot r^2 \cdot k \cdot b \cdot (1 - \cos\alpha) \tag{84}$$

Mivel

$$2 \cdot b \cdot r \cdot (1 - \cos\alpha) = F \tag{85}$$

a keresztmetszet-csökkenés, vagyis a fogyás, a hengerlés összes nyomatéka:

$$M = F \cdot k_k \cdot r \tag{86}$$

illetve a hengerlés erőszükséglete (a másodpercenkinti alakváltozási munka):

$$L = F \cdot k_k \cdot v_k \tag{87}$$

Minthogy a 86. és 87. egyenlet erősen egyszerűsítő feltételek mellett van levezetve (k állandó a nyomott felület mentén), a számított és a valóságos

értékek között eltérés mutatkozik. Az eltérés annál nagyobb, minél nagyobb a magasságcsökkentés (h) a szúrás folyamán. Számos kísérleti adatból megállapítottam, hogy a 86. és 87. egyenlet jobb oldalát egy η korrekciós faktorral meg kell szorozni, hogy az egyszerűsítésekből adódó eltérést kiküszöböljük. Ez a korrekciós faktor[38]

$$\eta = 1{,}05 - 0{,}8 \cdot \frac{h}{h_1} \tag{88}$$

Ezek szerint a négyzetes keresztmetszetű rúd hengerlésekor a hengerlés nyomatékát az

$$M = \eta \cdot F \cdot k_k \cdot r \tag{89}$$

és a hengerlés erőszükségletét az

$$L = \eta \cdot F \cdot k_k \cdot v_k \tag{90}$$

egyenlettel kell kiszámolni.

A 90. egyenlet lóerőben kifejezve:

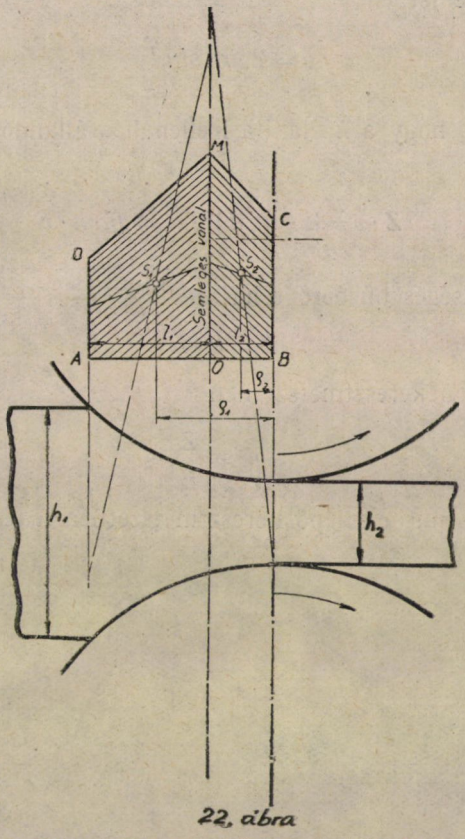
$$N = \eta \cdot \frac{F \cdot k_k \cdot v_k}{75} \tag{91}$$

A hengerlés nyomatékának és erőszükségletének kiszámításánál abból a feltevésből indultunk ki, hogy az alakítási ellenállás a nyomott felület mentén állandó. Azaz a nyomatékot és az erőszükségletet a közepes alakítási ellenállás (k_k) segítségével számítottuk ki. Gyakorlatilag ez a legegyszerűbb út. Ha azonban a k alakítási ellenállást a nyomott felület mentén a valóságnak megfelelően változónak tekintjük, akkor a hengerlési nyomaték kiszámítására, első megközelítésben, a 20. ábrát vehetjük alapul. Ennek az ábrának alapján a hengerlési nyomaték:

$$M = 2 \cdot \left(\frac{k_{f,1} + k_{max}}{2} \cdot b \cdot l_1 \cdot \varrho_1 + \frac{k_{f,2} + k_{max}}{2} \cdot b \cdot l_2 \cdot \varrho_2 \right) \tag{92}$$

Ebben a képletben $k_{f,1}$ a hengerelt darab alakítási szilárdsága a szúrás előtt, $k_{f,2}$ a szúrás után, k_{max} a legnagyobb alakítási szilárdság a nyomott felület mentén, b a hengerelt darab szélessége, l_1 a semleges vonaltól a belépési keresztmetszetig eső nyomott felület vetülete a hengerlés irányában, l_2 a semleges vonaltól a kilépési keresztmetszetig terjedő nyomott felület vetülete a hengerlés

irányában. ϱ_1 az *AOMD* trapéz S_1 súlypontjának, ϱ_2 az *OBCM* trapéz S_2 súlypontjának a hengerek tengelye által meghatározott síktól való távolsága, azaz ezen trapézek súlypontjának karja (22. ábra). A 89. és a 92. egyenlet csaknem egyenlő számított értékeket ad, amelyek a kísérleti eredménnyel is jól egyeznek.



22. ábra

Ha egy négyzetes keresztmetszetű darab alakítása olyan módon történik, hogy a darabot egy szabadon futó síma hengerpár hengerrésén áthúzzuk (23. ábra), akkor az alakítás erőszükségletét a következő egyenlettel fejezhetjük ki:

$$dZ \cdot v = 2 \cdot dV \cdot v_\varrho \tag{93}$$

Ebben az egyenletben Z az elemi húzó erő, amely v sebességgel húzza a darabot a hengerrésen keresztül.

$$dV = dN \cdot \cos\frac{\varphi}{2} \cdot k \cdot b \cdot r\, d\varphi \cdot \cos\frac{\varphi}{2} \tag{94}$$

v_ϱ a df felületelem sebessége a ϱ sugárú körön az O_1 középpont körül:

$$v_\varrho = v_k \cdot \frac{\varrho}{r} \tag{94}$$

ha feltételezzük, hogy $v = v_k$-val a hengerek kerületi sebességével. Az elemi erőszükséglet tehát így is felírható:

$$dZ \cdot v = 2 \cdot dV \cdot v \cdot \frac{\varrho}{r} \tag{95}$$

Ebben az egyenletben

$$\varrho = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

így ha feltételezzük, hogy a k alakítási ellenállás állandó a nyomott felületek mentén, akkor

$$Z \cdot v = 2 \cdot \int_0^a dV \cdot v_\varrho = F \cdot k \cdot v \tag{96}$$

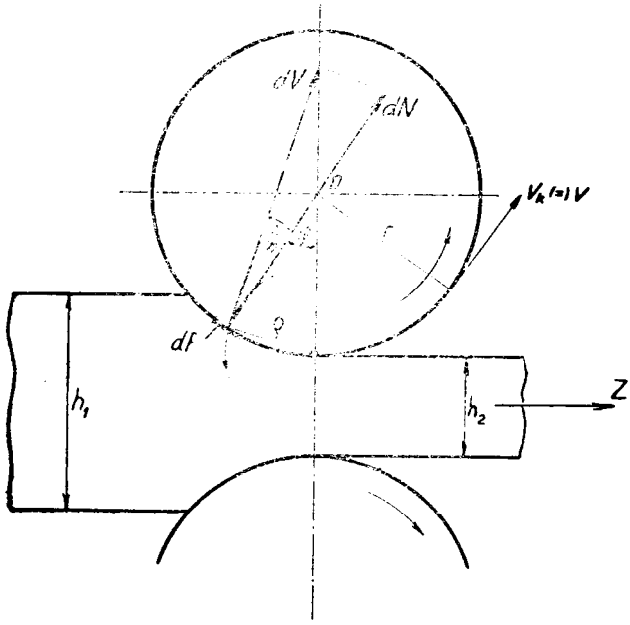
Az alakításhoz szükséges húzóerő tehát

$$Z = k \cdot F \tag{97}$$

A Z húzóerő a kilépő keresztmetszetben

$$p_2 = \frac{Z}{f_2} \tag{98}$$

feszültséget ébreszt, míg a belépő keresztmetszetben a feszültség zérus.



23. ábra

Első megközelítésben a közepes alakítási ellenállás a megmunkálás alatt levő darabrészben

$$k = k_f + (\sigma_3 - p) \tag{99}$$

ahol p-t közepesen

$$p = \frac{Z}{2 \cdot f_2} \tag{100}$$

-nek vehetjük.

Minthogy hengerlésnél

$$k_f + \sigma_3 = k_f \cdot \left(1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v}\right) \tag{81}$$

jelen esetben a közepes alakítási ellenállás első megközelítésben

$$k = k_f \cdot \left(1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v}\right) - \frac{Z}{2 f_2} \tag{101}$$

-nek vehető.

Minthogy továbbá

$$Z = F \cdot k$$

ezt a 101. egyenletbe behelyettesítve és az egyenletet rendezve:

$$k + k \cdot \frac{F}{2 f_2} = k_f \cdot \left(1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v}\right)$$

és ebből

$$k = k_f \cdot \frac{1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v}}{1 + \frac{F}{2 \cdot f_2}} \tag{102}$$

A hengerlés munkaerőszükségletét ez esetben a 91. és 102. egyenlet segítségével lehet kiszámítani.

A gyakorlatban a hideghengerlésnél legáltalánosabb eset az, amikor a darab a hengerlés irányában húzást kap, és egyidejűleg a hengerek is meg vannak hajtva.

Hengerlésnél a folyás feltétele, mint láttuk

$$k_f = \sigma_1 - \sigma_3 = k - \sigma_3$$

ebből az alakítási ellenállás

$$k = k_f + \sigma_3$$

Ha működik egy olyan Z húzóerő, amely a hengerek közül kifutó szalagot a 24. ábra szerint terheli, és ez a hengerrésen belül közepesen

$$p = \frac{Z}{2 \cdot f_2} \tag{103}$$

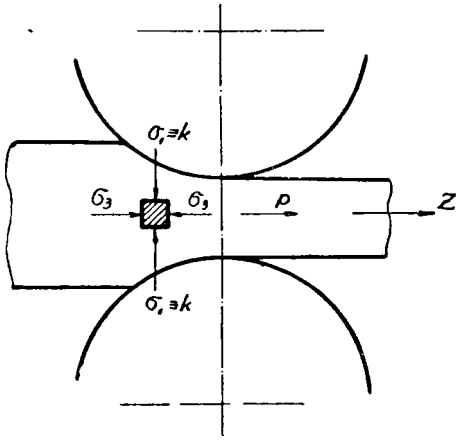
feszültséget létesít, amely a közepes k ellen dolgozik, akkor írható, hogy

$$k_f = \sigma_1 - (\sigma_3 - p) = k - (\sigma_3 - p) \tag{104}$$

Ebből a közepes alakítási ellenállás első megközelítésben:

$$k = k_f + (\sigma_3 - p) = k_f \cdot \left(1 + 5.5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt{v}\right) - p \tag{105}$$

Eddigi vizsgálataink során tulajdonképpen a hengerlésnek egy határesetével foglalkoztunk. Azzal a határesettel, amikor a hengerek átmérője a



24. ábra

tengely mentén állandó, azaz a hengerek alkotói egyenesek. Mihelyt a hengerek alkotói akárcsak a legkisebb mértékben is eltérnek az egyenestől, az alakváltozásból eredő nyomófelület-növekedéssel kapcsolatos súrlódási munkán kívül (amely az alakítási ellenállás növekedésében nyilvánul), fellép a nyomó-

felület mentén egy olyan súrlódási munka, mely az alakítási ellenállás képletében már nincs kifejezve. Ha például olyan hengerek között, illetőleg olyan üregben hengerelünk, amilyen a 26. ábrán van ábrázolva, akkor a darab nem fog sem

$$v_1 = 2 r_1 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{60}\right), \qquad \text{sem} \qquad v_2 = 2 r_2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{60}\right)$$

kerületi sebességnek mégfelelő sebességgel kilépni a hengerek közül (n a hengerek fordulatszáma), hanem egy valamilyen v hengerlési sebességgel, amely a v_1 és v_2 közé esik.

$$(v_1 < v < v_2)$$

Tegyük fel azt a szélső esetet, amikor a darab v_1 sebességgel lép ki a hengerek közül! Ekkor a hengereknek az r_2-hoz tartozó keresztmetszete hengerlés közben $\Delta v = v_2 - v_1$ sebességgel csúszik előre a darabon. Fordítva, ha v_2 sebességgel lép ki a darab az üregből, akkor az r_1 átmérőjű henger keresztmetszete $\Delta v = v_2 - v_1$ sebességgel visszamarad a darab felületén.

Ha a kilépési sebesség v, amely v_1 és v_2 közé esik, akkor az 1 és 2 hengerkeresztmetszet kerülete kisebb relatív sebességgel csúszik előre, illetve marad vissza, mint ahogy fentebb a szélső esetekre megállapítottuk. Ezek szerint üregben való hengerlésnél a hengerek felülete mentén keletkezik egy olyan súrlódási munka is, amely megkülönböztetendő az alakváltozásból származó nyomófelület-növekedéssel kapcsolatos súrlódási munkától. A hengerlési munka erőszükségletének kiszámításakor az így fellépő súrlódási munkát a hengerlési alakítási munkához hozzá kell adni. Egyszerűbb üregeknél (rauta, négyzetes, ovál- és gömbüreg) az erőszükségletet ilyen esetekben

$$N = \eta \cdot \frac{F \cdot k \cdot v}{75} + \frac{2 \cdot P \cdot \mu \cdot v_r}{75} N_a + N_s \qquad (106)$$

képlettel lehet kiszámítani. Ebben a képletben F a fogyás, k a közepes alakítási ellenállás, v a hengerlési sebesség, P a hengerre ható nyomás, μ a hengerek felületén fellépő súrlódási tényező (54. képlet), v_r a nyomófelület közepes relatív sebessége a nyomott felületen, amely az üregkerület különböző sebességeiből adódik.

A k közepes alakítási ellenállást, illetve a P hengerre ható nyomást oly módon kell kiszámítani, hogy a darab szúrás előtti és szúrás utáni keresztmetszetét helyettesítjük egy-egy olyan négyszögletes keresztmetszettel, melynek területe és szélessége egyezik a darab befutó, illetve kifutó keresztmetszetének területével és szélességével. A közepes alakítási ellenállást, illetve a hengerre ható nyomást azután úgy számítjuk ki, mintha h_1 magasságú, b_1 szélességű négyszögletes keresztmetszetű darabot hengerelnénk ki h_2 magasságú b_2 szélességű négyszögletes keresztszelvényű darabbá (26. ábra).

A v_r relatív felületi csúszási sebesség egyenlőnek vehető az üreg legkisebb és legnagyobb dolgozó átmérőjének megfelelő kerületi sebességek különbségének felével:

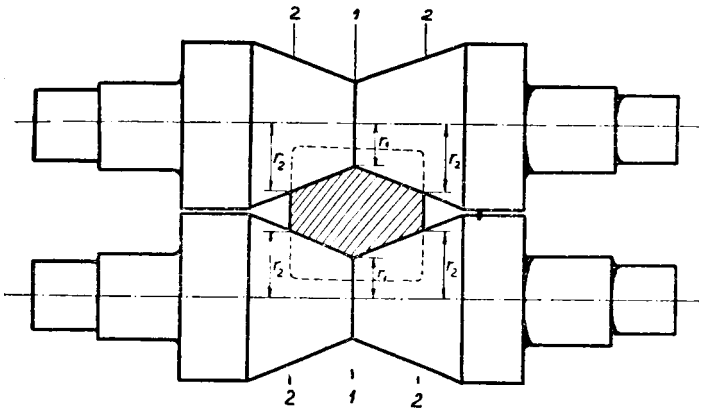
$$v_r = \frac{v_2 - v_1}{2} \tag{107}$$

Ez a maximális érték, v_r ennél általában kisebb

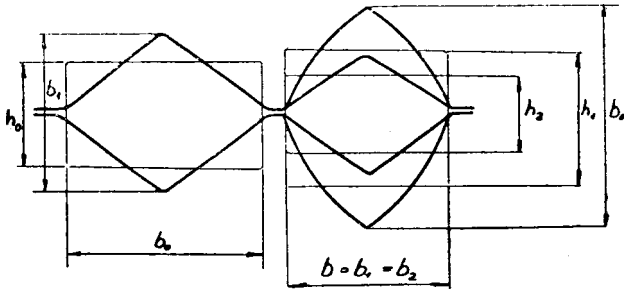
$$v_r = \xi \cdot \frac{v_2 - v_1}{2} \tag{108}$$

ahol $\xi = 0{,}6 \sim 0{,}7$ szokott lenni.

A fentiekben végigszaladtunk a hengerlésnek azokon a problémáin, amelyek a gyakorlat szempontjából érdekesek, illetve amelyekbe a hengerműtervező és a hengerész mérnök lépten-nyomon beleütközik. Bemutattam azokat az elméleti megoldásokat, amelyeket az irodalom, mint gyakorlatilag hasz-



25. ábra



26. ábra

nálhatókat felmutat, és végül bemutattam saját hengerlési elméletemet. Láttuk, hogy az irodalomban található, gyakorlatilag valóban használható módszerek — majdnem kivétel nélkül — empirikus alapokra épültek fel, ami egyrészt meghatározza tudományos értéküket, másrészt gyakorlati felhasználhatóságuknak is korlátot szab. Igyekeztem megmutatni, hogy az én hengerlési elméletem a gyakorlati tervező és a hengerész mérnök szükségleteinek figyelembevételével, lehetőleg egyszerű, könnyen áttekinthető módszerek alkalmazása mellett épült fel. Ez az elmélet egységes egészet alkot, minden probléma egymásba kapcsolódik, egymásból folyik, úgyhogy, aki ezt az elméletet használja, azonnal tisztában van a különböző jelenségek és a jelenségeket befolyásoló tényezők összefüggésével. Az itt közölt hengerlési elmélet, mint azt már máshol bemutattam, eredményesen terjeszthető ki a Mannesmann-rendszerű csőhengerlésre is.[39])

Hengerlési elméletem gyakorlati használhatóságát máshelyütt példákkal már sokszor bebizonyítottam. Ez előadás keretében először napvilágot látott új eredményeim (az előrecsúszás kiszámítása, a feszültségeloszlás kiszámítása a hengerrésben, a hengerlés erőszükségletének és nyomatékának kiszámítása abban az esetben, amikor az alakítási ellenállást változónak vesszük a nyomott ív mentén) gyakorlati értékét bizonyító rendkívül sok adat rövidesen napvilágot lát az Acta Technica Hungaricában[40], az Akadémia Műszaki Közleményeiben és a Bányászati és Kohászati Lapokban.

Irodalom Geleji Sándor előadásához:

1. *Gallai I. Sz.:* Matyerialji po Tyeorii Prokatki. (A hengerlés elméletei. Nemzetközi irodalmi ismertető.) Moszkva, Metallurgizdat, 1948.

2. Z. f. das Berg-Hütten und Salinenwesen Preussens, 1874. 210—220..

3. Mitt. Kais. W. Inst. Eisenforschung, Düsseldorf, és 12 (1930) 149—159.

4. *I. Puppe J.:* Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfes an Walzwerken, Düsseldorf, 1909. — Unrersuchungen über Walzdruck und Kraftbedarf, Düsseldorf, 1913.

5. Stahl und Eisen 31 (1911). 1706.

6. Bány. Koh. Lapok, 1917. 549. 853. 912.

7. Z. f. angew. Math. Mech. 5 (1925) 139—141.

8. St. u. E. 43 (1923) 1295/98. St. u. E. 50 (1930). 1769 1775. — *Siebel E.* Die Formgebung im bildsamen Zustande, Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1932.

9. *Trinks W.:* Roll Pass Design, I., II. Cleveland, 1933 (34/37).

10. *Celikov A. I.:* Metallurg. Moszkva No. 6. (1939). 61.

11. Appl. Mech. v. 6. No. 2. 1939.

12. *J.* Mech. Eng.*F.* 150. (1943). 140.

13. Z. f. angew. Math. u. Mech. 9. (1929). 454—465.

14. St. u. E. 50 (1930) 1769—1775.

15. Z. f. Angew. Math. u. Mech. 5 (1925) 139—141.

16. Mitt. d. Kais. Wilh. Inst. f. Eisenforsch. Düsseldorf, 11 (1929) 73—85. Mitt. d. K. W. Inst. f. Eisenfg. Düsseldorf, 12 (1930), 149—159.

17. Stahl. u. Eisen, 36 (1916) 10—17.

18. *Vereinigte Kugellagerfabriken,* Berechnung von Walzdruck stb. Kugellager Z. 1930. 30—48.

19. Jerkont. Ann. 111 (1927) 39—97.

20. *Cotel E. és Pattantyus Á. I.:* A hengerlési munka meghatározása. A Magy. Mérnök és Építész Egyl. havi füzeteinek 1929. évi 5—6. száma.

21. *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükségletek meghatározása számítás útján. Mérn. Továbbk. Int. kiadása, Budapest, 1948.

22. St. u. E. 15 (1943) 295—301.

23. Sheet Met. Ind. T. 23 (1946), 1699, 1901, 1919 T. 24 (1947), 299. 310, 531, 540, 753, 1155, 1352, 1366, 1563, 1580, 1769, 1782. T. 23 (1946) 677. 696. 883. 1097.

24. *Trinks W.:* Roll Pass Design, Penton Publ. Co. Cleveland, Ohio, 1941. 49. old.

25. *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükségletek meghatározása számítás útján. Mérn. Továbbk. Int. kiadása 1948. Budapest. 33—40. old.

26. Irodalmi adatok szerint $\varphi = 5\,000$—$10\,000$ kal/m^2 C^0 óra (=) 1,4 kal/m C^0 mp. *W. Lueg:* Die Wärmeübergangszahl bei der Berührung fester metallischer Körper. Abn. 416. d. Kais. W. Inst. f. Eisenfg. 1941. Bd. XXIII.

27. *Trinks W.:* Roll Pass Design, Vol. I. 49. old. (Effect of Temperatur of Bar on Strength and Spring of Rolls) Penton Publishing Co. Cleveland, Ohio, 1941.

28. *Geuze L.:* Traité théorique et pratique du laminage du fer et de l'acier, Paris, 1900. Mémoire sur l'écoulement des corps solides. Paris 1921.

29. *Siebel E.:* Die Formgebung im bildsamen Zustande. Düsseldorf, 1932.

30. Z. f. Metallkunde 19 (1927.) 225—231.

31. Mitt d. Kais. W. Inst. f. Eisenf. Düsseldorf. 12 (1930) 225—244.

32. Z. f. Metallkunde 1927. 189—195.

33. *Siebel E.:* Die Formgebung im bildsamen Zustande. Düsseldorf. 1932.

34. *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükségletek meghatározása számítás útján. Budapest. 1948. 17. old.

35. *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükségletek meghatározása számítás útján. Budapest, 1948.

36. Acta Technica, Hungarica 1950. 1.

37. Acta Technica, Hungarica 1950.
Schweizer Archiv, 1947, No. 11.
Technika, 1946. 248. sz.

38. Acta Technika, Hungarica 1950. 1.

39. *Geleji S.:* A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükséglet meghatározása számítás útján. Budapest, 1948.

40. *Geleji S.:* Acta Technica Hungarica 1950. 1.

HOZZÁSZÓLÁSOK GELEJI SÁNDOR ELŐADÁSÁHOZ

PATTANTYUS A. IMRE kohómérnök

Dr. Geleji professzor végigvezetett bennünket a különböző elméleteken, melyeket a hengerlés művelete alatt az anyagban keletkező feszültségeknek, a fémek alakításával szemben fellépő ellenállásoknak és az ezeket egyensúlyban tartó erőknek kiszámítására Karl Fink óta a mai napig kidolgoztak és örömmel láttuk, hogy e problémák megoldásán mennyi magyar kutató dolgozott.

Az a fejlődés, amely a legutóbbi évtizedek alatt a technika minden ágát előrevitte, a hengerlés módszereit is korszerűsítette. Az egyik oldalon a villamos meghajtások legváltozatosabb berendezései, az ezeknél alkalmazható szabályozó és mérőberendezések — a sebességeknek hatalmas megnövelése mellett — a folytatólagos meleg sorokkal az egy tűzből való kihengerlés lehetőségeit fokozták fel; a másik oldalon azonban a hideg hengerlés módszerei is nagy területet nyertek.

Ennek ellenére a hengerlés elméletében még ma is sok olyan kérdés van, amelyre megnyugtató feleletet adni nem tudunk. Sok szívós munkára, sok nagyüzemi kísérlet módszeres megejtésére és az eredmények szisztematikus kiértékelésére lesz még szükségünk, hogy a nagy számok törvényszerűségeit kutatva fényt derítsünk azokra a még homályos kérdésekre, melyeket matematikai módszerekkel megközelíteni majd csak akkor tudunk, ha a törvényszerűségek kiértékeléséhez szükséges mérési adatok a rendelkezésünkre fognak állani. A kísérleteket azonban csak akkor lehet módszeresen irányítani és tervtervszerűvé tenni, ha olyan hengerlési elméletből indulunk ki, amelynek alapján körvonalazni tudjuk a felkutatásra váró területeket, és szabatosan meg tudjuk fogalmazni azokat a kérdéseket, amelyekre választ akarunk kapni.

Dr. Geleji professzor könyvében és számos tanulmányában, mely a fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és munkaszükséglet kiszámításának elméletével foglalkozik, teljes összhangba hozza ezt a hengerlés alapelveire felépített elméletet az e téren eddig végzett kísérletek mérési eredményeivel.

Saint Venant, Riedel, Siebel, Pomp, Pavlov, Kármán, Nádai és más tudósok a fémek alaptulajdonságaiból indultak ki a képlékeny és rugalmas anyagok alakváltozásainak kutatásánál. A nyomó és húzó igénybevételek nyomán ébredő feszültségeket, az anyagban az alakítással szemben fellépő ellenállásokat, az ezek legyőzéséhez szükséges erőket és az anyagvándorlás lefolyását a különböző technológiai műveleteknél nagy területen felderítették, de azért elméleteik mégsem adnak a gyakorlati mérnök kezébe olyan eljárást, melyet közvetlenül

fel tudna használni azoknak a feladatoknak a megoldásához, melyekkel a gyakorlati életben egy tömeggyártásra berendezett üzemben a fémek alakításánál találkozik.

Viszont *Puppe* 1909. és 1913. évi klasszikus nagyüzemi kísérletsorozatával csupán a *meleg*-hengerlés erő- és munkaviszonyait tárta fel. Az ezekre a mérési statisztikai eredményekre felépített képletek és diagrammok talán már hozzáférhetőbbek az üregező szerkesztő és a termelő üzemi mérnök számára, de ezek is csak szűkebb keretek között érvényesek anélkül, hogy a hengerlés elméleti alapjaiba mélyebben belehatolnának.

E két módszer közötti űrt kívánta áthidalni dr. Geleji Sándor professzor. Kétévtizedes munkájának eredményeképen kaptuk ezeket a részben ma itt bemutatott módszereket, melyek azonban nemcsak a vázolt feladatok megoldására adnak útmutatást, hanem a fémek képlékeny alakításánál fellépő erőkkel és teljesítményekkel kapcsolatban minden hasonló számítás megejtésére alkalmasak.

Dr. Geleji a fémek képlékeny alakítása közben fellépő erők kiszámításánál az alakváltozást létesítő terhelő erő és az ezzel szemben az anyagban ébredő belső ellenállás, valamint a szabad alakváltozást akadályozó külső súrlódó erők egyensúlyából indul ki.

Az alakítási ellenállás szabatos meghatározása minden hengerlési elmélet első feladata. Ehhez ismernünk kell az alakításra kerülő anyag folyási határát, mert maradó alakváltozást csak ennél nagyobb hengerlési nyomás alatt kaphatunk.

Az ipari fémek szilárdságát és folyási határát sok neves kutató vizsgálta és ezekre szabatos kísérletsorozatok eredményeképen az irodalomban számos adatot találunk, melyek növekedő hőmérséklet mellett erősen csökkenő értéket mutatnak. Az alakításhoz szükséges nyomás kiszámításához tehát feltétlenül ismernünk kell a munkadarabnak a *hőfokát*, amellyel a hengerek közé fut.

Geleji módszere, amelyet a hengerlés egész lefolyása alatt a munkadarab lehűlésének a kiszámítására ad, az irodalomban található hasonló célú számítási módok között a legegyszerűbb és a legjobb.

Hasonló elv alapján számítottuk ki rajztermi gyakorlatainkon a hűtőpadra kifutó hengerelt rudak lehűléséhez szükséges időt, de a hengerlési folyamat egyes fázisaiban a munkadarab hőfokának szabatos kiszámítását dr. Geleji illesztette bele először hengerlési elméletébe. És azzal, hogy a kihengerlés teljes periódusát 30 másodperces szakaszokra bontva vizsgálja a hőfok csökkenését és ehhez grafikont ad, könnyen áttekinthető, gyors és gyakorlati értékű módszert kaptunk a hőfokok előre való kiszámításához.

A hőfok ismeretében a munkadarab nyomó szilárdságát már meg tudjuk határozni az egyes szúrásokhoz, s így a további számításhoz az alakítási ellenállás alaptényezője ismeretes. A másik alaptényező, amely az alakítási ellenállás nagyságára befolyással van az alakváltozás *sebessége*.

Ez nehezen vonható be a számításba, mert az anyagvándorlás dinamikájáról még nagyon keveset tudunk.

Hennecke a nyújtókovácsolással végzett kísérleteivel [1] igazolta a deformáció sebességének nagy jelentőségét.

Hasonló célú kísérleteket végzett *Nádai*[2]. a hengerlési sebesség befolyásának megállapítása végett.

Mindketten a munkadarab viszonylagos magasságcsökkenésének a sebességével fejezték ki az alakváltozás sebességét:

$$u = \frac{V_h}{h_1} \text{ 1/sec,}$$

hol *Vh* mm/sec sebesség *h* irányában, h_1 a darab magassága a szúrás előtt. A nyújtókovácsolásnál 1000° C hőmérséklet felett a lassú, vagyis a sztatikus alakváltozásnál mérhető 6 kg/mm² alakítási szilárdság a dinamikus alakítás alatt lágy acéloknál 15 kg/mm²-re, keményebb acéloknál 25 kg/mm² értékre növekedett. Ugyanilyen relatív sebességnövekedés és hőfok mellett *Nádai* lágy acélok hengerlésénél a nyomószilárdság megnövekedését csaknem ugyanolyan nagynak találta; e szerint az

$$u = \frac{V_h}{h_1} 100 = 10\%/\text{sec}$$

másodpercenkénti relatív magasságcsökkenésénél mért 6 kg/mm² nyomószilárdság 10 000%/sec mellett 17 kg/mm²-re nőtt.

Ezen az alapon vonja be a számításba a sebességet *Ekelund* svéd kutató is.

Hideg alakításnál a nagyobb alakítási sebesség befolyása nem ennyire jelentős; még a legnagyobb sebességeknél sem találtak 50%-kal nagyobb nyomó szilárdságot, mint a lassú hengerlésnél.

Dr. Geleji empirikus alapon a hengerek kerületi sebességének negyedik gyökével számol. Ezt a kilépő szelvénymagassághoz viszonyítja:

$$\frac{\sqrt[4]{v}}{h_2}$$

A hengerlésnél használatos sebességhatárok között ezzel az értékkel a kísérleti eredményekkel összhangban levő eredményekhez jut.

Celikov professzor, Sztálin-díjas kutató a meleghengerlésnél *Nádai* és *Ekelund* számítását ajánlja, míg a hideghengerlésnél a sebességtényezőt a hengerek kerületi sebességének és a hengerátmérőnek viszonyától, vagyis a hengerek

$$\frac{V}{d} = \omega \text{ 1/sec}$$

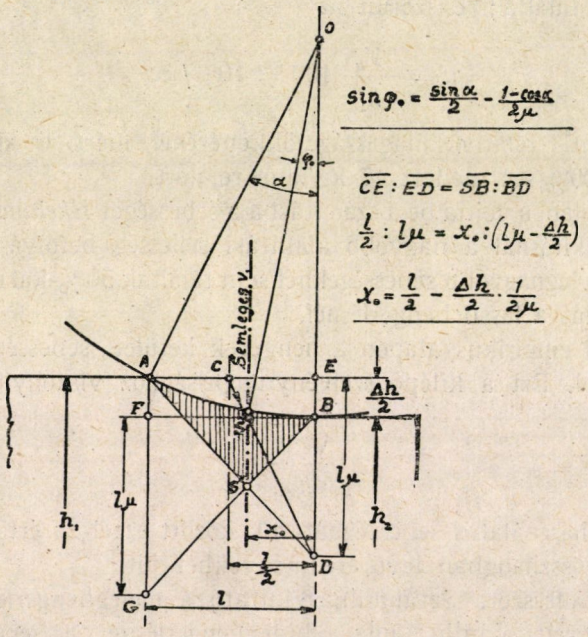
szögsebességétől függően 1 és 1,5 közötti értékkel vonja számításba [3].

A hengerlésnél az alakítási ellenállás értékének kiszámításához még a munkadarab és a hengerek között fellépő *súrlódás* tényezőjét kell helyesen felbecsülnünk, mert ez okozhatja a legnagyobb eltérést a számított és a kísérletileg nyert értékek között.

A hengerek közé befutó darab súrlódását, mely a jó áthúzást biztosítja, régebben olyan hasznos tényezőnek vették, amelynek csökkentésére nem is törekedtek, míg *Kármán*, majd *Siebel* és még többen rá nem mutattak arra a nagy feszültségnövekedésre és a feszültségeknek arra az egyenlőtlen elosztására, amelyet a feleslegesen nagy súrlódás a hengerek között okoz. Ennek egyik jelensége az az előrecsúszás, melyet dr. Geleji hengerlési elméletével oly logikusan vezet le a semleges sík előtti és mögötti feszültségek vízszintes irányú nyomásából.

Ennek a semleges síknak helyzete mértékadó a hengerrésben fellépő legnagyobb alakítási ellenállás csúcsértékére, mely dr. Geleji grafikus módszerével rendkívül gyorsan kiszámítható.

Ezt a szerkesztést egészítem ki egy módszerrel, amely a semleges vonal helyzetének gyors meghatározására szolgál. (1. ábra.)



1. ábra.

A semleges vonal helyzetét a következő összefüggés alapján a φ_0 szög határozza meg:

$$\sin\varphi_0 = \frac{\sin\alpha}{2} - \frac{1-\cos\alpha}{2\mu}$$

r sugárral szorozva kapjuk:

$$r \sin \varphi_0 = X_0$$

$$\frac{r \sin \alpha}{2} = \frac{l}{2}$$

$$\frac{r(1 - \cos \alpha)}{2\mu} = \frac{\Delta h}{4} \cdot \frac{1}{\mu} \quad \text{tehát:} \quad X_0 = \frac{l}{2} - \frac{\Delta h}{4} \cdot \frac{1}{\mu}$$

Az 1. ábrában $\overline{AE} = l$, $\overline{CE} = \frac{l}{2}$, $\overline{DE} = \mu l$, $\overline{BE} = \frac{\Delta h}{2}$

A keresett $Xo = \overline{SB}$, melyet úgy kaptunk, hogy μl hosszat $\overline{OB}$ meghosszabbításában E pontból lemérjük, D pontot összekötjük AE felében fekvő C ponttal; $\overline{CD}$ és $\overline{FB}$ egyenesek S metszés pontjában húzott függőleges a semlegesvonal, mert

$CED\ \Delta \sim SBD\ \Delta$, tehát

$$Xo = \frac{l\left(\mu l - \frac{\Delta h}{2}\right)}{2\mu l} = \frac{l}{2} - \frac{\Delta h}{4} \cdot \frac{1}{\mu}$$

Ha $\mu l = \overline{FG}$ távolság G pontjából B ponthoz egyenest húzunk, akkor ennek $\overline{AD}$ egyenessel képzett S' metszéspontja az SS' semlegesvonalba esik. $AS'B\ \Delta$ azt a csúszási éket ábrázolja, amely a henger-nyomás hatása alatt a munkadarabban támad és amely mintegy behatol a darab belsejébe, kiszorítja helyükből a szomszédos részecskéket úgy, hogy ezek az ék felületén lecsúsznak. A BS felületen lecsúszó darab ennek hatása alatt a henger kerületi sebességénél nagyobb sebességgel lép ki a hengerek közül és ez idézi elő az *előrecsúszás* jelenségét, melyet *Cotel Ernő* professzor már 1908. évben részletesen leírt a *Stahl u. Eisen*-ben.

Az ábrából látható, hogy a μ súrlódási tényező nagyobbodásával az Xo közelebb kerül $\frac{l}{2}$-hez, a BS' felület nő és az előrecsúszás is nagyobb lesz.

Dr. Puppe megállapítása szerint, ha $\frac{\Delta h}{h,} < 0{,}16$, előrecsúszás már nem léphet fel. Ugyanígy, ha a hőfok 1160° C-nál nagyobb, akkor az acél már annyira lágy, hogy a csúszási ék nem tud kifejlődni és nincs előrecsúszás.

A közepes alakítási ellenállás annál nagyobb lesz, minél nagyobb a hengerrésben kialakuló legnagyobb feszültség, melynek értéke a belső és külső súrlódások nagyobbodásával arányosan nő.

A hengerlés munkaszükségletét tehát erősen növeli a belső és külső ellenállás nagyobbodása; másrészt a hengerek közötti résben jelentkező feszültség-

egyenlőtlenségek további feszültséghalmozást okoznak a munkadarab anyagszerkezetében.

A hengerlésnél fellépő közepes alakítási ellenállás nagy sebességnél és erős nyomásnál nagy súrlódás mellett az anyag hengerléselőtti nyomószilárdságának 4—5-szörösét is elérheti; a hengerrésnek semleges vonalában ébredő pillanatnyi feszültségcsúcs pedig még ezt az átlagos feszültségértéket is túllépheti 50—60%-kal.

Az ilyen feszültségcsúcs okozta nagy igénybevétel az anyag belső szerkezetét is megbonthatja, azaz repedéseket okozhat.

A belső feszültségek és a külső súrlódás tehát azok a tényezők, amelyek csak becsléssel vonhatók be számításainkba. Ezért nem lehet az egyes kutatók kísérleteiből kiindulva teljesen megbízható empirikus eredményekhez jutni. Ezt *dr. Puppe* maga is megállapította 1913. évi nagy munkájában, amikor azt mondja, hogy »az egyes szúrások súrlódási veszteségeit nem lehet pontosan kiszámítani, főleg azért, mert a súrlódási tényező a hengerműben adódó körülmények között oly rendkívül nagy határok között ingadozhatik, hogy az egyes szúrásokhoz tartozó értékét még megközelítő pontossággal sem lehet számításba vonni; ezért csaknem lehetetlennek látszik a deformációs munkának ezen az úton való pontos megismerése«.

A súrlódási tényezőt *Pavlov* meleghengerlésnél a $t°$ C hőfoktól függően:

$$\mu = 0{,}55 - 0{,}00024\ t°$$ átlag értékkel;

míg *Ekelund*

$$\mu = 1{,}05 - 0{,}0005\ t°$$

értékkel vonja számításba; ez utóbbi kb. 70%-kal nagyobb.

Ilyen tág határokat talált *Rokotján* a hideg hengerlésnél is. Kísérletei szerint a súrlódási tényező száraz hengerfelület mellett acélnál és alumíniumnál középértékben

$$\mu = 0{,}2 - 0{,}3,$$

sárgaréznél

$$\mu = 0{,}12 - 0{,}15$$

értékre vehető. Nagyobbodó sebességeknél a súrlódási tényező általában kisebbedik.

A hengerfelületek kenésével a súrlódási tényező ez értékek felére, sőt egyharmadára csökkenthető.

Ugyanilyen ingadozásokat okozhatnak a nyomó szilárdság értékénél az anyagban ébredő belső feszültségek, amelyek egészen másképpen jelentkeznek a meleg és a hideg alakításánál.

A meleghengerlést és a hideghengerlést egymástól a rekrisztállizációs hőmérséklet választja el.

A fémek hideghengerlésénél a folyási határon túlmenő nyomás hatása alatt lép fel a maradó alakváltozás, amikor a fémkrisztállit-részek a csúszási síkok irányában elmozdulnak.

A krisztállitok azonban különböző orientációjúak, lapjaik viszonylagos elhelyezkedése folytán tehát a csúszási síkjaik részben párhuzamosak, részben nem. Így egyes kristálykockák csúcsai a szomszédos lapok közé ékelődnek be és ezek nagyobb feszültséget keltenek, mint azok a krisztállitrészek, melyek a párhuzamos lapokon, a kisebb ellenállás irányában elcsúszva könnyebben rendeződhettek el. Ez a feszültségnövekedés a fém *keményedésében* nyilvánul meg és ennek folytán az anyag ellenállása az alakváltozással szemben megnő, tehát a hengerlés következő szúrásánál ugyanolyan alakváltozáshoz az előzőnél nagyobb alakító erőre lesz szükségünk.

Ugyanolyan keresztmetszetcsökkenés mellett a keményedés annál nagyobb, minél egyenlőtlenebb a kihengerlendő darabot alakító nyomóerő eloszlása a henger felületén. Tehát idomhengerlésnél, ahol erős bordasúrlódások mellett egyes szelvényrészek erősebb nyomást kapnak, míg más részek szabad szélesedés mellett alig kerülnek nyomás alá. Ily esetekben még a *rugalmas utóhatással* is számolnunk kell, mert ilyen egyenlőtlen nyomáseloszlás mellett egyes krisztállitrészecskék alakváltozása a rugalmassági határon belül marad és ezek igyekeznek, a nyomás alól kifutva, azonnal lefoglalni eredeti helyüket és nyomják a deformált krisztállitokat, amelyek a nyomás elől kitérni igyekeznek. E részecskék a metasztabilis állapotból a sztabilitás felé törekszenek és ez az utólagos feszültségkiegyenlítődés a keményedés némi csökkenésével jár.

Kisebb feszültségnövekedést okozhat még az is, ha a hengerlendő ötvözetben a szívós fázis alapanyagába ágyazódik be a ridegebb fázis: így például csak a lágy ferrit kristályok deformálódnak a nyomás alatt, míg a kemény perlit kristályok csaknem eredeti alakjukban helyezkednek el az ellapított ferritben.

Lágyításkor a fémek szövetében a rekrisztállizációs hőfokon felül a deformált krisztállitok helyett szabályos krisztállitok képződhetnek; így az egyensúlyi állapot helyreáll és a feszültségek kiegyenlítődésével a fém az alakítás-előtti szövetét és szilárdságát visszanyeri.

A meleghengerlésnél a rekrisztállizációs zóna feletti nagy hőfok mellett a keményedés után nyomban jelentkezik a lágyulás is, ha az ehhez szükséges idő rendelkezésre áll. Folytatólagos gyors sorozatoknál, ahol az egyik üregből kilépő darab azonnal a következő hengerpár nyomása alá kerül, ezért az alakítási ellenállás értékelésekor a meleghengerlésnél is számolni kell keményedéssel.

Egyébként a nagyobb hőfokú, lassú meleg hengerlésnél legtöbbször már alig észlelhető az alakítás fokával növekedő keményedés. A nyomószilárdság tapasztalt nagyobbodása a darab lehűlésének kísérője, mely csaknem lineárisan nő a hőfok csökkenésével arányosan, csupán a rekrisztállizációs zónában, 900° és 800° C között van a szilárdsággörbének egy kis behorpadása a γ-kristályoknak α-kristályokká való átalakulását jellemezve.

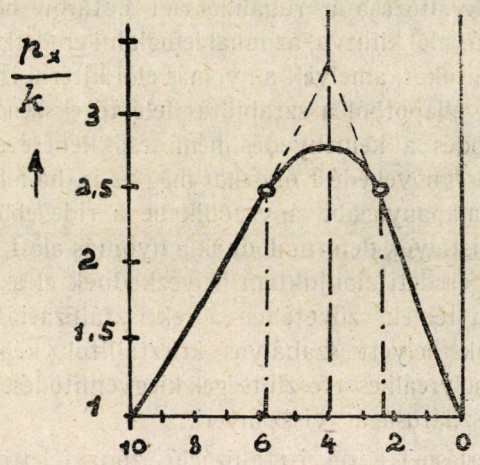
A nyomószilárdság csökkenését emelkedő hőfoknál a fémek belső szerkezetének lazulása indokolja. Az anyagrészecskék kohéziója kisebbedik, a rugalmasság megszűnik, a képlékenység nő és a belső súrlódási jelenségek a nagy

viszkozitású folyadékokéhoz hasonló törvényszerűségeket mutatnak. A csúsztató feszültség a szívós folyadékoknál:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} \text{kg/mm}^2,$$

eszerint a feszültség az η szívósséggal és az egymáson elcsúszó rétegek sebességével arányos. Az anyagrészecskék egymáson való elcsúszása a hengerlési nyomás alatt símábban folyik le, ennek megfelelően a hengerrésben a feszültségcsúcs ellaposodik és a semlegesvonal is elmosódik.

Celikov, Sztálin-díjas professzor a fentiek megvilágítására a hengerrésben fellépő p_x pillanatnyi feszültségek viszonyát k közepes alakítási ellenálláshoz a következőkép ábrázolja:



2. ábra.

A hengerrésben keletkező p_x fajlagos nyomások átlagos értékének kiszámítására pedig a következő összefüggést adja:

$$p_K = n_S \cdot n_V \cdot n_H \cdot \delta_S \text{ kg/mm}^2,$$

hol

δ_S kg/mm² a hengerlendő fém folyási határa
n_S a belső súrlódásnak befolyását mutató együttható
n_V a sebesség « « «
n_H a keményedés « « «

$n_s = 1{,}15$, ha a harmadik főfeszültség elhanyagolható, azaz $\delta_3 = 0$; de értéke ingadozhatik $n_s = 0{,}8$ és 8 *között.*

$n_v = 1$ hideghengerlésnél,

$n_v = 1 - 1{,}5$ meleghengerlésnél az $\omega = \frac{V}{D}$ 1/sec értékétől függően

$n_H = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2\,\delta_1}$ hideghengerlésnél, hol δ_1 kg/mm² nyomószilárdság szúrás előtt

δ_2 « « « szúrás után

$n_H = 1$ meleghengerlésnél.

A becsléssel felvett értékekkel kiszámított eredmények a fentiek szerint *igen nagy szórást mutathatnak.*

Ezzel csak arra kívántam rámutatni, hogy milyen óvatossággal kell kezelni minden olyan számítási eljárást, mely módszerében exakt, de esetleg bizonytalan, önkényesen választott feltételekből indul ki, amelyek csak szűk határok között lehetnek érvényesek.

Ha egy új területre kívánunk behatolni, akkor a kutató mérnök kezében a számítás csak eszköz lehet a probléma megoldásában, éspedig csak tanácsadó, kísérő és ellenőrző eszköz annak a megítélésében, vajjon a vezérgondolata helyes-e. De a számítás soha sem lehet öncél, mert ez mindig az alapul vett feltételektől függ és csak akkor láthatjuk, vajjon helyes volt-e a kiindulásunk, ha a kiszámított eredményeket a tapasztalat igazolja. Mert amit a tapasztalat hozott felszínre, azt egy újabb tapasztalat meg is cáfolhatja.

Dr. Geleji mennyiségtani megoldásának éppen az az egyik legfőbb értéke, hogy a belső és külső erőknek elméletileg helyes összefüggéseiből indul ki és logikusan felépített képleteibe olyan empirikus tényezőt von be, amellyel azok az üzemi kísérletekből kapott eredményekkel jól összevágó értékeket adnak. Ezekkel tehát nyugodtan számolhat a szerkesztő és az üzemi mérnök, mert egy biztonsági faktorral számításba vonhatja a bizonytalanságokat is, amelyekre a belső feszültségek kialakulásánál fellépő jelenségek és a súrlódási tényező erős szórása miatt figyelemmel kell lennünk.

Az eddig végzett hengerlési kísérletekből nem lehet helyes következtetést levonni a súrlódási tényező kialakulására egy rugalmas szilárd test és egy rugalmatlan képlékeny anyag között, mert e kísérletek, melyeket sok kutató különböző időben és helyen sokféle anyaggal végzett, nem is ennek a kérdésnek a felderítésére voltak beállítva. De nem volt olyan hengerlési elméletünk sem, mely egy előre kiszámított mennyiségtani összefüggés feltételezésével irányt szabhatott volna a megfigyelendő jelenségek és a megmérendő értékek felkutatásához.

Ilyen kísérleteknél a tárgyilag helyes alapból kiinduló számítás ad biztos áttekintést; ez ellenőrizhetővé teszi eljárásunkat és rávezet olyan új összefüggésekre, amelyeket empirikus eszközökkel megközelíteni nem tudtunk, illetőleg erre módot nem is kerestünk, mert ilyen összefüggések létezéséről

addig még fogalmunk sem volt. És éppen ez biztosítja a további fejlődést, mert az ilyen módon felderített új összefüggések új irányt mutathatnak a további kísérletekhez.

Csak a tervszerű és céltudatosan irányított és tudományos módszerrel levezetett kísérletek lehetnek alapja a haladásnak. A kísérleteket pedig csak akkor lehet helyesen előkészíteni és céltudatosan levezetni, ha az okok és a feltételezett hatások között előre felveszünk egy határozott összefüggést, melynek valóságáról meggyőződést kívánunk szerezni. A kísérlet útján pedig csak akkor kapunk a természettől gyors és érthető feleletet problémánk megoldására, ha helyesen tettük fel a kérdést.

A kísérletek célja tehát betekintést nyerni az *előre feltételezett összefüggésekbe.* A kísérleti eredmények kiértékelése és ezek alkalmazhatósága a gyakorlati életben pedig igazolhatják, vajjon helyes volt-e a vezérgondolat vagy sem. Az eredmények kiértékelése azután anyagot ad újabb számítási módszerekhez és kiinduló pontja lehet további új ötleteknek.

Ez az élő tudományból táplálkozó haladásnak az útja, mely nem merev tételekből indul ki, hanem a tapasztalatra, a valóságra épít, de a tudomány talajába bocsátja gyökereit.

Meggyőződésem, hogy dr. Geleji professzor elméleti matematikai módszerei is további új kísérletek forrásai lesznek és utat mutatnak olyan kísérletsorozathoz, mely a még mélyebben feltárandó területre: a belső és külső súrlódások kapcsolatára fog újabb fényt deríteni.

A Magyar Tudományos Akadémia nagygyűlése elé terjesztem azt a konkrét javaslatomat, hogy bízza meg dr. Geleji Sándor műegyetemi ny. r. tanárt egy kísérletsorozat megszervezésével, melynek célja és feladata a *meleghengerlésnél a rugalmas henger és a képlékeny fém között fellépő súrlódás tényezőinek megállapítása.*

IRODALOM:

1. *H. Hennecke:* Warmstauchversuche. V. d. Eisenhüttenl. — Werkstoffaussch. Ber. No. 94. 1926.

2. *Nádai:* Journal Appliece Mechanies. 1941. évf. 6. sz.

2. Машиностроение. — Конструирование машин. — Том, 8. *Целиков:* Силовие воздеистбйе в прокатних станах и расхет основних деталей и механозмов главной линии — 874—937.

ÁRKOS FRIGYES kohómérnök :

Az elhangzott előadással kapcsolatban az üzemben dolgozó és annak problémáival közvetlenül foglalkozó mérnöknek néhány gondolatát szeretném elmondani.

A hengerlés mesterségére az első nyomok *Leonardo da Vincitől* származnak. A mai értelemben vett hengerlés azonban alig több 100 évesnél. Ez alatt a 100 év alatt a hengerlőberendezés és a hengerlési műveletek nagy változáson mentek keresztül. A hengerlőberendezések méretezését illetőleg mindig az volt a felfogás, s ez van még ma is általánosan elterjedve, hogy azokat a durva munka és bánásmód miatt robusztusra, erősre kell készíteni, azaz túl kell méretezni. Ennek a felfogásnak elterjedését az segítette elő, hogy nem tudták a hengerlésnél fellépő erőket kiszámítani.

A hengerelt áru méretének pontosságával szemben támasztott mind szigorúbb követelmények azt hozták magukkal, hogy a hengersort is precízebb géppé kellett átalakítani. Ezt a törekvést szolgálta a hengercsapágyazásnál a görgős csapágynak, majd a műgyanta csapágynak a megjelenése, ez viszont előtérbe hozta a hengersorok pontos méretezését lehetővé tevő hengerlési erők megállapításának fontosságát.

Az a törekvés, hogy a hengerlési erőt és a hengerlési munkát megállapítsák, már kb. 80 éves. Az első döntő lépéseket *Hermann* és *Láng* selmecbányai főiskolai tanárok tették.

Az utolsó három évtizedben sok neves kutató s köztük sok magyar is fáradozott azon, hogy a meghatározásra megfelelő megoldást találjon.

A hengerlési erő és a hengerlési munka meghatározásának szükségességét a hengersori berendezéseket gyártó gépészmérnökök és a gyakorlati hengerész mérnökök egyaránt érezték.

A hengersorok méretezésére és a meghajtógépek nagyságának megállapítására a gyártó gyárak mérések alapján empirikus alapon táblázatokat dolgoztak ki. A gyártás még ma is ezek szerint folyik, a hengerlőberendezést túlméretezik. Ezeknek a táblázatoknak az alapján alakult ki a gyakorlat, amely az egyes hengerelt árucsoportok hengereinek, hengerállványának méreteit, valamint az egyes meghajtóberendezések nagyságrendjét megszabja. Ez utóbbi adatok a legtöbb szakkönyvben megtalálhatók, de azért a gyakorlati mérnököt, ha telepítési feladat előtt áll, mégis némi bizonytalanság fogja el. Ezt a bizonytalanságot nem a hengerek és a hengerlőberendezés, hanem a meghajtó motorok nagyságrendjének gondja okozza. A kissé túlméretezett állvány költsége ugyanis csak egyszer, a berendezéskor jelentkezik, de a túlméretezett meghajtó berendezés költségtöbblete állandó: nagyobb az üresenjárásokozta veszteség.

A hengersorokat szállító gyárak a gépek szállításakor megadják a hengerlési tervet, azaz azokat a szelvényhatárokat, amelyeknek hengerlésére a berendezés alkalmas. A gyakorlatban működő hengerészmérnök gyakran kerül olyan

helyzetbe, hogy a megadott méreten felüli szelvényt, vagy olyan idomot kell hengerelnie, amilyent a gyár adta gyártási terv nem ölel fel. Ilyenkor először is azt kell eldöntenie, hogy a hengersoron való hengerlést megkísérelheti-e vagy sem. Ehhez a hengerlési erőnek ismerete volna szükséges. Ha már most gyakorlata érzéke alapján a hengerlés megkísérlése mellett dönt, akkor egy további kérdés merül fel előtte, nevezetesen az, hogy a hengerlést a szelvénynek megfelelő lehető legkisebb szúrásszámmal kísérelje-e meg, vagy a gazdaságosság rovására is kisebb hengerlési erő elérése céljából a szúrásszámot növelje meg. A megnövekedett szúrásszámmal megnövekszik a hengerlési erő és csökken a hengerelt szál hőmérséklete. A csökkenő hőmérséklet növeli az alakítási ellenállást, emiatt növekszik a hengerlési erő, s csökken a szúrásszám növelésének hatása.

A hengerlési erő kiszámítása ilyen esetben igen jó szolgálatot tehetne. A hengerészmérnök számol is. Előveszi a különféle számolási módokat, hogy problémáira megoldást keressen. A többféle számítási mód közül kettőt, hármat is alkalmaz, kutatva, hogy melyik ad egymáshoz közeleső, reá biztonságosnak látszó eredményt. Sajnos azonban ma még a számolás ellenére is nagyobbrészt érzékeire van utalva.

Valószínűleg ilyen gondolatmenet késztette *Wusatovszkyt* arra, hogy a különféle számolási módokat összeegyeztetve, egy közös metódust dolgozzon ki.

Mercader kartárs most végzett egy tervezési feladattal kapcsolatban ilyen számításokat, s az eredményeket rendelkezésemre bocsátotta.

A számítást *Hermann*, *Ekelund* és *Trinks* módszere szerint végezte egy blokk hengersori üregezésre és az eltérések — 5-től 18%-ig terjedőek Hermann és Ekelund és + 30-tól + 250%-ig *Ekelund* és *Trinks* között. Ilyen eltérések mellett a számolás biztonságába vetett remény természetesen nem nyer igazolást. Az *Ekelund*-féle számítás, — melyről az előttem felszólaló *Pattantyus* professzor is említette, hogy *Celikov* szovjet Sztálin-díjas kutató is ajánlja — adja a legmagasabb értékeket.

A számítások értékelésénél azonban más szempontok is szóbajönnek. Az erő kiszámításánál kiinduláshoz felvett alapfeltételek — így pl. az, hogy a négyszögű keresztmetszetű szál a két nem nyomott oldallapján szabadon szélesedhet, azután a hengerlési hőmérséklet önkényes felvétele, de még annak szabályossághoz kötött számolása is és más továbbiak, az egész számolásnak tehát az alapjai — mivel ezeket a gyakorlatban biztosítani nem lehet, az eredményre is a bizonytalanság árnyékát vetik.

Az elhangzott előadás, mely újszerű elméleti számolásra van felépítve, remélem, további fejlődést jelent ezen a téren, s hozzájárul majd ahhoz, hogy a gyakorlómérnök munkáját nagyobb biztonsággal végezhesse.

Az általam elmondottak azt a kérdést vetik fel, hogy ilyen körülmények között az eddigi kutató munka milyen segítséget nyújtott a működő hengerésznek.

Ahhoz, hogy a kutatók a hengerlési erő és a hengerlési munka kiszámolásához megfelelő alapot teremtsenek, a hengerlés megfigyelésére és a hengerlésnél

fellépő jelenségek vizsgálatára volt szükség. Így került beható vizsgálat alá az előresietés, a szélesedés, a hengerlés alatt levő anyagnak a viselkedése a hengerek alatt, azaz az anyag folyása, az anyag szilárdsága, az alakítási ellenállás a hőmérséklet függvényében. Vizsgálat alá kerültek a hengerlésnél fellépő feszültségek, megfigyelés alá került a hengerátmérőnek, a befogás szögének, a hengerlés sebességének, az anyag összetételének stb. a hatása.

Az üregező mérnökökben általában kifejlődik egy érzék, amely a legkényesebb üregezési problémák megoldásánál is átsegíti őket a nehézségeken. A sok kutatómunkának eredményeként ez az érzék tudatossá vált, az egyes üregezéseket számolással elő lehetett készíteni. Az üregszámot csökkenteni lehetett a nyomások növelésével. Kitűnt, hogy a fogyás növelhető a hengerlésnek húzással való párosítása által. Így tudományos kutatás eredménye indította útjára a *Steckel*-eljárást. Megállapították, hogy a nagyobb befogási szög jobban nyújt és kevésbbé szélesít. Ez a megállapítás indította útnak a hengerek vékonyítását. Ezért a hengereknek — mint kéttámaszú tartóknak — először a hosszát csökkentették, majd ezt követte a még tovább vékonyodó hengereknek vastagabb hengerekkel való alátámasztása; ezért következett be a quartok, sexok stb. kifejlődése és az újabban beérkezett hírek szerint az egészen vékony fémkarbid hengerek alkalmazása.

A hőmérséklet hatásának ismerete hozta meg azt a törekvést, hogy lehetőleg magas és egyenletes hő mellett nagy nyomással történjék a hengerlés. Ez a mérettartás egyik feltétele is. Az egyenletes hőmérséklet teszi lehetővé a szélesedés ismeretében a fáncmentes hengerlést. A legnagyobb hűlést a szál a hengereken kívül szenvedi el, ezért ezt az időt csökkenteni törekedtek. Így jutottak el a folytatólagos sorokhoz.

Igen bő felsorolást lehetne még adni azoknak a jelenségeknek, amelyeknek tudományos felderítése vitte előbbre a hengerlést.

Egyet azonban, sajnos be kell ismernünk: még ma is sok tényező hatása felderítetlen. A számtani műveletekkel a hengerlési műveleteknek még csak kis területét ölelték fel. A számolások felvett alapfeltételei — mint már előbb említettem — csak ritkán találhatók meg a gyakorlatban. A hengerlési erő és munka nagysága sok olyan tényezőtől függ, amelyet számolással megfogni még nem sikerült. Ilyenek az üregek fazonos szúrásai, az egyidőben jelentkező többszörös szúrás, a különféle vegyi összetétel szilárdságot változtató hatása, a hengerek változó hőmérséklete stb. Ezeket olyan módon igyekeznek a kiszámolás körébe vonni, hogy mérésből származó empirikus adatokból kiegészítő faktorokat képeznek, s ekként korrigálják az elméleti számolást. Az eddig ismert számolási műveletek emellett nagyobbrészt még hosszadalmasak is, pedig a hosszadalmas számolást gyakorlati mérnök kerülni igyekszik. Az olyan kutató munkát, mint amilyenről most számolt be Geleji professzor, örömmel üdvözli az üzemi hengerész, mert az eddigi hosszadalmas számolásoktól eltérve, új úton kísérli meg a hengerlés elméletének alapjait fizikai és matematikai mód-

szerekkel meghatározni. Reméljük, hogy ezeknek az új módszereknek segítségével a hengerlés műveletébe mélyebb betekintést nyerhetünk, s így munkánkat ezentúl már nem tisztán a gyakorlat kifejlesztette érzékünk irányítja.

ENERGIAGAZDÁLKODÁSUNK IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

HELLER LÁSZLÓ gépészmérnök
előadása, az 1950 november 30-i osztályülésen

Egy ország termelésének gazdaságosságát döntő módon befolyásolja az energiagazdálkodás. Az energiagazdász feladata gondoskodni arról, hogy a termelés által szükségelt energiának mind az előállítása, mind annak az egyes szektorokban történő felhasználása a leggazdaságosabb módon történjék. Ez a feladat két fő szempontból fontos. Az egyik szempont, hogy az olcsón termelt és célszerűen felhasznált energia csökkenti a termelési költségeket, a másik pedig, hogy kíméli a rendelkezésre álló energiakincseket. Ha feltételezzük, hogy a magyar szénkincs a jelenlegi fogyasztás mellett 50—60 évig fedezi szükségleteinket, úgy ez azt jelenti, hogy ha a fogyasztóhelyek növelése esetén nem vigyázunk a helyes energiagazdálkodás alapelveinek keresztülvitelére, akkor ez az idő akár 30 évre is csökkenhet. A helyes energiagazdálkodás leggondosabb megválasztásával viszont elérhetjük, hogy szénkincsünk még a fogyasztási helyek növelése esetén is akár 80 évig is fedezze a szükségletet. Ugyanekkor döntő fontosságú egy ország ipari életében az is, hogy saját nyersanyag- és energiabázissal rendelkezzék. Minél tovább tart tehát a rendelkezésünkre álló szénmennyiség, annál tovább tart az a periódus, amely a helyes gazdálkodást biztosítja. A helyes energiagazdálkodásnak tehát egyrészt olcsóbbá kell tennie a termelést, és ezzel közvetve az életnívót kell emelnie, másrészt biztosítania kell a szükséges energiabázist mint a termelés egyik alapját.

Különös jelentőséget ad a hazai energiagazdálkodásunknak az a körülmény, hogy — egyéb szempontoktól vezéreltetve — mindinkább a gyengébb minőségű szenek használatára kell szorítkoznunk. A gyengébb minőségű szeneknek nagyobb arányban való felhasználása viszont az átlagos fűtő értéket fogja csökkenteni. Ez lényegében azt jelenti, hogy az energiával való helyes gazdálkodás még sokkal fontosabb szerepet fog betölteni nemzetgazdaságunkban. A kibányászott szén termelési önköltsége ugyanis általában nem annak fűtőértékével, hanem sokkal inkább annak súlyával áll arányban. Így tehát a gyenge minőségű szenek fűtő értékre vonatkoztatott költsége nagyobb, mint a nagyobb fűtő értékű szeneknél, és ha energiagazdálkodási vonalon nem igyekszünk ezt a drágító tényezőt megfelelően ellensúlyozni, akkor az energiatényező egész gazdálkodásunkat drágítani fogja.

Ahhoz, hogy az energiagazdálkodás feladatait közelebbről megismerhessük, ismerni kell az ország energiamérlegét. Az energiamérlegnek lényegében két oldala van. Az egyik oldalon vannak a rendelkezésre álló energia-

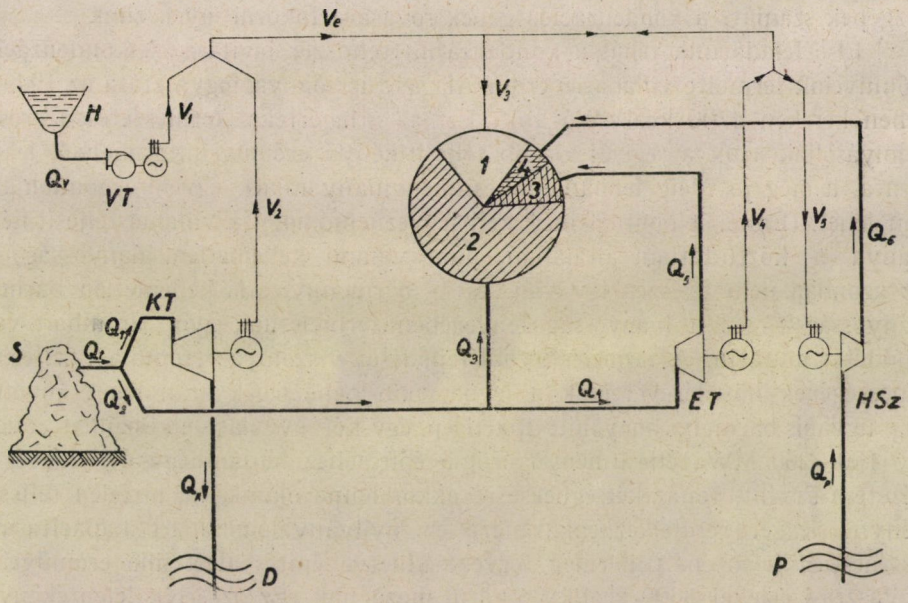
források, a másik oldalon a kielégítendő energiaigények. A feladat tehát az igények oly módon való kielégítése, hogy az energiaforrások a lehetőség szerint a legkisebb mértékben vétessenek igénybe. Az energiahordozók átalakításánál és az energia felhasználásánál fellépő veszteségek tehát a minimumra szorítandók. Természetesen ugyanekkor figyelembe kell venni azt is, hogy az energiaforrások közül elsősorban a kevésbbé értékes vagy könnyebben megszerezhetők kerüljenek felhasználásra. Ugyancsak nem szabad szem elől téveszteni az összgazdaságosság kérdését sem. Nem lenne helyes például az energiaforrásokkal való takarékoskodás akkor, ha az más vonalon több munkát igényelne, mint amennyit energiában megtakaríthatunk. Az energiagazdásznak tehát az energiahordozókon kívül a munkával is takarékoskodnia kell, ami lényegében azt jelenti, hogy az energia átalakításánál és felhasználásánál szükséges befektetések legyenek összhangban az elért eredménnyel. Lényegében az energiaköltség és a felhasznált munkaérték összegének kell mindig a legjobb értéket adnia.

Az 1. sz. ábra vázlatosan ábrázolja egy ország energiaátalakításának és felhasználásának képét. A *H*-val jelzett víztartály jelképezi az ország rendelkezésére álló vízenergiát. Magyarország a felhasználható vízenergiák tekintetében szegénynek mondható. Nem rendelkezünk kellő magasságban tárolható nagy víztömegekkel, és folyamaink is túlnyomórészt kisesésűek. Nagyobb vízerőművünk nincs. Néhány, pár száz kW teljesítményű vízerőművünk van a Hernád és a Rába folyón. A legjelentősebbek közül való a kesznyéteni vízerőmű, amely a Hernád folyó energiáját hasznosítja 4400 kW maximális teljesítménnyel. A közeljövőben készül el a Tiszán (Tiszalöknél) épített duzzasztómű. Az ehhez kapcsolódó vízerőmű teljesítménye ca 10.000 kW lesz, s a Tiszának a duzzasztás folytán előállított 5,5 m esését fogja hasznosítani. Ez lesz egyelőre legnagyobb vízerőművünk. Bár még néhány nagyobb lehetőséggel is rendelkezünk, az ország energiagazdálkodásában a vízenergiának csak alárendelt szerep juthat.

Az *S* betűvel jelölt szénkupac jelképezi az országban fellelhető valamennyi egyéb tüzelőanyagban rejlő energiaforrásokat. Végül a *P* betűvel jelzett hullámvonalak jelzik a környezetünkben (a folyóvizekben és a levegőben) rejlő energiát.

Az 1. ábrában levő kör jelzi az ország különböző energiafogyasztóit, az egyes, különböző módon vonalkázott, szektoronként. A fehér (1) szektor jelzi a villamosenergia fogyasztását, a vonalkázott (2, 3, 4) szektor pedig a hőenergiafogyasztást. Az egyszerűen vonalkázott (2) rész jelzi azokat a hőfogyasztókat, amelyek a szükséges hőenergiát közvetlenül tüzelőanyag formájában igénylik. A függőlegesen vonalkázott (3) szektor jelzi azokat a fogyasztókat, amelyeknek hőenergiaigényét a hőerő-gépek fáradtmelegével elégítik ki, elsősorban tehát ellennyomásos gőzgépek fáradtgőzével fűtött berendezések. Végül a vízszintesen vonalkázott (4) szektor ábrázolja azokat a hőenergiafogyasztókat, amelyeket hőszivattyú-berendezések látnak el energiával. A szektorok nemcsak magát a fogyasztott energiát, hanem az energia szállításával és felhasználásával kapcsolatos valamennyi veszteséget is tartalmazzák.

A rendelkezésre álló vízenergiából a Q_v vízenergia kerül felhasználására a *VT* vízturbinában, mellyel V_1 villamosenergiát termelnek. Ugyanekkor a Q_t felhasznált tüzelőanyag energiáknak egy része (Q_1) a fáradtmeleg értékesítése nélkül dolgozó hőerő-gépben *(KT)* kerül felhasználásra. Tekintettel arra, hogy Magyarországon az ilyen rendszerű gépek túlnyomó többsége kondenzációs gőzgép, azért itt ennek vázlatos ábráját alkalmazzuk. A kondenzációs veszteségeket *(Qk)* mint a folyóvizeket *(D)* fűtő melegmennyiséget ábrázoljuk. Az ezen erőgépek termelte villamosenergia (V_2) a vízerőművekben termelt V_1 energiával együtt a villamoshálózatot táplálja. A tüzelőanyagok másik része (Q_2) részben tüzelőanyagot közvetlenül felhasználó fogyasztókhoz jut (Q_3), részben pedig a hulladékmeleg értékesítésével dolgozó hőerő-gépeket *(ET)* szolgálja ki (Q_4). Ez utóbbi (a vázlaton ellennyomásos gőzgépként ábrázolt)



1. ábra.

erőgépektől termelt villamosenergia (V_4) a hálózatba jut, míg a hulladékmelegként hasznosított energia (Q_5) a megfelelő fogyasztói szektort táplálja.

A környezetben rejlő energiák kihasználására szolgáló hőszivattyú *HSz* Q_p melegmennyiséget von el a környezettől V_5 villamosenergia felhasználásával, majd a termelt hőenergiát (Q_6) a fogyasztói szektorhoz juttatja.

Ha tehát az energiagazdálkodás feladatául azt a célt tűzzük ki, hogy tüzelőanyagforrásainkkal minél takarékosabban bánjunk, akkor a vázlatos ábra minden további nélkül mutatja a tennivalókat.

Az energia felhasználása és szállítása során fellépő veszteségek értékének csökkentése természetesen minden további nélkül csökkenti a felhasznált energiamennyiségeket. Ezeknek a veszteségeknek csökkentése azonban általában nem annyira energiagazdálkodási, mint elsősorban szerkesztési feladat.

Az energiagazdász számára két lehetőség kínálkozik a tüzelőanyagfogyasztás csökkentésére. Az egyik feladat a Q_V- és Q_P -értékeknek a növelése, ami által a Q_t -érték megfelelően csökken, a másik feladat pedig a Q_k -értéknek csökkentése. Az első lényegében azt jelenti, hogy fokozni kell vízerőinknek, valamint a hőszivattyú adta lehetőségeknek kihasználását, a második pedig, hogy a kondenzációban elvesző melegmennyiséget kell csökkentenünk. Ez utóbbi történhet olyképpen, hogy magát a kondenzációs rendszert javítva csökkentjük a kondenzációs veszteségeket, de történhet olyképpen is, hogy a hulladékmeleg hasznosításával dolgozó gépek számát, elsősorban az ellennyomásos gőzgépek számát, a kondenzációs gépek rovására fokozni igyekszünk.

Első feladatunk tehát a kondenzációs rendszer javítása. A kondenzációs erőműveink termelte villamosenergia átlagos tüzelőanyagfogyasztása az 1949-es évben kereken 4700 kcal/kWó volt. Ezt az átlagértéket természetesen erősen befolyásolják azok a régi és kisebb teljesítményű erőműveink, amelyek leállítására, a még jó ideig fennálló teljesítményhiány miatt, egyelőre gondolnunk sem lehet. (Ennél a pontnál meg kell jegyeznem, hogy a villamosteljesítmény hiánya a köztudatban általában, mint valami kellemetlen hiányosság él. Ez azonban nem egészen így van, és — bármennyire is kellemetlen bármily hiányosság — ez a hiányosság lényegében termelésünk gyors iramban való fejlődését mutatja. A termelés gyors fejlődését viszont az erőművek teljesítőképességének növelésével csak a legnagyobb nehézségek árán lehet követni. Míg ugyanis bármely bonyolult ipartelep egy-két év alatt elkészülhet, addig egy 100—200 MW teljesítményű erőmű építéséhez három-négy év szükséges. Nézetem szerint, tehát kétségbeesésre akkor lenne okunk, ha hirtelen teljesítményfelesleggel rendelkeznénk, mert ez nyilvánvalóan ipari kapacitásunk visszaesését jelentené.) Jelenleg tervezés, illetve építés alatt álló erőműveink fogyasztási értékei 3600 kcal/kWó körül mozognak. Ez az érték jelentékenyen javítani fogja ugyan a fent említett 1949. évi átlagot, de még mindig messze van azoktól az értékektől, amelyeket ma már egyes külföldi erőművekben elértek. Ennek oka részben abban keresendő, hogy most épülő erőműveinknél sok megkötöttséggel kell számolnunk. Így például a rövidre szabott határidők következtében hazai iparunk meglevő szerkezeteit kell figyelembe vennünk. Ez a körülmény ugyan lehetővé teszi a művek rendkívül gyors elkészítését, de nem nyujt lehetőséget a legutolsó kivitelnél még korszerűbb megoldásokra.

Új erőműveinknél már alkalmazzuk a kondenzációs rendszert legnagyobb mértékben javító nagy gőznyomásokat és gőzhőfokokat, valamint az ezek által lehetővé váló regeneratív tápvízelőmelegítést. Legközelebbi erőműveinknél azonban a jelenleg alkalmazott 80 atmoszféra gőznyomás és 500° C gőzhőfok

fölé kell mennünk. Ez természetesen egyúttal szükségessé teszi a közbenső túlhevítés bevezetését is, hogy az utolsó fokozatokban a nagy gőznyomás következtében adódó gőznedvességet elkerülhessük. A közbenső túlhevítés azonban nemcsak elkerülhetővé teszi a nagy gőznyomás alkalmazásával mutatkozó ezen hátrányt, hanem egyszersmind javítja a rendszer termikus hatásfokát is.

Törekednünk kell továbbá a nagyobb egységek alkamazására is. Jelenlegi legnagyobb gépegységünk 32 MW teljesítményű. Ezt az értéket legközelebbi erőművünknél már 50 MW-ra kell emelni. Amíg ugyanis eddigi kooperációs rendszerünkben nem látszott célszerűnek a jelenleginél nagyob egységek beállítása, addig hatalmasan fejlődő rendszerünk most már minden további nélkül lehetővé teszi ezen nagyobb egységek alkalmazását is. A nagyobb egységek alkalmazása viszont — tekintettel az alkalmazott nagy gőznyomásokra — jelentékeny mértékben növeli a gépek hatásfokát.

A legnagyobb gőznyomás és hőfok alkalmazását tehát tervezendő nagy erőműveinknél figyelembe kell vennünk, és itt mindenkor el kell dönteni, hogy ezeket az erőműveket mint önálló kondenzációs telepeket vagy mint előtéttelepeket építsük-e. Az előtéttelepek létesítése elsősorban ott jön számításba, ahol a meglevő kis-, illetve középnyomású erőmű kazántelepe elavult, gépi berendezése és annak tartozékai viszont jó állapotban vannak. Ilyen esetekben ugyanis a nagy nyomás alkalmazása nemcsak a telep termikus hatásfokát növeli meg jelentős mértékben, hanem az új kazántelep lényegesen jobb hatásfoka jelentős további szénmegtakarítást tesz lehetővé. Természetesen az ilyen természetű döntéseknél mindig gondosan mérlegelendők a mindenkori teljesítményviszonyok is. A legnagyobb gőznyomások bevezetése előtérbe hozza a tápvízelőkészítés kérdését. A már üzemben levő és rövidesen üzembe kerülő nagynyomású erőműveinknél — azonfelül, hogy azok zavartalan üzemét biztosítjuk — erre a kérdésre a legnagyobb gondot kell fordítanunk már csak azért is, hogy új, még nagyobb nyomású erőműveink részére megfelelő tapasztalatokat gyüjtsünk.

A tervezésnél természetesen továbbra is fontos szerepet kell játszania a költségtényezőnek is. Figyelembe véve azonban a bevezetőben említett energiahelyzetünket, valamint azt a körülményt, hogy túlnyomórészt fajlagosan drágább, gyenge minőségű szeneket kell használnunk, a gazdaságossági számítások mindenütt meg fogják engedni a leggazdaságosabb telepek létesítését.

Kondenzációs erőműveink gazdaságosságának jelentős megjavítása, tehát az energiamérlegünk javítása érdekében teendő első és talán leghathatósabb lépés. A következő lépés, amely természetesen attól függetlenül és azzal egyidőben történik, a kondenzációs rendszerben mutatkozó veszteségeknek olymódon való csökkentése, hogy minél nagyobb energiamennyiséget igyekszünk kondenzációs rendszer helyett ellennyomásos rendszerben termelni. Míg ugyanis a legjobb kondenzációs erőműben is csak nehezen tudunk a 3000 kcal/kWó

fogyasztási értéknél kisebb értéket elérni, addig az ellennyomásos üzemben termelt villamosenergia tüzelőanyagköltsége kereken 1200 kcal/kWó értéket tesz ki.

Energiagazdálkodásunk legfőbb alapelveként tehát ki kell mondanunk, hogy az olyan ipari üzemek, melyeknek gőzfogyasztása az 5—10 t/ó értéket meghaladja, az ipari célokra szükségelt gőzmennyiséget ne a felhasználási helyen igényelt üzemi vagy azt kevéssel meghaladó nyomáson, hanem nagy nyomáson termeljék, és így — nagyobb nyomáson termelt gőzt megfelelő ellennyomású gépen keresztülvezetve — hulladékenergiaként villamosenergiát termeljenek.

Nem elegendő természetesen csupán az alkalmazott kazánnyomások emelése, hanem rendkívül fontos feladat ezzel egyidejűleg az is, hogy az ipari üzemek technológiája olyképpen alakíttassék ki, hogy a valóban szükségelt üzemnyomás minél alacsonyabb legyen, és így az elhasznált gőzmennyiségből minél több villamosenergiát nyerhessünk. Az országos hálózattal kooperáló ellennyomásos ipari erőművek tehát úgy alakítandók ki, hogy a gépekben az adott körülmények között lehetséges legnagyobb hőesés használtassék ki.

Természetesen nem elégedhetünk meg azokkal a lehetőségekkel, amelyek a már meglevő iparvállalatokkal rendelkezésünkre állnak, hanem igyekeznünk kell olyan kisebb gőzfogyasztó egységeket összehozni, amelyeknek egyenkénti gőzszükséglete a fentebb említett 5—10 t/ó érteket nem éri el, de amelyek együttes fogyasztása ezt az értéket nemcsak eléri, hanem esetleg jelentősen meg is haladja. Ezeknek a kisfogyasztóknak csoportos ellátására közös fűtőerőműveket kell létesítenünk, amelyek ugyancsak tiszta ellennyomásos rendszerben dolgozva részben ellátják közeli fogyasztóikat, részben hulladékenergiaként villamosáramot termelnek a hálózat részére.

Ilyen fűtő-erőműveket létesíthetünk egymástól nem távol fekvő, kis gőzfogyasztású ipartelepek központos ellátására, de létesíthetünk ilyeneket akár csak tisztán fűtési szükségletek ellátására is. Különösképpen lehetőség nyílik ilyen tisztán fűtési célokat szolgáló fűtőerőművek létesítésére az új lakótelepek építésénél, melyeket már eleve erre a rendszerre építünk. A legegészségesebb megoldás természetesen, ha a két lehetőséget kombináljuk, és a hőenergiát csupán fűtési célra igénylő fogyasztókkal egyidejűleg ipari fogyasztókat is ellátunk a fűtőerőműből. Maga a fűtőerőmű ilyenkor valamelyik ipartelepen létesül, ami üzemeltetési szempontból természetesen előnyt jelent. További előnye e kombinációnak, hogy amíg a tisztán fűtési célokra szolgáló fűtőerőmű csupán a fűtési idényben lehet üzemben, addig, ha az egyúttal iparvállalatokat is ellát, egész évben üzemben tartható.

Az ellennyomásos rendszerben való energiatermelés a kalórikus úton történő energiatermelés leggazdaságosabb módja. Az 1200 kcal/kWó tüzelőanyagfogyasztási érték az 1 kWó hőegyenértéken, 860 kalórián, kívül csupán a gőzfejlesztés elengedhetetlen veszteségeit (kazánhatásfok), a turbogenerátor-

csoport mechanikai, illetve a generátor megelégedési veszteségeit és a segédberendezések energiafogyasztását tartalmazza. Tekintve az ellennyomásos rendszer ezen rendkívüli gazdaságosságát, elsőrangú feladata energiagazdálkodásunknak minél több lehetőséget teremteni e rendszer alkalmazására. Nem elégedhetünk meg tehát csupán a rendelkezésre álló nagy gőzfogyasztóknál vagy az esetleg egy csoportba hozható kisebb fogyasztóknál történő alkalmazásával, hanem törekednünk kell új alkalmazási lehetőségek feltárására is. Ezzel kapcsolatban példaképpen megemlítem az abszorpciós-rendszerű ipari hűtő berendezések bevezetését, és azok minél szélesebb körben való alkalmazását. Magyarországon ugyanis hűtési célokra eddig csakis a kompressziós rendszert alkalmazták, amely hajtóenergiaként csak villamosenergiát igényel. A kompressziós eljáráson kívül van azonban egy másik hűtési rendszer is, az abszorpciós eljárás, mely hajtóenergiaként, elhanyagolható kis árammennyiségen kívül, csak hőenergiát igényel és pedig kis nyomású (1—2 ata) gőz formájában. Ha az ötéves terv előirányozta nagyszabású hűtőház-építési feladatokat abszorpciós berendezésekkel oldjuk meg, akkor olyan újabb nagy gőzfogyasztó ipart teremtettünk, amelynél megint csak alkalmazhatjuk az ellennyomásos rendszerben történő energiatermelést. Az új hűtőházak tehát abszorpciós berendezéseket kapnának, de ahhoz szükséges és kis nyomáson igényelt gőzt nagy nyomáson termeljük, s ez a gőzmennyiség az ellennyomásos gőzgépeken keresztül való expanzió útján jut az abszorpciós berendezésekbe. Ilymódon tehát egy egész iparágat állíthatunk át az energiagazdálkodás szempontjából való helyesebb termelési rendszerre, és így további villamosenergia mennyiségeket tudunk kondenzációs helyett, ellennyomásos rendszerben termelni. A jövedelmezőségi számítások egyébként azt mutatják, hogy nemcsak jelentékeny szénmennyiségeket tudunk ilymódon megtakarítani, hanem a hűtőtelepek befektetési költségei is alacsonyabbak lesznek.

Az országos energiamérleget ábrázoló vázlatos ábrát követve megállapíthatjuk, hogy a tüzelőanyag-forrásainkkal való takarékoskodás érdekében igyekeznünk kell az ellennyomásos rendszer mellett a hőszivattyús rendszer kiépítésére. A hőszivattyús rendszer energiabázisául a környezetünkben (a levegőben és a vízben) levő kifogyhatatlan melegmennyiségek szolgálnak. A hőszivattyúval táplált fogyasztók tehát tüzelőanyag helyett a korlátlan mennyiségben rendelkezésre álló környezetenergiából táplálkoznak. Az alacsony hőfokszinten fekvő energiát azonban mechanikai munka végzésével tudjuk csak a fogyasztó igényelte magasabb hőfokszintre emelni. Ily módon felmerül tehát a kérdés, hogy vajjon gazdaságos-e Magyarországon — mint csaknem kizárólag kalórikus bázissal rendelkező országban — a tüzelőanyagból termelt energiát hőszivattyúk hajtására fordítani. Míg vízenergiákkal rendelkező országokban minden további nélkül megállapítható a hőszivattyú esetenkénti gazdaságossága, addig nálunk természetesen minden egyes esetben szigorúan meg kell vizsgálni a hőszivattyú alkalmazásának kérdését. Nem vitás azonban, hogy

igen nagy számban fogunk olyan eseteket találni, amelyek a leggondosabb vizsgálat után is célszerűnek fognak mutatkozni a hőszivattyú alkalmazására. Ezekre a vizsgálatokra egyébként megfelelő módszereket dolgoztam ki, amelyek a Bauer-féle diagrammok segítségével — amelyek az energiagazdálkodási folyamatokat vektoriálisan kezelik — lehetővé teszik minden egyes esetben annak maradéktalan eldöntését, hogy a szóban forgó esetben a hőszivattyú alkalmazása gazdaságos-e[1]. Itt most csak arra szorítkozom, hogy egy egyszerű példával mutassam be, milyen természetű megfontolásokat kell követnünk ahhoz, hogy a szóbanforgó kérdésre feleletet kapjunk. Tegyük fel, hogy valamely hőfogyasztó berendezés például négy ata nyomású fűtő gőzt igényel a szabványos megoldás esetén. A szükséges gőzmennyiséget ilyen esetekben előállíthatjuk tiszta ellennyomásos rendszerben, mikor is az ellennyomásban termelt villamosenergiát a hálózat rendelkezésére bocsátjuk, és így azt a kondenzációs rendszerben termelt energia helyett a lényegesen olcsóbb (ca 1200 kcal/kWó) hulladékenergiával tápláljuk. A nyereség ez esetben tehát az ellennyomásban termelt kilowattórák száma szorozva a kondenzációs erőműben kilowattóránként felhasznált szénmennyiségnek az 1200 kcal/kWó értéket meghaladó részével. Ha a szóban forgó hőfogyasztó részére ezzel szemben részben hőszivattyúval kívánjuk szolgáltatni a szükséges energiát, akkor a szóbanforgó hőfogyasztó berendezést oly módon osztjuk meg, hogy annak egy részét továbbra is gőzzel tápláljuk, a fennmaradó részét pedig azzal a hőszivattyúval, amelyhez a szükséges mechanikai energiát a másik résztől fogyasztott gőzmennyiség, ellennyomásos gépben expandáltatva, szolgáltatja. Ebben az esetben a megtakarítás a szénfogyasztás olyan arányú csökkenése, mint amilyen arányt az egész rendszerben a hőszivattyúval üzemeltetett rész képvisel. A végső döntéshez tehát nem kell mást tennünk, mint a két esetben mutatkozó szénmegtakarítások értékét egymással összevetnünk.

Még egyszerűbben megfogható a kérdés a példaként említett esetnek az alábbi gondolatmenet szerinti követésével:

Tegyük fel, megint csak az első megoldást olyképpen, hogy a szóban forgó hőfogyasztó a négy ata nyomáson igényelt gőzmennyiséget, mint az előbbi esetben, ellennyomásos gépből kapja, és az ellennyomásban termelt áramot a hálózat rendelkezésére bocsátja. Ha most ezt a hőfogyasztót a gőzzel való táplálás helyett teljes egészében hőszivattyú-rendszerre alakítjuk át, akkor lényegében nem kell mást csinálnunk, mint a szóbanforgó ellennyomásos gép után kondenzációs kisnyomású részt kapcsolni. Ha ez a kisnyomású kondenzációs rész nem termel annyi mechanikai energiát, mint amennyit a hőszivattyúberendezés igényel, akkor a hőszivattyús megoldás nyilvánvalóan nem helyén való. Ha azonban a kisnyomású gép több energiát termel, mint a hőszivattyú fogyasztása, akkor a hőszivattyú alkalmazása a szóbanforgó esetben energiagazdálkodási szempontból feltétlenül jobb eredményt ad, mint a klasszikus megoldás. A nagynyomású gép ugyanis 4 ata nyomásig

expandáltatva változatlanul ugyanannyi villamosenergiát fejleszt, mint a gőzfogyasztás esetén, a kis nyomású rész viszont ugyanekkor 4 ata nyomásról kondenzátornyomásra expandáltatva több áramot termel, mint amennyire a hőszivattyúnak szüksége van, és így a hőszivattyúrendszer alkalmazásával azonos szénmennyiség felhasználása mellett több villamosenergiát juttathatunk a hálózatnak.

Az országos energiamérleg vázlatos ábráját tekintve a tüzelőanyagforrásainkkal való takarékoskodásnak utolsó lehetőségéül vízerőműveink fokozottabb kiépítése szolgál. Itt elsősorban a természet adta lehetőségeink szabják meg a határt. Sajnos, ezek a lehetőségek igen korlátozottak, és ha a jövőben erre az irányzatra nagyobb súlyt vetünk is, problémáinkat ez csak kis mértékben fogja csökkenteni.

A vízenergia kihasználására egy különleges vonatkozásban még a későbbiek során ki fogok térni.

Energiagazdálkodásunknak a tüzelőanyaggal való takarékoskodáson kívül másik legsúlyosabb problémája a rendelkezésre álló erőművi teljesítmények szűkös volta. Ennek a problémának a lényege — mint erre már az előbbiekben utaltam — abban rejlik, hogy iparunk és ezzel az ország energiafogyasztása rendkívül nagy iramban fejlődik, és még esztendőkig fog tartani, míg az új erőművek építésével utólérhetjük. Ez a probléma, mely »csúcskérdés« néven ismeretes, lényegében abban nyilvánul meg, hogy bár erőműveink egész teljesítőképessége lényegesen felette van az átlagos igényeknek, az úgynevezett csúcsfogyasztási időkben csak nagy nehézségek árán képes kielégíteni az igényeket.

Ilyenformán a nehézségeken való segítésnek lényegében kétféle lehetősége van: az egyik a fogyasztói oldalon, a másik a termelői oldalon. A fogyasztói oldalon a probléma, ha nem is teljes egészében, de nagyrészt megoldható. Üzemeink eddig nem törődtek ezzel a kérdéssel, mivel ilyen irányú probléma ezideig részükre még nem merült fel, s ilyen vonatkozásban eddig legfeljebb annyit tettek, — amennyiben arra egyébként módjuk volt — hogy igyekeztek az éjjeli olcsó árszabást kihasználni. Annak érdekében, hogy a csúcskérdés a termelést károsan ne befolyásolhassa, a kormányzat rendeletet hozott, amely az iparvállalatokat olyan intézkedésekre szólítja fel, amelyek alkalmasak arra, hogy a csúcsidőben történő energiaigényüket a lehetőség szerint, tehát a termelés veszélyeztetése nélkül, a legszükségesebb mértékre csökkentsék. Ilyen intézkedések az üzemek természete szerint a legkülönbözőbbek lehetnek, mint például az egyes műszakok közötti terhelés kedvezőbb elosztása, új műszakok beállítása, gondoskodás arról, hogy egyes periódikusan üzemeltetett berendezések üzeme lehetőleg a csúcsidőn kívül kerüljön, üzemkezdési időpontok eltolása és még nagyon sok más kisebb-nagyobb célirányos intézkedés.

Az üzemekben keresztülvitt csúcscsökkentési intézkedések természetesen nemcsak azt fogják eredményezni, hogy erőművi rendszerünk fennakadás

nélkül fogja tudni a fogyasztói igényeket kielégíteni, hanem közvetve szénmegtakarítást is eredményez. Az erőművek gazdaságossága egyenletesebb kihasználásánál ugyanis lényegesen jobb, mint ingadozó üzemnél, és így ez a változás feltétlenül tüzelőanyag-megtakarításban is javítani fogja a helyzetet.

Amíg a fogyasztói oldalon mindent el kell követnünk a csúcsok »lefaragása« érdekében, ugyanakkor gondoskodnunk kell természetesen arról is, hogy közüzemi erőműveink részére minél nagyobb kisegítést nyujtsunk a csúcsidőben. Ennek érdekében mindenekelőtt felkutatjuk az üzemen kívül álló kisebb ipari kondenzációs erőműveket, s készenléti állapotba helyezzük őket, hogy a hálózat szükség esetén igénybe vehesse ezeket a telepeket.

Ezen felül felkutatjuk azokat a lehetőségeket, amelyeket a nagy teljesítményű ipari gőzfejlesztő berendezések nyujtanak megfelelő erőgépekkel való kiegészítéssel. Így például áthelyezzük az országban fellelhető mindazon üzemen kívüli gőzturbinákat, amelyek jelenlegi helyükön gőzhiány miatt még szükség esetén sem üzemeltethetők, olyan üzemekbe, ahol a gőzkapacitás lehetővé teszi azoknak szükség esetén való kisegítő üzemeltetését. Elsősorban cukorgyárainkat szereljük fel ilyen gépegységekkel, mert ezek a kampányon kívüli időben mindenkor rendelkezésre állhatnak a hálózatnak. Egyes cukorgyárakban megvan a lehetőség még a kampány alatti időszakban is bizonyos mérvű kisegítésre. Olyan nagy gőzfejlesztő berendezésekkel bíró üzemeink is vannak, amelyekben a munka általában csak délután négy óráig — tehát a csúcsidő kezdetéig — tart. Az ilyen üzemek kazántelepe akadálytalanul tovább üzemeltethető és, ha oda megfelelő erőgépet állítunk, akkor az a csúcsidőben ugyancsak kisegítheti a hálózatot.

Függetlenül az úgynevezett csúcskérdéstől, meg kell oldanunk fajlagosan legnagyobb szénfogyasztó iparunknak, a cukoriparnak, energiagazdálkodási problémáját is. A cukorgyárak — tekintettel hatalmas gőzszükségletükhöz képest rendkívül kis mechanikai energiaszükségletükre — jelenleg is tiszta ellennyomásos rendszerben dolgoznak. A berendezések azonban részben elavultak, részben pedig kis kezdő nyomásúak, úgyhogy a gyárak ellennyomásos gépeikkel éppen csak a saját szükségletüket fedezik. Amint azonban a kiöregedő kazántelepek megújításra kerülnek, alkalom nyílik a nagy kezdő nyomások bevezetésére. A cukorgyárakban fogyasztott gőzmennyiséget ellennyomásos rendszerben kihasználva, a gyárak saját szükségletét sokszorosan meghaladó villamosenergiát tudnánk így hulladékenergiaként termelni. A fölös energiát azután a hálózat venné át. Ennek a mindenképpen helyes energiagazdálkodási elgondolásnak a cukorgyárak esetében az a hátránya, hogy a cukorgyárak az évnek mindössze két-három hónapjában vannak üzemben, és így az általuk képviselt teljesítmény nem jelentene teljes értéket a hálózat részére. Ennek a hátránynak kiküszöbölésére is lehetőség nyílik azonban akkor, ha az ellennyomásos rendszert kis teljesítményű, kisnyomású kondenzációs géppel (úgynevezett »farokturbinával«) egészítjük ki. Ennek a kondenzációs gépnek

a teljesítőképességét úgy kell meghatározni, hogy a kondenzálódó gőzmennyiség a nagy nyomású ellennyomásos és a kis nyomású kondenzációs turbinán áthaladva, megközelítően azt az összteljesítményt adja, mint amelyet a kampány alatt a tiszta ellennyomásos erőmű fölöslegként átad a hálózatnak. Ezen aránylag rendkívül csekély többletbefektetéssel biztosíthatjuk, hogy a hálózat a cukorgyári erőművektől egész évben egyenletes teljesítményre számíthat. A kondenzációs gép a kampány alatt természetesen szükségtartaléka is lehet a hálózatnak, hiszen az ahhoz szükséges gőzteljesítménytöbblet a cukorgyári üzemekben, szükségkisegítésképpen, még a kampány alatt is rendelkezésre áll.

Hasonló a helyzet a bőrgyáraink részére tervezett kooperációs ellennyomásos erőművel is. A bőrgyárak technológiai okokból csupán a nappali műszakban dolgoznak, és így az üzem és azzal együtt az erőmű is délután négy órakor leáll. Amennyiben azonban a bőrgyárak kooperációs és tiszta ellennyomásos rendszerben működő erőművét egy, a teljes gőzmennyiség nyelésére méretezett kis nyomású kondenzációs géppel egészítendő ki, ezzel a hálózat részére igen olcsó csúcstartalékegységet nyerhetnénk aránylag jelentős teljesítőképességgel. A gazdaságossági számításnál itt természetesen figyelembe veendő az a körülmény, hogy ez az erőmű csakis a délutáni csúcsidőben éspedig előre meghatározott menetrend szerint állana a hálózat rendelkezésére. Tehát a rendkívül kis beruházási költség ellenében csupán egy szigorúan vett csúcserőművet nyerünk, amelynek ezenfelül még csak az esetben van egyáltalán értéke, ha a délutáni csúcs a délelőtti csúcs értékét legalább is a szóbanforgó teljesítmény értékével meghaladja.

A csúcserőművek kérdése, a fentebb előadottaktól eltekintve is, egyik jelentős problémája energiagazdálkodásunknak. Bár a csúcshelyzet a fejlődés során mind kedvezőbben fog alakulni, tekintettel arra, hogy az átlagos terhelés értéke mind jobban közeledik a csúcsterhelés értékéhez, mégis felmerül a csúcserőművek létesítésének kérdése. Az aránylag rövid ideig tartó ú. n. csúcsidőkben ugyanis a teljesítmény mindig meg fogja haladni az ezen időszakon kívüli időben fellépő legnagyobb terhelést. A két teljesítmény, mint előbb említettem, százalékosan ugyan mind közelebb és közelebb kerül majd egymáshoz, a közöttük levő különbözet azonban energiatermelésünk fejlődése során mind nagyobb és nagyobb abszolút értéket ér el. Ez az érték már ma is eléri azt a mértéket, amelynél egy ilyen úgynevezett »csúcs-erőmű« már gazdaságosan megépíthető. A csúcs-erőmű létesítése ugyanis lehetővé teszi, hogy meglevő nagy erőműveinket alapterhelésű művekként járassuk, megépítendő újabb nagyobb erőműveinket pedig már ezen üzemviszonyokra tervezzük. Az alaperőművi jelleg lényegesen jobb gazdaságosságot biztosít az üzemnek, és így természetesen kedvezően befolyásolja villamos energia termelésünk tüzelőanyag-fogyasztását. Ugyanekkor a csúcs-erőművek természetesen lényegesen rosszabb hatásfokra épülnek, ez a körülmény azonban nem nagy súllyal esik latba, tekintettel ezen csúcs-erőművek rövid üzemidejére. A csúcs-erőművek — éppen az alacsony

hatásfok miatt — lényegesen kisebb beruházási költséggel építhetők, mint az egyébként drága alapterhelésű erőművek.

A csúcs-erőműveknek tehát egyszerű, olcsó felépítésű telepeknek kell lenniök, lehetőleg gyors beugró képességgel. Csúcs-erőműként üzemeltethetjük természetesen régi elavult erőműveink egyikét-másikát is, mivel ezeknél — mint előbb említettem — a gazdaságosság, tekintettel a rövid üzemidőre, nem játszik nagy szerepet. Természetesen az ilyen elavult gőz-erőműveknek csúcserőműként való járatásánál igen gondosan meg kell vizsgálnunk azok beugró készségét. Ha ugyanis a hosszú felfűtési idő miatt az ilyen erőműveket gyakorlatilag állandóan melegen kellene tartanunk, akkor kétségessé válhat ezen telepeknek e célra való használhatósága.

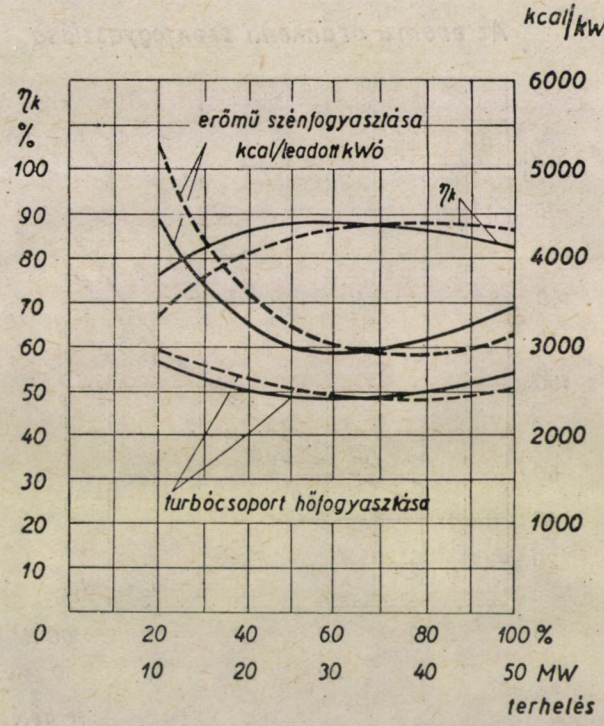
A gyors beugró készségüket és egyszerű felépítésüket tekintve ideális csúcs-erőművek a gázturbina-telepek. Ezek a telepek egyszerű — regenerátor nélküli — kivitelben igen olcsók lesznek, és mivel sem tápvizet, sem hűtővizet nem igényelnek, a gőz-erőművekkel kapcsolatos mindennemű vízproblémától mentesek. Ez tehát nemcsak az üzemet egyszerűsíti, hanem a beruházási költségeket is rendkívüli mértékben csökkenti. Amíg néhány esztendővel ezelőtt a gázturbina csak olajjal vagy gázzal — mint tüzelőanyaggal — volt üzemeltethető, addig a legújabb eredményeket figyelembe véve, csúcs-erőműként közvetlenül szénporral való üzemeltetése is megoldottnak tekinthető.

A csúcs-erőmű kérdésének igen érdekes megoldására nyílik lehetőségünk megfelelő vízerőmű létesítésével. Köztudomású, hogy vízenergiában gazdag országok gyakran létesítenek úgynevezett tároló erőműveket. Ezeknek lényege abban áll, hogy a folyami erőművek a gyengébb kihasználási időszakokban (tehát elsősorban éjjel) megfelelő vízmennyiségeket szivattyúznak fel magasan fekvő vízgyüjtőkbe, ahonnan azután ezek a víztömegek a csúcsidőkben, megfelelő gépeken keresztül lebocsátva, adják le teljesítményüket. Ilymódon tehát az éjszaka is rendelkezésre álló, de nem igényelt folyami vízenergiát elraktározzák azokra az időszakokra, amikor viszont a fogyasztói igény meghaladja pillanatnyilag rendelkezésre álló teljesítőképességet. Ebben a pillanatban ugrik be segítségül az úgynevezett tárolómű, és hasznosítja az éjszaka folyamán felhalmozott energiát.

Hidraulikus szakembereink nálunk is kidolgozták egy ilyen tárolóműnek terveit, amely egy, a Dunán létesítendő vízerőművel kapcsolatosan létesülne olymódon, hogy az éjszakai órákban ez a folyami erőmű a vizet kb. 400 m magasan fekvő mesterségesen létesített tároló medencébe nyomja fel, ahonnan ez a víztömeg azután a csúcsidőben kerülne lebocsátásra a megfelelő turbinán keresztül.

Tekintettel arra, hogy a tárolómű lényegesen hamarabb és lényegesen egyszerűbb, illetve olcsóbb eszközökkel készülhet el, mint maga a folyami erőmű, felmerült a kérdés, nem volna-e célszerű magát a tárolóművet mindenképpen a legsürgősebben megépíteni, és a feltöltéshez szükséges szivattyúmunkához

az energiát kalórikus erőműveinkből venni, amelyek azt az éjszaka gyenge kihasználási periódusban termelnék. A vizet ezek szerint az éjszakai órákban a hálózatból vett energiával szivattyúznák fel a tárolómedencébe, és a csúcsidőkben eresztenék le, kisegítő teljesítményt nyujtva ezzel a hálózatnak. Ezzel az elgondolással kapcsolatban a gazdaságosságot illetően a szakértők nem tudtak egyöntetű álláspontra jutni. Időközben azonban egy egészen más célból végzett tanulmány során olyan új szempontok merültek fel, amelyek ezt a kérdést egészen más megvilágításba helyezik, és szükségessé teszik, hogy vele újra



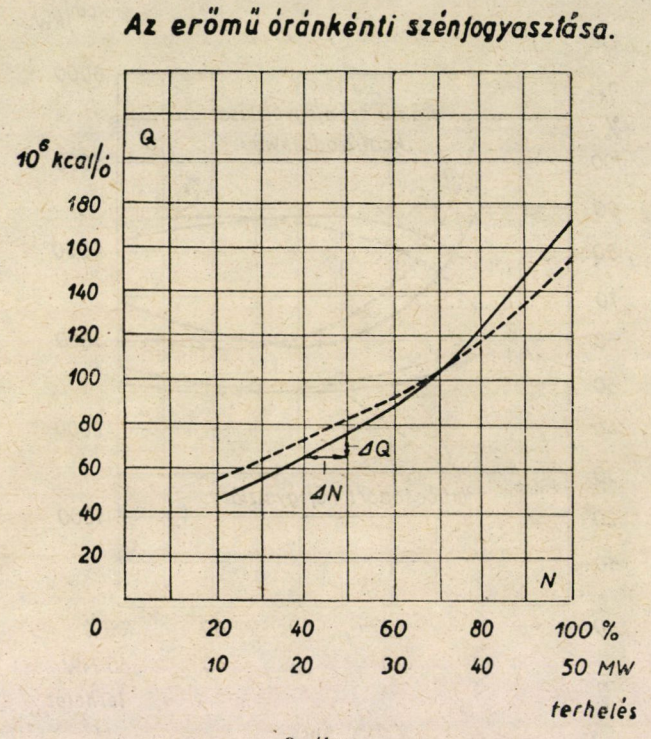
2. ábra.

——— „A" erőmű adatai.
— — — — „B" erőmű adatai.
η kazánhatásfok %.

foglalkozzunk, mivel tisztán energiagazdálkodási szempontból magának a tárolóműnek egyedül való megépítése is feltétlenül célszerűnek látszik.

Az ellennyomásos erőművek létesítésével kapcsolatban tanulmányokat végeztünk annak megállapítására, hogy országos energiagazdálkodási szempontból nézve megtakarítást jelent-e az ipari ellennyomásos erőműveknek az éjszakai kis terhelésű időszakban a hálózatba való bedolgoztatása. Köztudomású ugyanis, hogy az ipari ellennyomásos erőművek menetrendjét az illető ipartelep gőzfogyasztása szabja meg, és így az mindenkor annyi villamosenergiát termel a

hálózat részére, amennyit az ellennyomásos gépben expandálva az éppen igényelt gőzmennyiség leadni képes. A hálózat részére az ellennyomásos erőmű ilymódon tehát nem jelent teljes értékű egységet, mivel így az országos terhelosztó ezen erőművek teljesítménye felett nem rendelkezhet szabadon. Az ellennyomásos erőművek gazdaságossági számításainál ezt a körülményt figyelembe is vettük olyképpen, hogy a beruházási költségekből csupán azt a teljesítményértéket vontuk le, amellyel az illető ipari erőmű a csúcsidőben is feltétlenül rendelkezésére áll a hálózatnak. Ugyanekkor felmerült azonban a fentebb



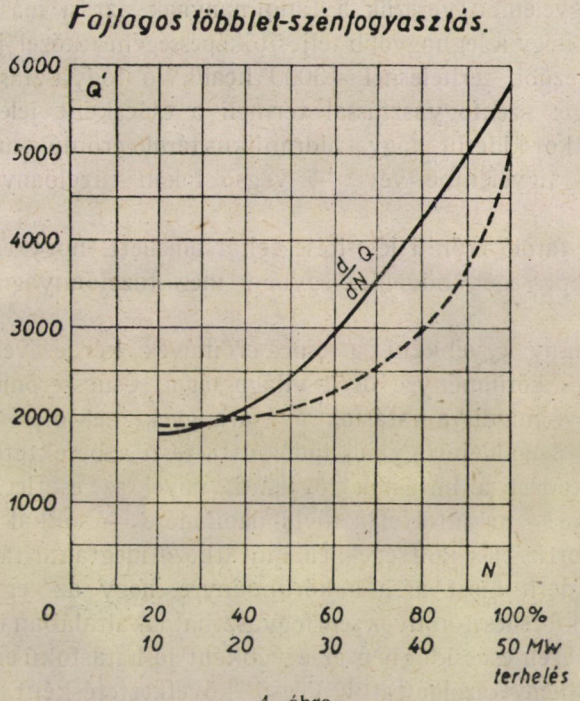
3. ábra.

——————— „A" erőmű adatai.
— — — — — „B" erőmű adatai.

említett másik probléma is, hogy érdemes-e a hálózatnak az éjszakai időszakokban átvenni az ellennyomásos erőművek teljesítményét, ha a kondenzációs erőművek amúgy is igen rossz kihasználással dolgoznak.

Ez utóbbi kérdés eldöntése céljából megvizsgáltuk a közüzemi nagy erőművek gazdaságosságának alakulását a különböző terhelési időszakokban. Példaképpen két különböző erőművet vettünk figyelembe. Mindkét erőmű a legjobb kihasználás mellett azonos mennyiségű tüzelő anyagot fogyaszt. A legkedvezőbb terhelési pontja azonban az egyiknek (»A«) legnagyobb teljesítő-

képességének 60%-ánál, a másiknak (»B«) pedig 80%-ánál van. Figyelembe véve a megadott hatásfokgörbéket, amelyek a 2. sz. ábrán vannak feltüntetve, megszerkesztettük az erőművek óránkénti szénenergiafogyasztásának görbéjét a terhelés függvényben (3. sz. ábra). Ez utóbbi görbének megszerkesztettük a differenciálhányados-görbéjét (4. sz. ábra), amely azt mutatja, hogy valamely terhelés időpontjában jelentkező plusz 1 kW terhelés milyen többlet-szénenergia-fogyasztást igényel. (A vízszintes tengelyre a terhelés százalékos értékei vannak felvíve, ami azonban lényegében kW-értékekkel veendő



4. ábra.

——————— „A" erőmű adatai.
— — — — — „B" erőmű adatai.

figyelembe. A differenciálhányados dimenziója tehát $\frac{\text{kcal/ó}}{\text{kW}} = \text{kcal/kWó.}$) Ez utóbbi görbének számszerűségét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az »A« erőmű, amelynek a legkedvezőbb terhelésnél 1 kWó termeléséhez 2940 szénkalóriára van szüksége, az éjtszakai alacsony kihasználásnál — 20% terhelésnél például — 1 kWó többlet terheléshez mindössze 1800 szénkalóriát igényel. A másik véglet, hogy ugyanezen erőmű, közel a teljes kapacitásának megfelelő terheléshez, 1 kWó többlettermeléséhez 5800 szénkalóriát használ fel.

(A »B« erőmű, amelynek legkedvezőbb hatásfoka 80% terhelésnél van,

természetesen a teljes terhelésnél kedvezőbb, a kisebb terheléseknél pedig kedvezőtlenebb értékeket ad. Gyakorlatilag kivitelezett erőműveink helyesen megválasztott legkedvezőbb terhelései mindenesetre a fenti 60—80 százalékos értékek között találhatók.)

A fent ismertetett tanulmányból nyert adatok rendkívül értékesek számunkra a szóban forgó tárolóművel kapcsolatban. A nyert számok ugyanis azt mutatják, hogy, ha az éjtszakai gyenge terhelésű időszakban a tárolómű szivattyútelepének hajtására villamosenergiát vennénk a hálózatból igénybe, akkor ez a többletteljesítmény rendkívül kis fajlagos szénköltséggel volna termelhető. De ha figyelembe vesszük a tanulmánynak azt a másik igen érdekes megállapítását, hogy a legnagyobb teljesítőképességéhez közel járó igen kiváló erőmű (legkedvezőbb terhelésnél ~3000 kcal/kWó fogyasztással) közel 6000 kcal/kWó fajlagos szénfogyasztással termeli a csúcsként jelentkező többletteljesítményt, akkor kiderül, hogy a hidraulikus tároló erőmű—még az átalakítási veszteségeket is figyelembe véve — végső fokon tüzelőanyagmegtakarítást eredményez.

Egy ilyen tároló erőmű létesítése tehát amellett, hogy erőművi rendszerünk teljesítőképességét növelné, egyben még tüzelőanyagmegtakarítást is eredményezne !

A tanulmány egyébként a csúcs-erőművek kérdésével kapcsolatosan még egy érdekes körülményre derít világosságot. Csúcs-erőműveket — mint már említettem — mindig a hatásfok rovására igyekeznek olcsóbbítani. A csúcserőművek rövid üzemideje ugyanis indokolttá teszi a befektetési költségekben való takarékoskodást a hatásfok rovására, mivel az esetleges többlet-szénfogyasztás értéke — tekintettel a rövid üzemidőre — sokkal kevesebbet tesz ki, mint az amortizációs költségekben mutatkozó megtakarítás. A tanulmány azonban fényt derít most arra a körülményre, hogy az egyébként sokkal rosszabb hatásfokú csúcserőművek sem fogyaszthatnak általában több tüzelőanyagot, mint ha az ezen csúcsidőkben az egyébként jó hatásfokú erőműnek kellene a többletteljesítményt szolgáltatni. Végső következtetésként meg kell tehát állapítanunk, hogy a csúcs-erőművek létesítése általában olcsóbbá teszi a teljesítménykiépítést anélkül, hogy az összszénfogyasztást kedvezőtlenül befolyásolná.

Energiagazdálkodásunk egy másik sarkalatos problémája az úgynevezett alapszénkérdés. Köztudomású, hogy jóminőségű tatai és dorogi szeneink (úgynevezett alapszeneink) termelési aránya — tekintettel gyengébb minőségű szeneink hatalmas iramban fokozódó kihasználására — mindig kisebb és kisebb lesz. Ennek következtében az ipar részére, amely ezelőtt jóformán csakis ezeket a szeneket fogyasztotta, nem tudunk továbbra is tisztán tata-dorogi szeneket adni, hanem iparunknak az alapszenek mellett úgynevezett keverő szénként gyengébb minőségű szeneket is fel kell használnia. Ez a körülmény a legtöbb esetben súlyos műszaki probléma elé állítja az egyes üzemeket. A segítés módja

azonban itt adva van abban, hogy a tüzelő berendezéseket fokozatosan átalakítjuk erre a szénfajtára. Ez lényegében a tűzterek megfelelő átalakításával és a rostélyfelületek nagyobbításával egyértelmű. Ennek a nehézségnek fokozatos leküzdése azonban nemcsak magát a problémát oldja meg, hanem energiagazdálkodási szempontból is jelentős eredménnyel zárul. A rostélyok és tűzterek átalakítása ugyanis egyben arra is alkalmat nyujt, hogy a legtöbbször elavult és így rossz hatásfokkal dolgozó kazántelepek hatásfokát is jelentékenyen megnöveljük. Az eredmény tehát nemcsak az alapszenek, hanem általában a tüzelőanyag megtakarításában fog jelentkezni.

A segítésnek ez a módja — gépiparunk kis teljesítő képessége miatt — természetesen nem vihető máról holnapra keresztül, és így sok helyen azonnali segítségre is szükség lehet. Ilyen azonnali segítségre is állnak rendelkezésünkre különböző módszerek. Ezek közül példaképpen csak egyet említek.

Vannak olyan ipartelepeink, amelyeknél a gőzfogyasztás erősen ingadozó és az alapszenek felhasználásánál mutatkozó nehézségek tulajdonképpen csak a csúcsidőkben jelentkeznek. Az átlagos gőzszükséglet fejlesztéséhez a rendelkezésre álló rostélyfelület például még gyengébb minőségű szénnel tüzelés esetén is alkalmas volna, a fellépő csúcsok idején azonban ez a rostélyfelület már csak tisztán alapszénnel való tüzeléskor volna elégséges. Ilyen esetekre javasoljuk régi Cornwall-kazánoknak gőztárolóként való átalakítását. Az így nyert gőztárolót a gyenge terhelésű időben feltöltjük, majd a csúcsidőben kisütjük, s ily módon fedezzük az üzemnek azt a gőzigényét, amelyet ebben az időszakban a kazán gyenge minőségű szénnel üzemeltetve már nem volna képes fedezni.

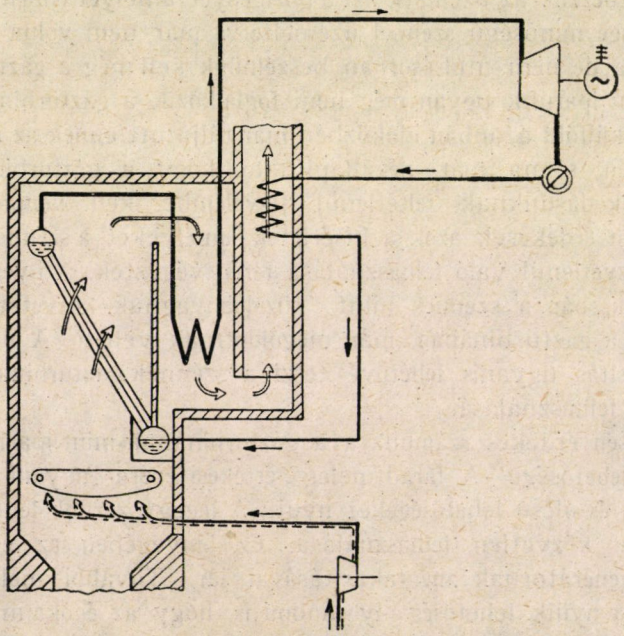
Utoljára, de nem utolsósorban beszélnünk kell még a gázturbina-kérdésről is. Hazai iparunk ugyan még nem foglalkozik a gázturbina gyártásának kérdésével, a külföld azonban időközben már túljutott ennek az új géptípusnak kikísérletezésén, s ma már megállapítható, hogy a gázturbinát gyakorlati energiagazdálkodásunknak feltétlenül figyelembe kell vennie. Számunkra különösképpen érdekesek azok a kísérletek, amelyeket a szénnek mint tüzelő anyagnak közvetlenül való felhasználása terén végeztek. A nyert eredmények igen biztatóak, bár a szénnek mint tüzelőanyagnak közvetett módon való felhasználása a gázturbinában, már megoldottnak vehető. A nagy nyomáson történő gázosítás ugyanis lehetővé teszi a szénnek gázturbinaüzemben való akadálytalan felhasználását.

Különösen érdekes számunkra a gázturbinának mint ipari hőerő-gépnek alkalmazási lehetősége. A fáradtmeleg értékesítésére ugyanis a gázturbina igen egyszerű és olcsó lehetőségeket nyujt. A legegyszerűbb lehetőség a kipufogó-gázoknak közvetlen felhasználása. Ez lényegében az egyébként igen költséges regenerátornak megtakarításával jár. További melegmennyiségek hasznosítására nyílik lehetőség oly módon is, hogy az égőkamrába csupán az égéshez szükséges levegőmennyiséget szállítjuk, és az így keletkezett nagy hőfokú füstgáz-mennyiséget például gőzfejlesztéssel hűtjük le a turbina meg-

engedte legmagasabb hőfokra. Ez lényegében azt jelenti, hogy az ily módon történő gőzfejlesztés — a sugárzási veszteségektől eltekintve — gyakorlatilag 100% hatásfokkal történik. Ez a nyereség magára a gázturbina-körfolyamatra nézve is minden további nélkül nyilvánvalóvá lesz, ha a kérdést abból a szemszögből nézzük, hogy az elégésnél kialakuló nagy hőfokot nem fölös levegő hozzákeverésével, hanem hasznos hőelvonással (a példa szerinti esetben gőzfejlesztéssel) hozzuk le a turbina megengedte szintre. Ez tehát lényegében azt jelenti, hogy a kompresszor azonos gépteljesítménnyel kisebb levegőmennyiséget komprimál.

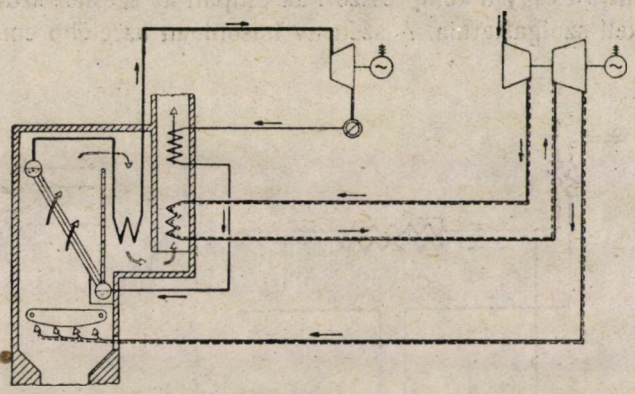
A legújabb időkben igen érdekes kombinációs lehetőségekre történtek javaslatok. Ezeknek egy része már kivitelezésre is került. Ezek a kombinációk gázturbina-telepeknek gőzerő-telepekkel való együttműködését célozzák a legkülönbözőbb módon. Így például kivitelezésre kerültek olyan megoldások, amelyeknél a gázturbina kipufogó gázai gőzerőmű tápvizét melegítették elő, egy másik esetben pedig a közbenső túlhevítőnek üzemeltetéséhez szolgáltatta a gázturbina a szükséges hőmennyiséget. Ennek a megoldásnak a termikus hasznon kívül még az az előnye is van, hogy a közbenső túlhevítő ily módon könnyebben szabályozható, és felépítése is lényegesen egyszerűbbé válik, mivel a gőzt nem kell visszavezetni a kazánba.

Az érdekesebbek közül valók azok a javaslatok, amelyek a gázturbinatelepeknek a gőzkazánnal való olyan kombinációját ajánlják, amelynél a gázturbina a



5. ábra.
Megtakarítás és hőegyensúly elnyomásos turbinával vízhő felszivattyúzásnál.

kazán égési levegőjét szolgáltatja (5—6 sz. ábrák)[2]. Itt a gázturbina lényegében levegő- turbina. A kompresszortól beszívott levegőmennyiséget a kompresszió után a gőzkazánban melegítjük fel a kívánt hőfokra, majd a felmelegített, komprimált levegő a gázturbinán ztül expandálva, mint égési levegő jut a gőzkazán tüzelőberendezésébe. A léghevítő a kazánnak megfelelő hőmérsékletű helyére van beiktatva, mely rendszerint a túlhevítő és tápvíz-előmelegítő között fekszik.



6 ábra.

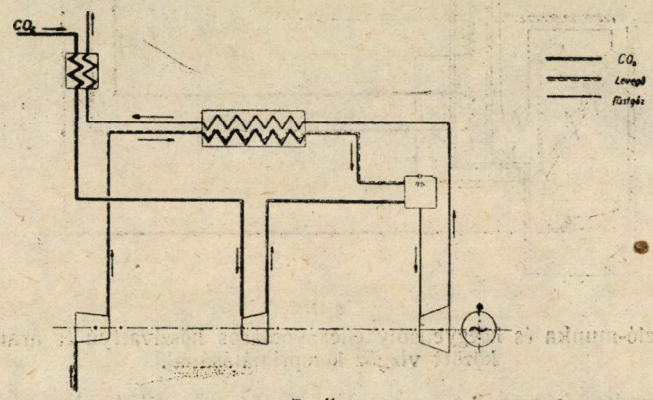
Kompresszió-munka és hőegyensúly ellennyomásos hőszivattyú és áramtermelés között vízgőz komprimálásánál.

A hatásfoknövekedés ennél a kapcsolásnál abban nyilvánul meg, hogy az ily módon alkalmazott gázturbina- (levegőturbina) telep hatásfoka eléri az 50%-ot. Ez utóbbi kapcsolások számunkra azért különös jelentőségűek, mert így a szénnek mint tüzelő anyagnak felhasználása gázturbinatelepen (ha csupán részben is) minden további nélkül lehetségessé válik.

Még egy szempontból nagyjelentőségű a gázturbina hazai energiagazdálkodásunkra nézve. Magyarországon jelentős földgáz-előfordulások vannak. Nagy CO_2-tartalmuk miatt ezek aránylag csekély fűtőértékűek (ca 3000 kcal/nm_3). A metánnal együtt feltörő 60—70% térfogatrészt kitevő CO_2 általában kellemetlen ballasztként jelentkezik, ha ezt a fűtőanyagot a szokványos módon kívánjuk eltüzelni. Ez a ballasztszerepe a szénsavnak azonban nemcsak teljes egészében eltűnik, hanem rögtön jelentős előnnyé is változik, ha a földgázt gázturbina-telepen kívánjuk hasznosítani. A földgáz ugyanis nagy nyomással (100—120 atmoszféra) tör fel a föld mélyéből és így közvetlenül bevezethető az égőkamrába. Ilymódon a kompresszornak az égéshez szükséges levegőmennyiségen kívül már csupán egy kisebb légmennyiséget kell »tömedékelés« céljából szállítania, mivel a földgázzal együtt az égőtérbe jutó szénsav maga is betölti a tömedékelő gáz szerepét. A kompresszor ebben az esetben kevesebb tömedékelési célt szolgáló levegőt komprimál, s így a gázturbina-telep teljes hatásfoka növekszik. Mivel a földgáz — mint már említettem — az égőtér nyomását messze felülmúló nyomással tör fel, további teljesítmény nyerésére

nyílik lehetőség, ha a földgáz-kút és az égőkamra közé megfelelő expanziós-turbinát iktatunk.

Még kedvezőbb lehetőséget nyújt energiagazdálkodásunk számára a gázturbina-rendszer alkalmazása a sopronvidéki tiszta szénsav-előfordulás felhasználásánál. Itt ugyanis a normális gázturbina-körfolyamat oly módon valósítható meg, hogy a *teljes* tömedékelő gázmennyiséget maga a szénsavforrás szolgáltatja és így a kompresszornak csupán az égéshez szükséges levegőmennyiséget kell szolgáltatnia. A szénsav hasonlóan az előbb említett földgáz-



7. ábra.

előforduláshoz, itt is 100 atmoszféra körüli nyomással tör fel a föld mélyéből, és így itt is lehetőség nyílik a gáz nyomásenergiájának expanziós turbinában való kihasználására. A 7. sz. ábra mutatja az általam javasolt kapcsolást. Ezek szerint a feltörő CO_2-gáz előmelegítőn keresztül, amelyet a gázturbina kipufogó gázai fűtenek, expanziós turbinán keresztül kerül az égőtérbe. A kompresszor szállította levegőmennyiség — amely ezúttal csupán az égéshez valóban szükséges légmennyiséget adja — a regenerátoron keresztülhaladva jut az égőtérbe. A tüzelőanyag elégésekor képződött füstgázok keverednek az expanziós turbinából odaérkező CO_2-gázokkal, majd ez a keverék a megengedett legnagyobb hőfokon jut be a gázturbinába, ahol atmoszferikus nyomásra expandál. A gázturbinát elhagyó gázmennyiség a regenerátoron keresztülhaladva előbb előmelegíti az égési levegőt, majd a szénsav-előmelegítőn keresztül áthaladva a szabadba jut.

Ez a kapcsolás, amely lehetővé teszi, hogy a kompresszor munkája csupán az égéshez szükséges levegőmennyiség összenyomására szorítkozzék, a gázturbina-körfolyamat hatásfokát közel 70%-kal megnöveli. Olyan esetben, amikor a gázturbina-telep teljes hatásfoka a szokványos nyitott körfolyamat alkalmazásakor például 29,3%, a javasolt módon, a szénsavforrásnak tömedékelés céljára való felhasználásával teljes hatásfokként kereken 50%-ot érhetünk el

Hőenergiagazdálkodásunk időszerű problémái — mint az előadottakból látható — igen sokrétűek és szerteágazóak. Ezzel egyidejűleg azonban azt is megállapíthatjuk, hogy az egyes problémákra mindenütt megtaláljuk a megfelelő megoldást és helyesen felépített energiagazdálkodásunk lehetővé fogja tenni a szénkincsünkkel való takarékos gazdálkodást.

IRODALOM

1. *Dr. sc. techn. L. Heller:* Die Bedeutung der Wärmepumpe bei thermischer Elektrizitätserzeugung. Budapest, Egyetemi Nyomda, 1948.
2. *W. Karrer:* The Gas Turbine as a Means of Securing Additional Output of Power. Fuel Economy Conference of the World Power Conference 1947.

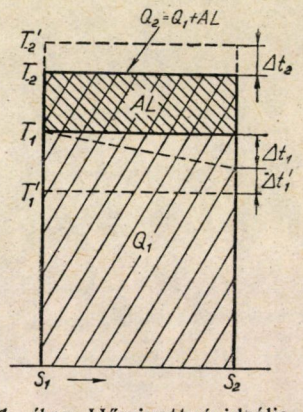
A HŐSZIVATTYÚ JELENTŐSÉGE ENERGIA-GAZDÁLKODÁSUNKBAN

OLLÉ LÁSZLÓ

Már többször volt vita tárgya, de magában is érdekes kérdés, lehetséges-e hazai viszonyaink között a hőszivattyút gazdaságosan alkalmazni, s ha igen, hol, mily módozatok között.

A következőkben e tárgyra vonatkozó vizsgálataim eredményeit foglaltam össze. Hiszem, hogy ezek a kérdést kellőkép világítják meg, s tisztázzák a hőszivattyú gazdaságos alkalmazásának lehetőségeit és feltételeit.

A hőszivattyú olyan eszköz, amellyel kis hőfoka miatt kihasználhatatlan hőenergiát alacsony hőfokszintről egy kihasználását lehetővé tevő magasabb hőfokszintre emelhetünk. A hőszivattyú e feladatát azonban csakis akkor tudja teljesíteni, ha a hőenergia hordozója gőz vagy gáz; működésének módja ugyanis az, hogy kis hőfokú gőzt vagy gázt kezdeti nyomásáról nagyobb nyomásra komprimál; a gőz vagy gáz a kompresszió-munkát hő alakjában felveszi, s hőfoka megfelelően emelkedik. Ha az energiahordó nem gőz vagy gáz, hőjével valamely a hűtőiparban használt hűtőfolyadékot kell elpárologtatni, s az így nyert gőzt a hőszivattyúval komprimálni.



1. ábra. Hőszivattyú ideális körfolyamata.

A hőszivattyú ideális körfolyama a Carnot-féle, amelynek TS diagrammját az 1. ábra tünteti fel. Ha a T_1 hőfokú s a T_1 vízszintes alatti területtel arányos Q_1 hőmennyiséget a T_2 hőfkszintre akarjuk felhozni, ezt a T_1 és T_2 vízszintesek közötti területtel arányos AL kompresszió-munkával hajthatjuk végre, s akkor a T_2 vízszintes alatti egész területtel arányos Q_2 hőmennyiséget, tehát nemcsak a behozott meleget, hanem a kifejtett munka hőegyenértékét is a T_2 hőfoknál elvezethetjük és hasznosíthatjuk. A T_2 hőfokszinten a munkaegységenként nyert hasznosítható hőenergia, a fajlagos teljesítmény, ε_c az ábraszerint

$$\varepsilon_c = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{1}{1 - T_1/T_2} \qquad (1)$$

s annál nagyobb, minél nagyobb a T_1/T_2 viszony, azaz minél kisebb a hőfokszintek közötti különbség.

A valóban elérhető fajlagos fűtőteljesítmény a kompresszor és a hajtómotor hatásfokának, a hőkicserélők okozta hőfokveszteségnek és a tényleges körfolyamnak az ideálistól való eltérése arányában kisebb, mint a Carnot-körfolyamé. A valóban elérhető fajlagos teljesítménynek, ε_t-nek és a Carnot-körfolyamának viszonyát, azaz a Carnot-körfolyamra vonatkoztatott hatásfokot, melyet a következőkben röviden Carnot-hatásfoknak nevezünk, η-val jelölve, a tényleges fajlagos teljesítmény

$$\varepsilon_t = \eta \varepsilon_c \tag{2}$$

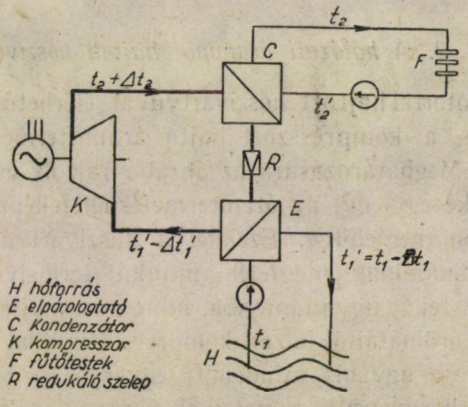
lesz.

Hőszivattyúval hasznosítható hőnek hordozója lehet folyadék, gőz vagy gáz; ezek közül — bár kivételes esetekben más energiahordozók is tekintetbe jöhetnek — jelentősége csak a víznek és gőzének, valamint a levegőnek van, s a következőkben csak velük foglalkozunk.

A. A víz, mint hőforrás

1. A hőszivattyús berendezés és az elérhető hatásfok.

A 2. ábra tünteti fel a nyílt vizek hőjének hasznosítására szolgáló berendezést. A *H* hőforrás vizének hőjével az *E* elpárologtatóban hűtőfolyadékot párologtatunk el, a keletkezett gőzt villamos motorral hajtott kompresszorral a *C* kondenzátorba nyomjuk. Itt a komprimált gőz a hőjét az *F* fűtőrendszert tápláló víznek adja át s lecsapódik, majd az *R* fojtószelepen keresztül az *E* elpárologtatóba expandál, ahol újra elpárolog. Ezzel az előző körfolyamat ujra kezdődik.



2. *ábra.* Villamoshajtású hőszivattyú vízhő hasznosítására.

Mivel vízből hőt csak úgy vonhatunk ki, ha lehűtjük, az elpárologtatóból kimenő víz hőfoka kisebb lesz, az 1. ábra szerint $\Delta t_1'$-gyel, mint a hőforrás hőfoka; a hő átvitelére a párologtatóban ezen kimenő vízhőfoknál Δt_1-gyel kisebb, a kondenzátorban pedig az utóbbiból kilépő keringő fűtővíz hőfokánál

Δt_2-vel nagyobb hőfoknak kell uralkodnia. A hőszivattyú körfolyamata tehát nem a hőforrás és a kihasználási T_1 és T_2, hanem a hőfokesésekkel nagyobbított s az 1. ábrában T'_1 és T'_2 hőfokhatárok között fog lefolyni. Ez a Carnot-körfolyamra vonatkoztatott hatásfokot kedvezőtlenül befolyásolja.

Ha a hőforrás bő, ami általában fennáll, ha a hőforrás folyó vagy tó vize, Δt_1, igen kicsiny, kb. 1° C lehet, s ezen Δt_1-gyel, a párologtatóban és kondenzátorban pedig együttesen 8°-kal s turbókompresszorral a következő Carnot-hatásfokot érhetjük el :[1]

teljesítmény	hatásfok
200 000—3 000 000 kcal/h	0,45—0,60
3 000 000 kcal/h felett	0,80—0,65

200 000 kcal alatt a fajlagos befektetési összeg igen rohamosan nő, úgyhogy e határ alá nem mehetünk.

Ha csak korlátolt mennyiségű víz áll hőforrásként rendelkezésre, a párologtatóban annál jobban le kell hűtenünk, minél többet akarunk hőtartalmából értékesíteni ; a lehűtés növekedésével a hatásfok mindjobban csökken.

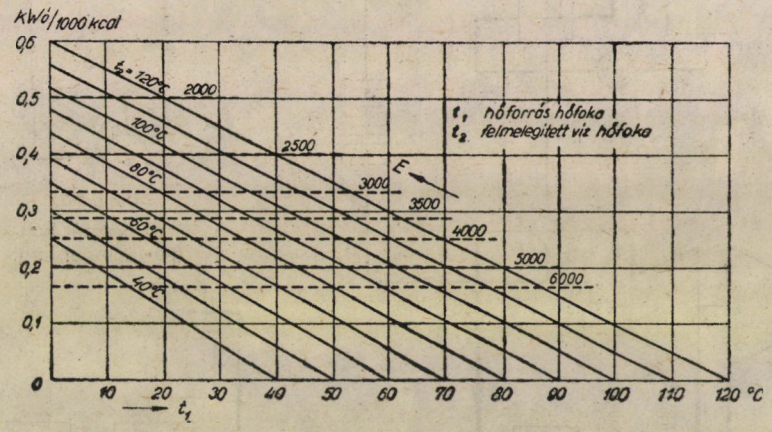
A Carnot-hatásfokot ismerve, a hőforrás és a fűtővíz hőfokából meghatározhatjuk a fajlagos fűtőteljesítményt ; ennek reciprok értéke megadja, hogy 1 kcal fűtőteljesítményhez hány kcal vagy ezt 860-nal osztva — hány kWó munka szükséges. Ez utóbbinak 1000-szeres értékét, azaz az 1000 kcal termelésére szükséges kWó-kat a 3. ábra tünteti fel a hőforrásnak és a kimenő, felmelegített fűtővíznek különböző hőfokára és nagyobb, kb. 3 000 000 kcal/ó — kb. 6 t/ó gőzzel fedezhető — fűtőteljesítménynek megfelelő $\eta = 0{,}60$ hatásfokra.

2. A hálózati árammal hajtott hőszivattyú

A villamosmotorral hajtott hőszivattyúval elérhető hőnyereséget a nyert fűtőteljesítmény és a kompresszort hajtó áram termelésére fogyasztott hő különbsége adja. Meghatározására az ábrába rajzolt vízszintesek szolgálnak, amelyek mindegyike egy-egy, az áramtermelésnél fellépő kWó-nkénti fajlagos hőfogyasztással van megjelölve. Ezekkel a hőszivattyú hajtására szükséges, a vízszintesek ordinátáinak megfelelő munkát termelve, az áram termelése 1000 kcal-ba kerül, tehát ugyanannyiba, mint amennyi a hőszivattyú termelte hő. (A vízszintesek ordinátáitól jelzett kompressziómunka és a megfelelő fajlagos hőfogyasztás szorzata ugyanis mindenütt egyenlő 1000-rel.) A vízszinteseket a következőkben a hőegyensúly vonalainak nevezzük, a hőegyensúlynál fellépő kWó-nkénti hőfogyasztást pedig E-vel jelöljük. Ha az áramot a jelzetteknél kisebb fajlagos hőfogyasztással termeljük, akkor a vízszintesen megadott és a tényleges fajlagos hőfogyasztás különbsége lesz a nyereség, s e különbséget a vízszintesen megadott fajlagos hőfogyasztással osztva, megkapjuk a hőszivattyú termelte hőnek megmaradó, hasznos hányadát.

E diagramm segélyével megítélhetjük, lehet-e a nyílt vizek hőjét hálózati árammal hajtott hőszivattyúval hasznosítani.

A szokványos radiátorok a fűtési idény 15—20 leghidegebb napján a felfűtéshez 90—70 C°-ú vizet igényelnek, a többi napokon legfeljebb 65°-osat. Ha a hőszivattyút 65°-os melegvíz termelésére rendezzük be, s a leghidegebb napokra kiegészítő kazánfűtésről gondoskodunk, a fűtés te es hőszükségletének kb. 90%-át fedezhetjük hőszivattyúval; ily módon olcsóbb berendezéssel gazdaságosabban dolgozunk. A hőforrás vízének hőfokát 2 C°-kal véve fel, a diagramm szerint a hőegyensúly 2900 kcal/kWó-nál áll be. A 65°-os vízhőmérséklet azonban csak a felfűtéshez kell, a felfűtés után az egész idényre számítva kb. 55° elégséges; a hideg napoktól eltekintve a hőforrás átlagos hőfoka kb. 5°-ra tehető. Ezen hőmérsékletekkel az áramfejlesztésnél a legnagyobb hő-



3. ábra. Kompresszió-munka vízhő felszivattyúzására.

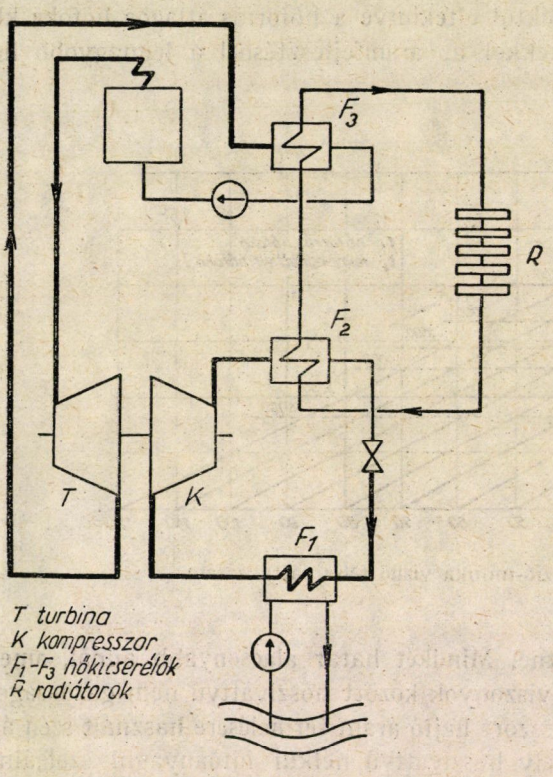
fogyasztás 3300 kcal/kWó lehetne. Mindkét határ alacsonyabb annál, amely hazánkban elérhető, s azért ily viszonyok között hőszivattyú nem gazdaságos.

Ez a helyzet, ha a kompresszort hajtó áram termelésére használt szén ára ugyanaz, mint azé a széné, amely hőszivattyú nélkül fűtőanyagul szolgálna. A két szénár, illetőleg különböző fajtájú szénnél a fűtőérték egységára főleg a különböző szállítási költségek miatt általában nem egyenlő. Ha a hőszivattyúval megtakarított szénnek ez az egységára *s*-szerese az áramtermelésre felhasználtának, a megtakarítás *s*-szerese lesz annak, amelyet egyenlő szénár mellett érhetünk el. Ezért a hőegyensúly a 3. ábrában foglalt kWó-nkénti hőfogyasztásnak *s*-szeresénél, *sE*-nél fog beállani. Ebből kell a kompresszort hajtó áram termelésére szükséges kWó-nkénti hőfogyasztást levonni, hogy a megtakarítást megkapjuk. A hálózati veszteség miatt azonban nagyobb ez a hőfogyasztás a hőszivattyú telepén, mint az erőműben; ha q_{el} az erőműben a hálózatba

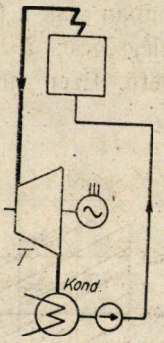
táplált áram kWó-jára a hőfogyasztás és η_h a hálózat hatásfoka, levonandó q_{el}/η_h. Ezek alapján a hőszivattyúval elérhető megtakarítás kcal-nként:

$$m = \frac{sE - q_{es}/\eta_h}{sE} \tag{3}$$

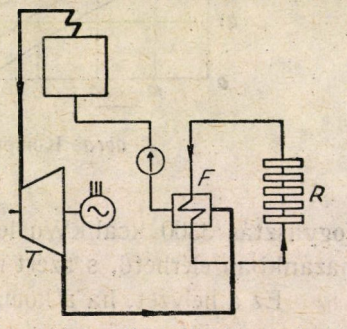
Feltételezve, hogy a hőszivattyú telepén a szénár 1,5-szerese egy a bánya mellé telepített erőműének, s 15% a hálózati veszteség, 65°-os melegvíz termelésénél 2900 helyett 4350 és 55°-os termelésénél 3300 helyett 4950 kcal/kWó-



4/a ábra. Fűtőerőmű hőszivattyúval.



4/b ábra.
Közhasznú kondenzációs erőmű.



4/c ábra.
Fűtőerőmű áramtermeléssel.

nál lesz a hőegyensúly. Ezek a határok, ha elérhetők is, de túl alacsonyak jelentősebb megtakarítás elérésére.

Kedvezőbb eredményre jutunk mennyezetfűtéssel vagy sugárzófűtéssel. Ez esetben, a leghidegebb napoktól eltekintve, felfűtésre 55°, átlagban pedig 45° elégséges. Ha a hőforrás 5°-os s a szénárak egyenlők, felfűtésre 3300, utána 4000 kcal/kWó az áramtermelésnél a határ. Hazánkban jelenleg 3600 kcal-nál kevesebb hővel nem tudnak 1 kWó-t előállítani, ami a távvezeték-veszteséggel

4000 kcal fölé emelkedik, ily módon tehát a hőszivattyú nem hoz megtakarítást. 1,5-szeres szénárnál azonban — ami pl. a Nagybátony—Budapest relációban fellép — 5000 és 6000 kcal/kWó-nál van a hőegyensúly; 3600 kcal/kWónál, 15% hálózati veszteséggel már számbajövő, 15%, illetőleg 29%, a megtakarítás.

Kérdés ezzel szemben, mit érhetünk el a kalorikus úton leggazdaságosabban, ellennyomásos gőzgéppel termelt árammal.

3. Az ellennyomásos turbinával hajtott hőszivattyú

Mint ismeretes, a kondenzációs gépeknél lényegesen kisebb fajlagos hőfogyasztással, kb. 1200 kcal/kWóval termelhetünk villamosenergiát ellennyomásos gőzgépekkel. Ily alacsony fajlagos fogyasztás mellett már lényeges megtakarítást érhetünk el hőszivattyúval. A mennyezetfűtés 5—45° határaira kimutatott 4000 kcal/kWó hőegyensúlynak megfelelően a megtakarítás 60% lesz. Természetesen fel kell használnunk a kompresszort hajtó ellennyomásos turbina fáradt gőzét is. Ennek legegyszerűbb, s egészen kivételes esetektől eltekintve, egyedüli módja: a fáradtgőzt a komprimált gőzzel együtt fűtésre felhasználni. A berendezést a 4/a ábra mutatja. Ha a kimenő fűtővizet először a komprimált, majd a fáradt gőzzel melegítjük, a kompresszió véghőfoka valamivel alacsonyabb lehet, mint ha a komprimált és a fáradt gőzt összekeverjük.

A megtakarítást, azaz a fűtésre felhasznált teljes hőmennyiségnek a nyílt víz melegével fedezett részét következőkép határozhatjuk meg.

Legyen:

i_k kcal/kg a kazángőz hőtartalma,
i'_o kcal/kg a tápvíz hőtartalma,
r' kcal/kg a fáradt gőz 1 kg-jától kondenzálódásnál leadott hő,
n_k kWó/kcal a fajlagos kompresszió-munka,
C_k kg/kWó a turbina fajlagos gőzfogyasztása a tengelykapcsolón,
Q kcal a felszivattyúzott hőmennyiség,
η_k a kazánhatásfok.

A kompresszor hajtására szükséges munkagőz $n_k C_k Q$ s a belőle nyert fáradt gőzből a fűtésnél $r' n_k C_k Q$ a leadott hő, a munkagőz előállítására szükséges szénmeleg $(i_k - i'_o) n_k C_k Q/\eta_k$ és ez a hőszivattyús fűtés hőfogyasztása.

A fűtő rendszerben a komprimált hővel együtt fogyasztott hő $Q + r' n_k C_k Q$ s ennek előállítására $1/\eta_k$-szoros szénmeleg volna szükséges.

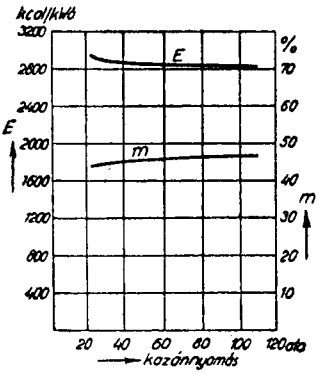
A hőszivattyús fűtéshez szükséges szénmeleg tehát a közvetlen fűtés szükségletének következő hányada:

$$v = \frac{(i_k - i'_o)\ n_k C_k Q}{Q + r' n_k C_k Q} \tag{4}$$

A megtakarítás $m = 1/v$, tehát:

$$m = 1 - \frac{i_k - i'_o}{r' + 1/n_k C_k} \tag{5}$$

A kazánnyomás emelése alig hat m értékére, mert vele nő i_k, de ugyanakkor kisebbedik r', valamint C_k s e változások hatása egymást csaknem teljesen kiegyenlíti. Ezért legfőképpen a fajlagos kompresszió-munka, n_k vagy — amitől utóbbi függ — a hőszivattyúval legyőzendő hőfok-különbség szabja meg a megtakarítás nagyságát.



5. ábra. Megtakarítás és hőegyensúly ellennyomásos turbinával vízhő felszivattyúzásánál.

Azt a megtakarítást, amelyet a menynyezetfűtésre előzőleg megadott 45°-os kimenő fűtővíz mellett különböző kazánnyomásnál elérhetünk, az 5. ábra alsó görbéje tünteti fel. A számításnál 0,2 ata ellennyomást, fokozatos tápvíz-előmelegítést s 75% átlagos adiabatikus hatásfokot feltételeztünk, s figyelembe vettük a kazánház önfogyasztását. A megtakarítás elég jelentős, s kitesz

22	atás	360	C°-ú	gőzt	termelő	kazánnal	44,0%-ot
41	«	465	«	«	«	«	45,4%-ot
110	«	500	«	«	«	«	46,5%-ot

A megtakarítás nagyjából egyenlő azzal, amit egy, a bányától távolabb fekvő telepen, a bánya közelébe telepített erőmű áramával hajtott hőszivattyúval érhetünk el. Ellennyomással azonban a megtakarítás a bánya és a hőszivattyútelep fekvésétől függetlenül minden esetben eléhetrő, s a kisebb hőszivattyú és az olcsóbb erőmű következtében a befektetés is alacsonyabb lesz.

A különböző kazánnyomásra nyert értékek közti különbségek meglepően kicsinyek. Ennek oka az, hogy a kazánnyomás emelkedésével a turbina fajlagos gőzfogyasztása kisebbedik ugyan, s így a hőforrásból több meleg termelhető, de ennek következtében a fűtőrendszer kevesebb fáradt gőzt tud felvenni, ami a turbina kisebb fajlagos gőzfogyasztásának hatását nagyrészben kiegyenlíti. Ezért a szóbanforgó célra nagy kazánnyomások alkalmazása nem nyújt előnyt.

4. Az áramtermeléssel összekötött és a hőszivattyúval történő fűtés összehasonlítása

Bár a hőszivattyúval az előzők szerint jelentős megtakarítások érhetők el, meg kell vizsgálnunk, nem volna-e előnyösebb hőszivattyú helyett ellennyomásos turbógenerátort felállítani, fáradt gőzével a fűtést ellátni, a termelt áramot pedig a hálózatba táplálni. Az ehhez szükséges igen egyszerű berendezést a 4/c ábra mutatja. A kazánon és turbógenerátoron kívül csak a fűtővíz felmelegítésére szolgáló készülékből áll. E berendezéssel szemben a hőszivattyús megoldás csakis az ipari gőzszükségletet látja el. Hogy az összehasonlítás azonos alapon történhessék, az utóbbinál is gondoskodnunk kell, hogy ugyanannyi áramot termeljünk, mint az áramtermeléssel összekötött fűtésnél. E célból a 4/b ábrában vázolt külön erőművet kell felállítanunk. Összehasonlítandók tehát egyrészről a 4/a és 4/b, másrészről a 4/c ábrában vázolt berendezések.

Az előző pont jelzéseinek megtartása mellett legyen:

s az ipartelep és a külön erőmű szén egységárának viszonya,

h az ipartelep és a külön erőmű hálózati hatásfoka reciprok értékeinek viszonya,

η_g a generátor hatásfoka

q_{el} a külön erőműben 1 kWó hálózatba táplált áram termelésére szükséges hő kcal/kWó-ban.

Az előző pont szerint a fűtés hőszükségletét a kompresszorturbina fáradt gőze, $n_k C_k Q$, által leadott és a komprimált Q hőmennyiség fedezi. Utóbbi pótlására Q/r' fáradt gőz volna szükséges. A fűtést ellennyomásos turbógenerátor fáradt gőzével látva el, a teljes gőzszükséglet

$$G = Q/r' + n_k C_k Q \tag{6}$$

s evvel ellennyomásban $\eta_g G/C_k$ áram termelhető. Ugyanezen árammennyiség termelésére közhasznú erőműben a hálózati veszteségek különbözőségének figyelembevételével $\eta_g q_{el} G/hC_k$ hő szükséges. A hőszivattyús fűtés akkor lesz előnyösebb, ha ezen, a közhasznú erőműben és a kompresszorturbina gőzének előállítására szükséges hőmennyiség kisebb az ellennyomásos fűtésnél az ellennyomásos turbinába áramló gőz előállítására szükséges hőmennyiségnél, azaz tekintve, hogy az ipartelepi szénár s-szerese a közhasznú erőműénél, ha

$$sn_k C_k Q\,(i_k - i'_o)/\eta_k + \eta_g q_{el} G/hC_k < s\,(Q/r' + n_k C_k Q)\,(i_k - i'_o)/\eta_k \tag{7}$$

Feltételeztük, hogy a fűtőtelepen a kazángőz hőtartalma a két esetben ugyanaz. Az eltérő kazánnyomásnál előálló kis különbség elhanyagolható. G fenti kifejezését helyettesítve s az egyenlőtlenséget q_{el}-ra megoldva kapjuk, hogy a hőszivattyús megoldás gazdaságosabb, ha

$$q_{el} < \frac{sh\,(i_k - i'_o)}{\eta_g\,\eta_k\,(r' n_k + 1/C_k)} \qquad (8)$$

Az 5. ábra felső görbéje tünteti fel $q_{el} = E$ határértékét a kazánnyomás függvényeként $sh = 1$ értékére. A tápvíz hőtartalmát a kompresszor felső nyomásának megfelelő folyadék-hővel vettük egyenlőnek. A kazánnyomástól alig befolyásolt értékek az egész vonalon 3000 kcal/kWó alatt maradnak, s így ugyanazon szénárral a hőszivattyús megoldás hátrányosabb.

Ha a szénárak és a hálózati veszteség különbözők, 41 ata kazánnyomásnál

$sh =$	1	1,5	2,0 értéknél
$q_{el} <$	2870	4300	5740 kcal/kWó lesz.

Budapesten a délnógrádi szén kb. 1,6-szorosa a bányaárnak, a reciprok hálózati hatásfokok viszonyát 0,9-re véve, a határérték 4200 kcal/kWó-nál lesz. Újabb közhasznú erőműveink fogyasztása ennél jobb, s így kis hőfokú fűtésnél a hőszivattyúnak komoly esélyei vannak.

Ez a hőszivattyús kis hőfokú fűtés legcélszerűbben egy újonnan épülő nagyobb háznegyedben volna bevezethető, amelynek házait egységesen kis hőfokú fűtéssel látnók el.

A beruházást illetőleg figyelembe veendő, hogy a hőszivattyú hajtására kis- vagy középnyomású kazán is elegendő, míg a külön erőműben és az ellennyomásos telepen célszerűbb a nagy nyomás. Az ellennyomásos és kondenzációs turbinák fajlagos gőzfogyasztására is tekintettel, végeredményben, a hőszivatytyús megoldásnál a külön erőmű kazánját is beleszámítva, a kazánok kb. 30—35 %-kal drágábbak lesznek, s azonkívül befektetendő a hőszivattyú beszerzési költsége és a külön erőműben a kondenzáció. A kis hőfokú fűtőtestek ára is nagyobb lesz. Ha a szén egységárában elég nagy a különbség, a befektetési többlet amortizálható, különösen, ha meggondoljuk, hogy a külön erőmű egész évben üzemben tartható alaperőmű, míg az ellennyomásos telep csak a fűtőidény alatt s akkor is átlagosan csak fél teljesítménnyel járhat. Ha a fűtőtelepet ellennyomásos turbina helyett elvételes kondenzációssal szereljük fel, s a fűtést csapolt gőzzel látjuk el, a turbina járhatna ugyan egész évben, de hatásfoka a fűtési idényben a tiszta ellennyomásos turbináénál kisebb lenne, az idény utány pedig a külön erőtelephez képest rosszabb hatásfokkal és drágább szénnel volna üzemben tartandó. Nem hagyható figyelmen kívül az a körülmény sem, hogy ily fűtőerőmű 30—40 évig marad üzemben, s e hosszú idő alatt a közhasznú erőművekben az összehasonlítás alapjául szolgáló fajlagos hőfogyasztás lényegesen csökkenni fog. A fentiekre tekintettel a rentábilitás kérdésére nem adhatunk általános érvényű választ, azt esetenként külön kell megvizsgálni, de lehetőség mutatkozik e téren a hőszivattyú gazdaságos alkalmazására.

5. Az ipartelepek elfolyó melegvizének, hőforrásoknak kihasználása

E vizek korlátolt mennyiségben állnak rendelkezésre, s ezért, ha hőjüknek jelentékenyebb részét akarjuk hasznosítani, erősen le kell őket hűtenünk. A szükséges kompresszió munka a 3. ábrából olvasható le, ha a hőforrás hőfokául a lehűtött víz hőfokát tekintjük. A körfolyam alsó hőfoka a lehűtött víz hőfoka; a diagramm szerkesztésénél feltételeztük, hogy a hőforrást csak 1°-kal hűtjük le, s ez esetben a hőforrás és a lehűtött víz hőfoka gyakorlatilag összeesik.

A diagramm közvetítő közeggel működő hőszivattyú munkaszükségletét adja meg. Megtörténhetik azonban a hőelvonás egyszerűen úgy is, hogy megfelelő kis nyomáson a víz egy részét elgőzölögtetjük, s a keletkezett gőzt komprimáljuk. Az elpárologtató és a kondenzátor hőfok-vesztesége ez esetben elesik, s a Carnot-hatásfok emelkedik. A vízgőznek kis hőfokoknál beálló nagy fajlagos térfogata miatt ezen eljárás oly nagy kompresszorokat kíván, hogy gyakorlatilag nem igen jöhet számításba.

A közvetítő közeggel elérhető eredményekről a következők tájékoztatnak. 80°-os melegvízből azt 20, 40, illetőleg 60°-ig lehűtve, a 0° feletti hőtartalomból 75, 50 illetőleg 25%-ot hasznosíthatunk. A hőegyensúly

100°-os meleg viz termelésnél 2400, 3200 ill. 5000 kcal/kWó-nál
120°-os meleg víz termelésnél 2000, 2500 ill. 3400 kcal/kWó-nál

lesz. Ezek oly kis értékek, hogy kondenzációs géppel termelt áram használatát kizárják; ellennyomással fejlesztett árammal azonban kisebb-nagyobb nyereség mutatkozik.

B. A hulladék-vízgőz értékesítése

6. Kompresszió-munka

Ha vízgőz a hőforrás, nincs szükség közvetítő közegre, magát a gőzt komprimálhatjuk, s a komprimált gőz kondenzálódva közvetlenül a fogyasztási helynek adhatja át hőjét. A hőszivattyú ez esetben kompresszorból és motorjából áll. Ennek következtében elesik a hőesés az elpárologtatóban és a kondenzátorban, valamint az a hőesés is, amely a hőforrás lehűlése következtében áll elő, s így a Carnot-körfolyamra vonatkoztatott hatásfok kedvező értéket vesz fel.

Az ipari gőzszükségletet telített gőz kg-jaiban szokásos megadni; a számításokban nagy könnyítést és jobb áttekintést nyújt, ha a túlhevítve kilépő komprimált gőzt is telítettre számítjuk át.

A gőzt már a komprimálás folyamán hűtenünk kell a fokozatokba fecskendezett vízzel; feltételezhetjük, hogy annyi hűtővizet fecskendezünk be — egy részét esetleg a kilépő gőzbe — hogy a komprimált gőz épen telített legyen.

Ha

$AL_k = AL_a/\eta_a$ a tényleges, az adiab. kompresszió-munka és az adiab. hatásfok,

i_1'' a beszívott telített gőz összhője,

i_2 a komprimált gőz összhője,

$i_2'' - i_2' = r''$ a telített gőz össz-, folyadék- és rejtett hője,

$i_2 - i_2' = r'$ a komprimált gőz kondenzálódásánál felszabaduló hő,

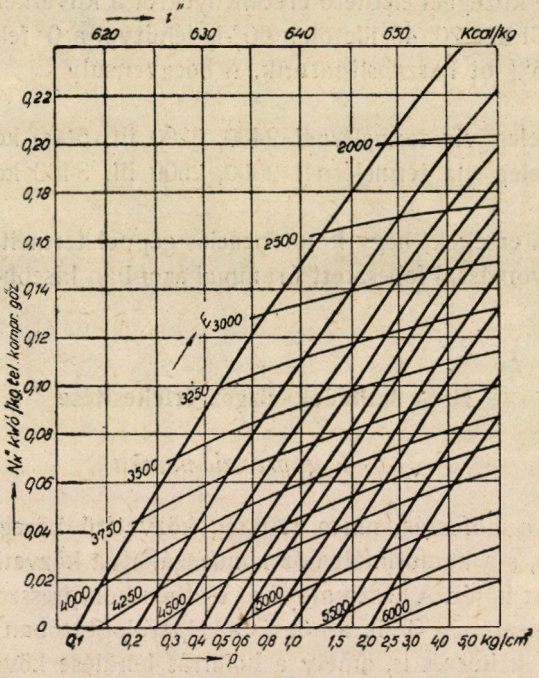
η_m a kompresszor mechanikai hatásfoka,

N_k, N_k'' a túlhevített, illetve a telített komprimált gőz 1 kg-jára eső kompresszió-munka kWó-ban,

akkor nyilvánvalóan

$$N_k'' = \frac{r''}{r'} N_k = \frac{r'' AL_k}{860\, r' \eta_m} \tag{9}$$

A 6. ábra ily telített komprimált gőz 1 kg-jára szükséges munkát tünteti fel az egyes görbék abszcisszán fekvő és egy tetszés szerinti más pontjának meg-

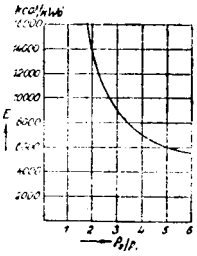


6. ábra. Kompresszió-munka és hőegyensúly ellennyomásos hőszivattyú és áramtermelés között vízgőz komprimálásánál.

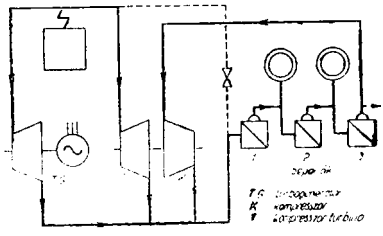
felelő nyomáshatárok között. Az abszcisszán lineárisan 1 kg telített gőz összmelege van felvíve, amelynek változásával a kompresszió munka megközelítőleg arányos ; a nyomás-lépték emiatt nem lineáris. A szerkesztéshez a kompresszor adiabatikus hatásfokát átlagosan 70%-kal vettük fel, bár ennél nagyobb értékek is elérhetők.

7. A villamoshajtású hőszivattyú

A 6. ábrában a hőgyensúly vonalainak berajzolásától eltekintettünk — az ábra keresztgörbéi később megadandó jelentőségűek. Az ábra segélyével ugyanis könnyen megállapíthatjuk, hogy a vég- és a kezdőnyomás viszonyának ugyanazon értékénél a végpont nagy megközelítéssel ugyanazon hőegyensúly-vonalon fekszik, vagyis a hőegyensúlynak megfelelő kWó-nkénti fajlagos hőfogyasztás a nyomásviszony függvénye. A 7. ábra e függvényt azon esetre mutatja, amikor a komprimált gőz összmelegét kihasználhatjuk. Ha csak a rejtett meleg hasznosítható, az ordináták a rejtett és az összmelegnek a végnyomásnál kiadódó viszonyával — mely 0,5 és 3,0 ata közt 0,87—0,79-ig változik — szorzandók. A gyakorlatban a nyomásviszony felső határa 3—4, s ennek megfelelően az ábra szerint a gőz rejtett hője értékesítésénél kb. 7200,



7. ábra. Hőegyensúly hálózati árammal hajtott kompresszorral vízgőz komprimálásánál.



8. ábra. Ipartelep ellennyomásos turbinával hajtott vízgőz-kompresszorral.

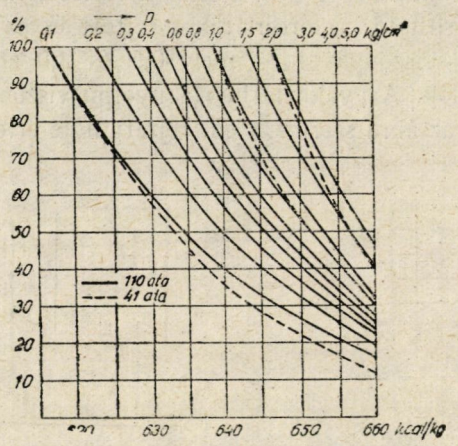
ill. 5600 kcal/kWó-nál van a hőegyensúly. Ez 3-as nyomásviszonynál általában, 4-es nyomásviszonynál pedig kis fajlagos hőfogyasztással előállított áramnál kellő rentabilitást biztosít.

A paradicsomsűrítők, gyümölcslé-bepárlók, borsűrítők és hasonlók nyomásviszonyai ezen nyomásviszonyokon belül maradnak. Ezen üzemek teljesítménye azonban a legtöbb esetben alul marad azon a minimumon, amelynél még turbókompresszor alkalmazható. Ilyen esetekben gőzsugár-szivattyút alkalmazhatunk, erre később térünk vissza.

8. Az ellennyomásos turbinával hajtott kompresszor.

Leggazdaságosabb a kompresszort ellennyomásos turbinával hajtani. Ez olyan üzemekben lehetséges, amelyekben az ipari gőzszükséglet fedezésére részben vagy teljesen kazángőzt használnak. Ezen közvetlenül vett gőz megfelelő részével annyi hulladékgőzt komprimálhatunk, hogy a komprimált gőz és a kompresszor-turbina fáradt gőze éppen fedezze a különben kazángőzzel ellátott ipari gőzszükségletet; feltétel, hogy elég hulladékgőz álljon rendelkezésre. A hőszivattyú ily módon nagyon előnyösen alkalmazható bepárló

üzemekben, ahol az utolsó bepárló gőze részben vagy egészben felhasználatlanul távozik. A 8. ábra mutat ilyen berendezést 3 fokozatú bepárlóval, amelynek fokozataiból az üzem egyes részeit is fűtik. A generátor-turbina fáradt gőze az 1. bepárló fűtésére szolgál. A szaggatott vonal jelzi a hőszivattyú nélkül a kazánból közvetlenül vett, valamint az utolsó bepárlóból kihasználatlanul távozó gőz útját. Hőszivattyúval mind a komprimált, mind a kompresszor-turbina fáradt gőze az 1. bepárló fűtésére szolgál. Azt a hőt, amelyet a kazán-



9. ábra. Megtakarítás hőszivattyúval vízgőz komprimálásánál.

ból közvetlenül vett gőzből hőszivattyúval megtakaríthatunk, a következőkben határozzuk meg.

Legyen a már használt jelzéseken kívül

g'' 1 kg telített ipari gőzre eső telített komprimált gőz,

$C_k = \frac{r''}{r'} C_k''$ a kompresszort hajtó turbina tényleges és telített fáradt gőzre átszámított fajlagos gőzfogyazstása,

η_k a kazánhatásfok.

A g'' kg gőz komprimálására szükséges munkának egyenlőnek kell lennie az $(1 - g'')$ kg gőzből nyert munkával, tehát

$$N_k'' g'' = \frac{1 - g''}{C_k''} \tag{10}$$

s innét

$$g'' = \frac{1}{1 + N_k'' C_k''} \tag{11}$$

Hőszivattyúval ezen gőzmennyiséget, illetve a kondenzálódásával felszabaduló $r'' g''$ hőmennyiséget takarítjuk meg, le kell azonban vonnunk a kompresz-

szió-munkára fordított hőmennyiséget, ami nyilvánvalóan 860 $N_k'' g''$-vel egyenlő. A kazánhatásfokot figyelembe véve a megtakarítás 1 kg telített ipari gőzből:

$$m = \frac{g''}{\eta_k}\left(r'' - 860 N_k''\right) = \frac{r'' - 860 N_k''}{\eta_k (1 + N_k'' C_k'')} \qquad (12)$$

A 9. ábrából e megtakarítások leolvashatók. A kihúzott vonalak 100, a szaggatottak 41 ata kazánnyomással érhetők el. A különbségek teljesen lényegtelenek, nagy nyomás alkalmazása tehát ez esetben sem indokolt.

A megtakarítások 0,1 és 1 ata kezdőnyomásnál és különböző nyomásviszonynál a következők:

nyomásviszony	2	3	4
kezdőnyomás 0,1 ata	80	67	60%
kezdőnyomás 1,0 ata	70	56	47%

A 8. ábra szerinti berendezés bevezetésének gazdaságosságára vonatkozólag ez idő szerint egy üzemet illetőleg pozitív választ adhatok, s ez a cukorgyár. A cukorgyárban 4 fokozatú bepárló 130°-os fűtőgőzzel 100°-os véggőzt szolgáltat. Ennek jórésze felhasználásra kerül ugyan, de pótolható a ma jórészt kihasználatlanul távozó kondenzvizek hőjével. E pótlást keresztülvíve, az ily módon felszabaduló gőzt visszakomprimálva, a kazánból vett fűtőgőznek 50%-a, a generátor-turbina fogyasztásának betudásával a teljes gőzfogyasztásnak 30—40%-a takarítható meg. A hőszivattyú bevezetése azonban nem vihető keresztül a mai kisnyomású kazánokkal, viszont a kilátásban levő megtakarítással a rövid répafeldolgozási idény alatt új kazánok költsége nem amortizálható. Ezért a hőszivattyú csak oly esetben vezethető be, amikor a kazánok avultsága miatt új kazánokat kell beszerezni. Hőszivattyúval az új kazánok teljesítőképessége 30—40%-kal kisebb lesz a különben szükségesnél, s az ebből adódó különbség bőven fedezi a hőszivattyú s a szükséges átalakítások költségét.

A legnagyobb bepárlóüzemben, a timföld-gyárban a hőszivattyú bevezetésére nem kedvezők a viszonyok. Míg ugyanis a cukoroldatok forráspont-emelkedése 38° *B*-nél 5,3° C, aluminátlúgnál ez 14 C°-ot ér el; 4 fokozatú bepárlóban cukorgyárban kb. 8 C°, timföld-gyárban 38 C° a forráspont-emelkedés következtében beálló hőfok-veszteség. Emiatt a timföldgyárban nagy, csaknem 90° hőesés szükséges a bepárlóban, s ez volna a hőszivattyútól legyőzendő hőfok-különbség. Túl nagy ahhoz, hogy jelentősebb megtakarítást érhessünk el. Azonkívül a hulladékgőz kis, 0,16 ata nyomásánál a gőz fajlagos térfogata igen nagy, s ez a kompresszort nagyon megdrágítaná. Külföldön alkalmaztak már timföld-gyárban hőszivattyút, de villamoshajtással. Részletes tanulmánnyal volna csak eldönthető, hogy a bepárlórendszer megváltoztatásával s a gyár hőgazdálkodásában eszközlendő változtatásokkal bevezethető volna-e hőenergiával hajtott hőszivattyú ezen gyárban.

A hőszivattyú gazdaságos alkalmazására általában mindazon üzemekben

kilátás van, amelyekben nagymennyiségű oldatot kell besűríteni. Fejlődésben levő vegyi nagyiparunk egyes termékei előállításánál vagy források, fúrások vizében oldott sók kitermelésénél ez most gyakran alkalmazott eljárás. A szóba jövő esetekben a közölt diagrammok segélyével könnyen eldönthető a gazdaságosság kérdése.

9. Az áramtermelő és a hőszivattyús üzem összehasonlítása

Kérdés itt is, hogy nem előnyösebb-e hőszivattyú helyett ellennyomásos erőtelep felállítása. Hogy erre feleletet adhassunk — ugyanúgy, mint a nyílt vizeknél tettük — összehasonlítandó a hőszivattyús ipartelep és egy külön kondenzációs erőmű az ellennyomással áramot fejlesztő iparteleppel. A választ a vízmeleg értékesítésének kérdésénél a q_{el} határértékére (18) alatt közölt képlet adja meg. Az abban szereplő n_k 1 kcal komprimálására szükséges munka. A 6. ábra ordinátái 1 kg telített gőz előállítására szükséges munkát adják meg, melyet N''_k-vel jelöltünk. 1 kg telített gőz kondenzálódva rejtett melegét, r''-et adja le; n_k helyébe ezért N''_k/r'' helyettesítendő s akkor a képlet C''_k-val C_k helyett jelen esetre érvényes lesz.

A képlet segélyével a 6. ábrába berajzoltuk a külön erőtelep azon kWó-nkénti fajlagos hőfogyasztását feltüntető görbéket, amelyeknél a két megoldás hőfogyasztása az ipari gőzszükséglet ellátására és ugyanazon árammennyiség előállítására ugyanaz, feltéve, hogy a szénár és a hálózati hatásfok ugyanaz. A képletben az abszcissza egy tetszőleges pontjának megfelelő nyomásnál mint ellennyomásnál fellépő C''_k értéket helyettesítve, a különböző felvett q_{el} értékkel kiadódó N''_k értékek lesznek az egyes $q_{el} = E$ görbék ordinátái. A tápvíz melegtartalma az ellennyomásnak megfelelő folyadékhővel egyenlőnek van felvéve. Ha a szénárak és hálózati veszteségek különbözők, s a szénárak és a reciprok hálózati hatásfokok viszonyát mint az előzőkben *s*-sel, illetve *h*-val jelöljük, a görbék ordinátái *sh*-val szorzandók.

A cukorgyárakra felvett 1 atáról 3 atára történő kompresszionál

h *sh*a = 1,0 a határérték ..... 4000 kcal/kWó
ha *sh* = 1,5 a határérték ..... 6000 kcal/kWó
ha *sh* = 2,0 a határérték ..... 8000 kcal/kWó

Adott esetben az ipartelepen 2-szeres a szén ára, s a hálózati veszteségek viszonyát 0,8-ra véve kalórikus vonalon a hőszivattyú annyival előnyösebb, amennyivel 6400 kcal/kWó-nál kisebb fajlagos fogyasztással állítjuk elő az erőműben az áramot.

A beruházást illetőleg sem kedvezőtlen a hőszivattyúra a helyzet a cukorgyárakban. A szükséges kazánkapacitás mindkét esetben közel ugyanaz; az áramtermelésnél szükséges gőzből ugyanis hőszivattyúval a fele megtakarítható, a kWó-nkénti gőzfogyasztás pedig kondenzációval félakkora, mint ellennyomás-

sal. A turbógenerátorok teljesítménye mindkét esetben ugyanaz, s beszerzési árukban sem lesz különbség, ha a kondenzációs turbinát nem külön gépegységben, hanem egy nagy erőmű gépének részeként ruházzuk be. Terheli a hőszivattyús megoldást a kompresszornak és hajtóturbinájának költsége. De a befektetési költségeket illetőleg figyelembe kell még vennünk, hogy az ellennyomásos erőtelep csak a cukorfeldolgozási idényben, szeptember eleje és december közepe között termel áramot, tehát a téli csúcs fedezésére nem jöhet számításba. Evvel szemben a külön erőmű egész évben rendelkezésre álló alaperőmű, s mint ilyennek beruházási költsége az ellennyomásos teleppel való összehasonlításnál országos szempontból levonandó. A levonandó összeg többszöröse a hőszivattyú árának, a hőszivattyús megoldás tehát végeredményben jóval olcsóbb az ellennyomásosnál. Lehetséges volna az ellennyomásos erőművet kondenzációs farokkal ellátni, s a répa feldolgozása után evvel együtt üzemet tartani, de ez a magas szénár miatt nem volna gazdaságos, úgyhogy egy ilyen erőmű legjobb esetben is csak mint csúcserőmű volna számításba vehető.

10. Gőzsugár-szivattyú

Élelmiszerek besűrítésénél — ilyenek a paradicsomlé, a gyümölcslé, a must — kisebb mennyiségű, alacsony, 1—2 tized atm. nyomású hulladékgőz keletkezik. A turbókompresszor csak nagymennyiségű gőz komprimálására alkalmas, dugattyús kompresszor a nagy gőztérfogatok miatt nem jöhet számításba, ezért ily esetekben csakis gőzsugár-szivattyút lehet alkalmazni. Ennek hatásfoka igen kicsi, 15—20 hőfok-emelkedésnél 10—12 atás munkagőzből a komprimált gőz 2-szerese szükséges. Könnyen kimutatható, hogy ha az üzem részére szükséges áramot a hálózatból veszik, a gőzsugár-szivattyú munkagőzének és a hálózati áramnak termelésére több szén szükséges, mint akkor, ha az egész hulladékgőzt kondenzáljuk, de a fűtőgőzzel a bepárlóba való vezetése előtt ellennyomással áramot fejlesztünk. Ez utóbbi esetben még kedvezőbb lesz az eredmény, ha a bepárlást két fokozatban végezzük. E körülmények miatt a gőzsugár-szivattyú gazdaságosan nem alkalmazható. Komoly szerepe ott van, ahol olcsó, víz-erőműben termelt áram áll rendelkezésre.

C) A léghőszivattyú

11. Működési módja és hatásfoka

A levegő hőjét kétféle módon emelhetjük magasabb hőfokszintre: vagy hűtőfolyadék közvetítésével, s akkor a berendezés hasonló ahhoz, amely a nyílt vizek hőjének felszivattyúzásához szükséges, vagy pedig úgy, hogy külön munkaközeg helyett magát a hőforrást képező levegőt komprimáljuk. Ez utóbbi esetben elesik az alsó hőátvevő felület, viszont a felső hőátadóban lehűtött levegő nyomását — a komprimálásra fordított munka részbeni vissza-

nyerésére — nem fojtó szeleppel, hanem expanziós hengerrel szállítjuk le az alsó nyomásra. A levegő eközben a szívási hőfok alá hűl, s a hőfok-különbségnek megfelelő hő az, amelyet a beszívott levegőből nyertünk.

A hőátadó felületeken a levegő rossz melegátadása miatt aránylag nagy hőfok-esés szükséges, a hő be- és elvezetése levegőnél nem izotermikusan, hanem állandó nyomás mellett, s a levegő egyidejű felmelegítése, illetőleg lehűtése közben történik; e miatt kicsi a Carnot-körfolyamra vonatkoztatott hatásfok s nagy a kompresszió-munka; ehhez járul, hogy azon üzemekben, amelyekben ilyen hőszivattyúk alkalmazhatók, általában nem nagy a hőigény, s ezért a kompresszor kis teljesítményű és kis hatásfokú lesz. E körülmények miatt a léghő-szivattyúnak hatásfoka a 40%-ot nem igen haladja túl.[2]

A kompresszor hajtására ellennyomásos gőzturbinát véve, a kis hatásfok miatt a fáradt gőz rejtett hője mellett aránylag kevés a komprimálható hő, s ezért hajtóerőként úgyszólván kizárólag csakis villamosáram jöhet szóba. Ez a berendezés kis hatásfoka miatt hazánkban nem lehet gazdaságos. Másrészről a levegő nagy fajlagos térfogata miatt a berendezés is költséges, úgyhogy léghő-szivattyú a legkevésbbé gazdaságos megoldás a környezet hőjének kihasználására.

Egy nagy előnye azonban mégis van, és ez az, hogy vele a folyamat megfordítható, azaz télen fűtésre, nyáron pedig hűtésre használható. Olyan üzemekben, amelyekben a levegő kondicionálásánál nyáron hűtésre is van szükség, a meglevő berendezés hőszivattyúként alkalmazva, könnyebben versenyezhet külön fűtőberendezéssel. Kedvező esélyekkel alkalmazható a hőszivattyú szárítóüzemek páratelt levegője hőenergiájának hasznosítására, fűtés, melegvíz vagy meleglevegő előállítására.

Az előadottakkal igyekeztem áttekintést nyújtani a hőszivattyúról és alkalmazhatóságáról. Míg a bő és olcsó vízenergiával rendelkező államokban a hőszivattyú alkalmazási köre igen tág, hazánkban, ahol kizárólag szénenergia áll rendelkezésre, gazdaságosan csak a legkisebb fajlagos hőfogyasztással, ellennyomással termelt energiát használhatjuk kompresszor hajtására. Bányák közelébe telepített nagynyomású erőművek kiépítésével s a velük lényegesen kevesebb szénmeleggel termelhető áramnak hajtóerőként való alkalmazásával mindjobban szélesedni fog a hőszivattyú gazdaságos alkalmazásának tere. A közgazdaság érdekében kívánatos a kérdést állandóan figyelemmel kísérni, a lehetőségeket felkutatni, s kedvező viszonyok kialakulásánál a hőszivattyút minél kiterjedtebben alkalmazni.

IRODALOM

1. *Brown—Boveri*: Die Wärmepumpe als Kältemaschine u. Heizmaschine 1946. VI. 7.
2. *Dr. Haidegger*: A hőszivattyú szerepe az energiagazdaságban. M. M. és É. E. 1943. IV.

A LEVEGŐKONDENZÁCIÓ ALKALMAZÁSÁNAK MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGI LEHETŐSÉGEI HAZAI GŐZERŐMŰVEINKBEN

FORGÓ LÁSZLÓ gépészmérnök

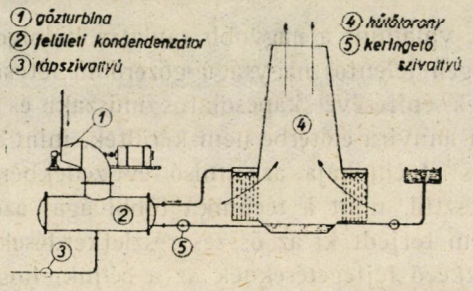
Az ötéves terv, valamint a nagyobb távlatra kidolgozott országos villamosítási terv több igen jelentős nagyságú gőzerőmű létesítését irányozza elő. Ezért a gőzerőművek építésével kapcsolatos műszaki és gazdasági kérdések hazánkban még soha annyira előtérbe nem kerültek, mint most.

Az erőműépítés technikája az utolsó évtizedekben éppen olyan erős fejlődésen ment keresztül, mint a technika többi ága, azonban ez a fejlődés természetszerűleg nem terjedt ki az összes részletkérdésekre egyforma arányban. Az alább következő fejtegetéseknek az a céljuk, hogy rámutassanak az erőműépítés egyes olyan problémáira, amelyek további fejlesztés lehetőségét rejtik magukban.

Kondenzációs gőzerőművekben a turbinákból kilépő fáradt gőz kondenzálásához jelenleg kizárólag vízhűtéses felületi kondenzátorokat alkalmaznak. A szükséges hűtővízmennyiség biztosítására, a létesitendő erőmű helyének kiválasztásánál tehát mindenekelőtt a vízviszonyokra kell tekintettel lenni. Erőműveket ezért csak megfelelő hozamú folyóvizek vagy tavak mentén, de legalább is olyan helyen kell létesíteni, ahol a hűtő tavas, vagy hűtőtornyos üzemhez szükséges pótvízmennyiség rendelkezésre áll. Ez a körülmény gyakran megakadályozza az erőműnek az egyébként legkedvezőbb helyre való telepítését. Így pl. ha a tüzelőanyag lelőhelyén, — még ha a termelt villamosenergiát akár az ottlevő fogyasztó ellátására fejlesztenék is — megfelelő vízmennyiség nem áll rendelkezésre, az erőművet egy távolabbi helyen kell megépíteni, ahol a szükséges vízmennyiség biztosítható. Ilyen esetben mind a tüzelőanyagot, mind a villamosáramot esetleg nagyobb távolságra kell állandóan szállítani a vízszerzés nehézségei miatt. Mivel pl. egy 50 MW teljesítményű erőmű üzemben tartásához 300—400 m^3/ó pótvízmennyiség szükséges, látható, hogy nagyobb erőművek építésénél a pótvíz megszerzése a tervezőket súlyos feladat elé állítja, s az erőmű létesítésének költségeit lényegesen növeli. További nehézségeket okoz a tisztán friss vízzel vagy visszahűtött vízzel dolgozó kondenzációs erőműnél a kondenzátor csöveinek gyakori tisztítása, amelyre a szennyeződéseket kisebb-nagyobb mértékben mindig tartalmazó hűtővíz miatt van szükség. Minthogy a kondenzátorcsöveket nem lehet túlságosan rövid időközökben tisztítani, az átlagos üzemben mindig számolni kell egy bizonyos mértékű

elszennyeződéssel, ami évi átlagban a turbina hatásfokát rontja, és fajlagos gőzfogyasztását növeli. A kondenzátorcsövek megfolyósodása esetén pedig a hűtővíz betör a vákuumtérbe, és elszennyezi a kazántápvizet.

A hűtőtornyos vagy hűtőtavas üzemnek ezek a hátrányai már régen arra serkentették a kutatókat, hogy e nehézségek kiküszöbölésére megoldást találjanak. Mielőtt azonban az erre vonatkozó megoldási lehetőségek ismer-



1 ábra.

tetésére rátérnék, röviden összefoglalom a hűtőtornyos üzem legfőbb jellemzőit.

A kondenzációs erőműveknél jelenleg leggyakrabban alkalmazott hűtőtornyos megoldás vázlatát mutatja az első ábra.

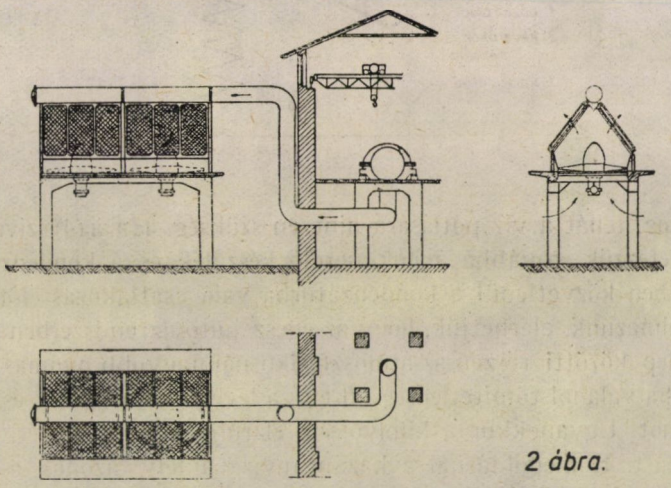
Az (1) gőzturbinából kilépő fáradt gőz, a (2) felületi kondenzátorba kerül. A lecsapodott vizet a (3) tápvízszivattyú visszatáplálja a kazánba. A felületi kondenzátorban a gőz lecsapásánál felszabaduló hő a hűtővizet felmelegíti. A hűtővizet a (4) hűtőtorony medencéjéből az (5) szivattyú nyomja be a kondenzátor hűtőcsöveibe és innen a hűtőtoronyba. A hűtőtoronyban lecsurgó víz a levegővel való érintkezése és párolgás következtében újra lehűl. A hőközlés túlnyomórészt párolgás útján történik. A hűtőtoronyban elpárolgó vízmennyiséget természetesen állandóan pótolni kell. A párolgás következtében a hűtővízben oldott, vagy magával ragadott anyagok besűrűsödnek, és így a keringetett hűtővíz egy részét időnként le kell ereszteni és friss vízzel pótolni, ami növeli a pótvízszükségletet.

A fáradt gőz lecsapásánál felszabaduló hőmennyiséget tehát végső fokon az atmoszférikus levegő veszi át. A pótvízszükséglet csakis azért áll elő, mert a hőközlés a hűtő víz és a levegő között nagyrészt párolgás útján történik.

Az előadottak után magától értetődő a törekvés olyan hűtő rendszer kialakítására, amelynél a külső levegő a felszabaduló kondenzációs hőt vízpárolgás nélkül veszi át, úgyhogy a kondenzációs pótvíz-szükséglet megszűnik.

Egy ilyen kísérletről igen érdekes leírást és műszaki adatot közöl O. Happel [1]) egy GEA-rendszerű levegőkondenzátorról, amelyet egy bányaerőműnél állítottak fel. A levegőkondenzációs berendezés óránként mintegy 5000 kg gőz kondezálására alkalmas. A berendezés vázlatát a 2. számú ábra tünteti fel.

A berendezés annyiban különbözik a hűtőtornyos rendszertől, hogy a fáradt gőz lecsapására szolgáló kondenzátort nem vízzel hűtik, hanem közvetlenül az atmoszférikus levegővel, amelyet a hűtőelemeken ventilátor hajt keresztül. E rendszernél a közvetítő hűtővíz teljesen elmarad, a fáradt gőz megfelelő átmérőjű csővezetéken át kerül a kondenzátorba. A berendezés a pótvízszükséglet teljes kiküszöbölésének problémáját maradéktalanul megoldja, gyakorlati megvalósítása azonban megkapó egyszerűsége mellett is meglehetős nehézségekkel jár. A fáradt gőz nagy fajlagos térfogata miatt u. i. a turbina és a kondenzátorelemek között igen nagy átmérőjű csővezetéket kell alkalmazni, hogy az abban előálló nyomás esés a rendkívül nagy áramlási sebesség mellett

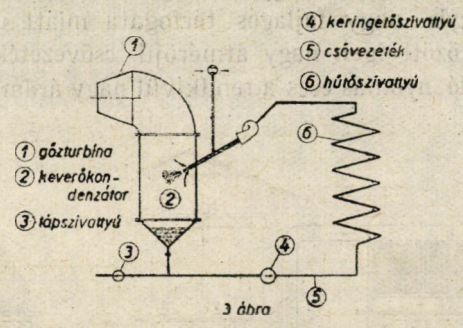


2 ábra.

is a megengedhető határok között maradjon. Így pl. egy 50 MW teljesítményű gőzturbinához két darab egyenként mintegy négy méter átmérőjű csővezetékre van szükség. A nagyméretű csővezeték nemcsak a létesítési költségek miatt hátrányos, hanem üzemi szempontból is, minthogy a nagy kiterjedésű és felületű csővezetéket, továbbá a sokezer tömítési helyet (a hűtőelemek behengerelt csővégeit) igen nehéz állandóan vákuumtömören tartani. Ha valahol tömítetlenség keletkezik, igen nagy nehézséget okoz a hiba helyének megállapítása és az üzemzavar megszüntetése. E rendszer alkalmazása tehát különösen nagyobb teljesítményű erőtelepeknél válik igen nehézkessé.

[1]) *O. Happel:* Betriebserfahrungen mit einem Luftkondensator, Archiv für Wärmewirtschaft 1941. évf. 265. old.

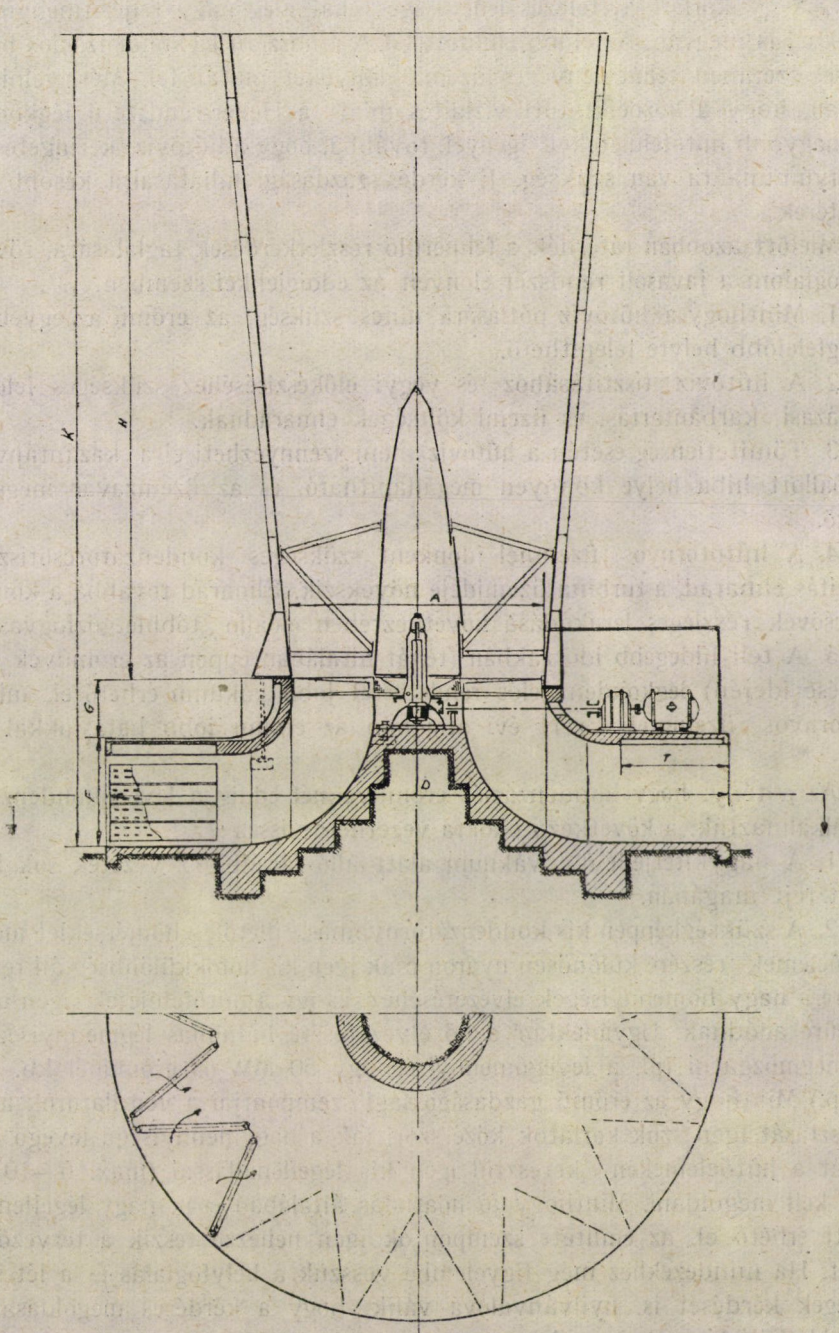
E hátrányok kiküszöbölését célozza dr. Heller László javaslata a 3. sz. ábrán vázolt megoldással. Heller az (1) gőzturbina fáradt gőzét nem felületi kondenzátorokban, hanem ú. n. keverőkondenzátorban (2) csapatja le. Ez esetben a gőzből keletkező kondenzátum és a felmelegedett hűtővíz összekeveredik egymással, és együttesen lép ki a kondenzátorból. A keverék megfelelő részét a (3) szivattyú szállítja el a kazán táplálásához, a többit a (4) szivattyú keresztülnyomja az (5) csővezeték segítségével a (6) hőkicserélő készüléken, amelyen az atmoszférikus levegőt ventilátor hajtja keresztül. A hűtővíz a hőkicserélő készülékben lehűl, és a kondenzátorba való befecskendezésre újból alkalmassá válik. Minthogy a hűtővíz e rendszernél sem érintkezik a levegővel,



3 ábra

nem is párolog, tehát a víz pótlására nincsen szükség. Ha a (4) szivattyút megfelelően méretezzük, továbbá a hőkicserélő készülék és a kondenzátor között a csővezetékben közvetlenül a kondenzátorba való csatlakozás előtt egy fojtószelepet alkalmazunk, elérhetjük, hogy az egész hűtővízrendszerben a szivattyú és a fojtószelep közötti részen az atmoszférikusnál nagyobb nyomás uralkodjék. Ez esetben, ha valahol tömítetlenség áll elő, a levegő nem tör be, és nem rontja le a vákuumot. Ugyanekkor a kifolyó víz elárulja a hiba helyét, és lehetővé teszi a javítást. E megoldásnál a kazántápvíz, amely azonos a hűtővízzel, még tömítetlenség fellépése esetén sem szennyeződhet el. Ha a csővezetékben fojtószelep helyett kis vízturbinát (7) alkalmazunk, (közös tengelyen a (4) szivattyúval), a szivattyúmunka egy részét visszanyerhetjük és a fojtószelepnél előálló energiaveszteséget csökkenthetjük.

E rendszer tehát megoldja mindazokat a nehézségeket, amelyek eddig a légkondenzáció széleskörű alkalmazását akadályozták. A keverőkondenzátor sokkal egyszerűbb és olcsóbb a felületi kondenzátornál. (Hűtőtornyos üzemnél azért nem lehet alkalmazni, mert a levegővel érintkező hűtővíz igen sok levegőt hordana be magával a vákuumtérbe és lerontaná a turbina hatásfokát, továbbá a nyitott rendszer miatt többé-kevésbbé szennyezett hűtővízzel elkeveredő kondenzátum nagynyomású kazánoknál nem volna alkalmas a kazánba való visszatáplálásra.) A hűtővíz keringetéséhez szükséges csővezeték nem nagyobb átmérőjű, mint a hűtőtornyos üzemnél, a szivattyúmunka pedig



4 ábra.

kisebb. A gyakorlati kivitelezés lehetősége tehát még nagy teljesítményű erőtelepeknél is megvan. Az előbb említett GEA-rendszerű légkondenzációs berendezéssel szemben tehát lényeges üzemi előnyöket mutat fel. Mérlegelni kell azonban, hogy a közbeiktatott vízhűtés miatt a Heller-rendszerű légkondenzáció nagyobb hűtőfelületeket igényel, továbbá, hogy a hűtővíz keringetéséhez szivattyúmunkára van szükség. E kérdés gazdasági kihatásaira később még visszatérek.

Mielőtt azonban rátérnék a felmerülő részletkérdések taglalására, röviden összefoglalom a javasolt rendszer előnyeit az eddigiekkel szemben.

1. Minthogy a hűtővíz pótlására nincs szükség, az erőmű az egyébként legmegfelelőbb helyre telepíthető.

2. A hűtővíz tisztításához és vegyi előkészítéséhez szükséges jelentős beruházási, karbantartási és üzemi költségek elmaradnak.

3. Tömítetlenség esetén a hűtővíz nem szennyezheti el a kazántápvizet, az előállott hiba helye könnyen megállapítható, és az üzemzavar megszüntethető.

4. A hűtőtornyos üzemnél időnként szükséges kondenzátorcsőtisztítás és javítás elmarad, a turbina üzemideje növekszik. Elmarad továbbá a kondenzátorcsövek részleges lerakódása következtében előálló többletgőzfogyasztás.

5. A téli hidegebb időszakban (tehát általában éppen az erőművek nagy terhelése idején) légkondenzációs rendszerrel jobb vákuum érhető el, mint a hűtőtornyos üzemmel. Ezért évi átlagban az erőmű jobb hatásfokkal dolgozik.

Az a tény, hogy kondenzációs erőműveknél eddig a levegőkondenzációt nem alkalmazták, a következő okokra vezethető vissza:

1. A nagykiterjedésű, vákuum alatt álló fáradt gőz vezeték sok hibaforrást rejt magában.

2. A szükségképpen kis kondenzátornyomás, illetőleg hőmérséklet mellett a hűtőelemek részére különösen nyáron csak igen kis hőfokkülönbség áll rendelkezésre a nagy hőmennyiségek elvezetéséhez, és így a hűtőfelületek igen nagyméretűre adódnak. Ugyanekkor a hő elvezetésére hatalmas légmennyiségeket kell megmozgatni (pl. a levegőmennyiség egy 50 MW-os erőműnél kb. 6500 m^3/mp.) Minthogy az erőmű gazdaságossági szempontjai a ventilátorok áramfogyasztását igen szűk korlátok közé szorítják a nagymennyiségű levegő mozgatását a hűtőelemeken keresztül igen kis légellenállással (max. 6—10 mm v. o.) kell megoldani. Minthogy jó hőátadás általában csak nagy légellenállás mellett érhető el, az említett szempontok igen nehézzé teszik a tervező feladatát. Ha mindezekhez még figyelembe vesszük a helyfoglalás és a létesítési költségek kérdését is, nyilvánvalóvá válik, hogy a kérdéses megoldása csak hosszabb fejlődés eredménye lehet.

A technika mai állása mellett azonban mind a kis légellenállású és mégis aránylag jó hatással bíró hőkicserélő készülékek előállítása, mint az igen nagy

méretű és jó hatásfokú csavarventilátorok sz erkesztése megoldott probléma. A lehetőség tehát ma már adva van a légkondenzáció technikai megvalósítására.

E lehetőségeket felismerve a Villamosítási Kutatási Bizottság egy több mérnökből álló munkabizottságot hozott létre, amely a kérdést alaposan áttanulmányozva arra a megállapításra jutott, hogy a légkondenzáció — Heller javaslata szerint — megvalósítható és az előbbiekben öt pontban foglalt műszaki és gazdasági előnyöket felmutatja. A munkaközösség javasolta kísérleti berendezés rövidesen felépítésre kerül. A hőátadó felületek méretezéséhez szükséges előkísérletek elvégzésére a cikk szerzőjének vezetésével a Hőtechnikai Intézet nyujtott lehetőséget.

A továbbiakban röviden ismertetem a javasolt légkondenzációs rendszer leglényegesebb műszaki részleteit és a gazdaságosságra vonatkozó legfőbb adatokat.

A Heller-rendszerű légkondenzációs berendezés felépítése

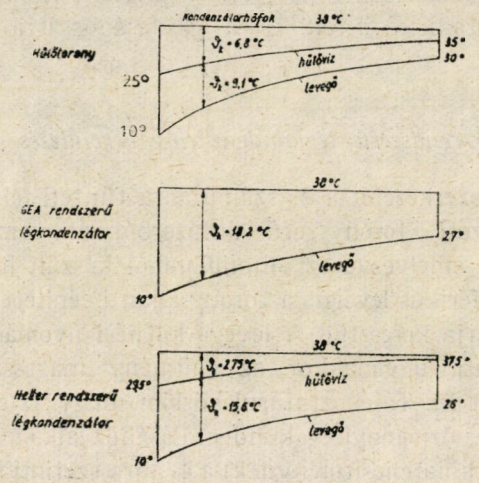
A berendezés szerkezetét a 4. számú ábra tünteti fel. A hűtőberendezés függőlegesen kiképzett, toronyszerű diffúzorból áll, amelynek lábazatánál körpalástón vannak elhelyezve az alumíniumból készült hűtőelemek. A hűtőelemeken az atmoszférikus levegőt a torony alján beépített függőlegestengelyű csavarventilátor hajtja keresztül. A levegő kilépési nyomásveszteségét a diffúzor erősen csökkenti, ugyanakkor az építmény magasságának megfelelően kéményhatást is fejt ki. Tájékoztatásul közlöm, hogy az előméretezési adatok szerint egy 15,2 t/ó gőzmennyiség kondenzálásához alkalmas berendezés (megfelel kb. 4,3 MW turbinateljesítménynek) a 4. ábra szerinti felépítésben a következő főbb méretekkel bír:

felső legnagyobb átmérő	14,2 m
lábazat legnagyobb átmérő	17,6 m
teljes magasság	31,— m
keringető szivattyú és ventilátor energiaszükséglete	64,1 kW

Amint ezek a számadatok mutatják, a hűtővíz keringetéséhez, továbbá a ventilátorok hajtásához ebben az esetben a turbinateljesítménynek mindössze kereken 1,5%-ára van szükség. Az előzőkben már említett munkabizottság a méretezés kérdését részletes vizsgálat tárgyává tette, és a méretek megállapítását, a hűtőfelületek légellenállását, valamint a különböző hatásfokú ventilátorok alkalmazását a végső gazdaságosság szempontjából (létesítési költségek törlesztése, üzemköltség) 27 változatban dolgozta ki, ezek közül a legkedvezőtlenebb esetben sem haladja meg a szivattyú és a ventilátor erőszükséglete a 3,3%-ot.

A hőfokkülönbségek alakulása

A fáradt gőz kondenzációs melegének a külső levegővel való közlésére rendelkezésre álló hőfokkülönbség számszerűen a 5. ábra szerint alakul. Ez az ábra alkalmas arra, hogy az eddigiekben említett háromféle rendszerű kondenzációs berendezést a hőfokkülönbségek szempontjából egymással összehasonlítsuk. Ez a hőfokkülönbség u. i. egyik leglényegesebb tényezője a hűtőfelületek méretezésének. Az ábra egymás felett mutatja a három rendszernél kialakuló hőfokokat, mindegyiknél azonos kondenzátor hőfok 38°C, és levegőhőmérséklet, + 10°C mellett. (A két felső diagramm K. Lang 2 cikkéből van átvéve.) Az ábrába beírt logaritmikus középhőmérséklet alapján megállapítható,



5 ábra.

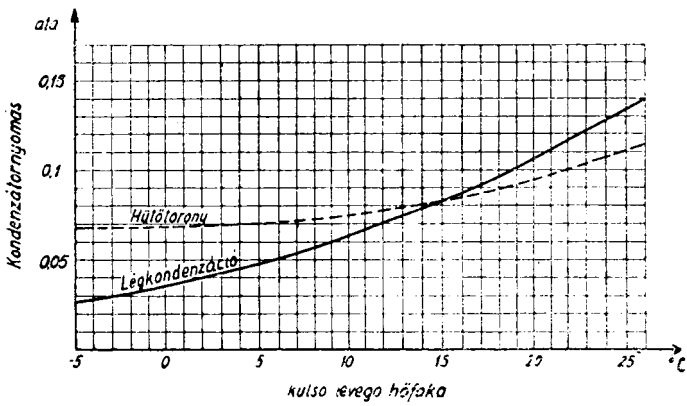
hogy a Heller-rendszerű légkondenzáció alkalmazásánál mintegy 16%-al nagyobb hűtőfelületre van szükség, mint a GEA-rendszernél. Az a körülmény, hogy az utóbbinál a hőkicserélő felületen belül gőz csapódik le igen jó hőátadási tényezővel míg az utóbbinál belül víz áramlik, kevésbbé jó hőátadási tényezővel, csak kis mértékben befolyásolja a hőátszármaztatási tényezőt, (Wärmedurchgangszahl), amely tudvalevőleg főleg a rosszabbik hőátadási tényező — jelen esetben a levegőoldal — szerint alakul. A vízoldalon egyébként is igen kitűnő hőátadási tényezőt lehet elérni, mivel a keringetett víz a hűtő elemek csöveiben aránylag nagy sebességgel áramoltatható anélkül, hogy a szivattyúmunka megengedhető határok fölé emelkednék.

[2]) *K. Lang:* Die Luftkondensation in Dampfkraftwerken, Archiv für Wärmewirtschaft 1939. évf. 19. old.

A hűtőelemek kiképzése.

A hűtő elemek kialakításánál figyelemmel kell lenni a légkondenzációnál felmerülő különleges szempontokra, a nagy hőmennyiségre, a kis hőfok-különbségre, a levegő nagy mennyiségére és a szűk korlátok közé szorítandó légellenállásra.

A már említett, Németországban megvalósított kísérleti légkondenzációs berendezés e szempontoknak az általában használatos bordás csövek alkalmazásával igyekezett eleget tenni. E berendezésnél a vékony vörösrézlemezekből készült bordák ovális keresztmetszetű vörösrézcsövekre voltak felfűzve. A hővezetést a csövekről a bordákra ónozással biztosították. Ovális csövek alkalmazá-



6. ábra.

sára a légellenállás csökkentése miatt volt szükség. A hűtőfelületeket azért készítették vörösrézből, mert e fém kitűnő hővezető képessége lehetővé tette hosszú bordák alkalmazását, és evvel az anyagfelhasználás és a helyfoglalás csökkentését.

E megoldással ellentétben a Hőtechnikai Intézetben folyó kísérletek a szerző irányításával egészen más úton haladnak. Több magyar szabadalom[3] felhasználásával, új hőtechnikai alapelvek alkalmazásával olyan irányban haladnak a kísérletek, hogy a már említett szempontoknak megfelelő hűtőelemeket vörösréz helyett tiszta alumíniumból olcsón lehessen előállítani.

A hőátadással foglalkozó szakirodalomból ismeretes, hogyha gáz vagy folyadék szilárd felület mentén áramlik, akkor azoknak a gáz- vagy folyadékrészecskéknek az áramlási sebessége, amelyek a felülettel közvetlen érintkezésbe kerülnek, fékeződik. Így a felület mentén ezekből a súrlódás folytán lelassult részecskékből az áramlás irányában folyton vastagodó, ú. n. határréteg kelet-

[3] Beck István 1937. Beck József 1948.

kezik. Ha a felület hőmérséklete különbözik az áramló közegétől, akkor az áramlás mellett hőközlés is történik, amelynél a közeg és a felület között kicserélődő hőmennyiségnek keresztül kell haladnia az említett határrétegen. A lelassult részecskékből álló határréteg azonban beáll a felület hőmérsékletét megközelítő hőfokra, és a hőközlésnél szigetelő hatást fejt ki, amivel a hő áthatolását megnehezíti. Beck István találmányának az volt a lényege, hogy ezt a szigetelő határréteget erősen csökkentette hőátadó felületként az áramlás irányában igen rövid bordák alkalmazásával, amelyeknél a határréteg a rövid érintkezés felületén nem tud kialakulni. A hőátadó felületeket ezen alapelv szerint sűrű áttörésekkel kell ellátni, amelyeken az áramló közeg oly módon halad át, hogy közben a felületet mindössze néhány mm hosszon érinti. Ezáltal a hőátadási tényező lényegesen megnövekszik, a sima bordás hűtőknél az itteni viszonyok mellett elérhető értékének három-négyszeresére. A vékony bordák a hőt a csövektől fémes hővezetés útján szállítják el, ezért nagyon fontos alapanyagul jó hővezető képességgel bíró fémet pl. vörösrezet vagy alumíniumot alkalmazni.

E szűkre szabott helyen az itt felmerülő kérdések részletes ismertetéséről nem lehet szó. Csupán tájékoztatásul közölhetem, az I. táblázatban azokat a számértékeket, amelyek összehasonlítják különböző fémek alkalmasságának mérvét, bordás hűtőfelületek előállítására. Az összehasonlítás alapját a felsorolt fémek fajsúlyának és fajlagos hővezetőképességének arányba állítása adja.

I. sz. táblázat[4]

Anyag	Hővezető tényező λ kcal/m h °C	Fajsúly γ kg/m³	$\frac{\gamma/\lambda}{\frac{kg\ h\ °C}{m^2\ kcal}}$	$\frac{\gamma/\lambda}{\gamma/\lambda_{Al.}}$
Réz	320	10 500	32,8	2,39
Tiszta alumínium	197	2 700	13,7	1,0
Duralumínium	142	2700	19,0	1,39
Magnézium (tiszta)	123	1740	14,1	1,03
Acél (ötvözetlen)	50	7850	157,0	11,5
V2A-acél	13	8000	614,0	31,7

A táblázatból láthatjuk, hogy anyagfelhasználás tekintetében a legkedvezőbb fém a tiszta alumínium. Azonos hőátadás elérésére a hőátadó bordák előállításához vörösrézből 2,39-szer, ötvözetlen acélból 11,5-ször olyan súlyú anyagra van szükség, mint alumíniumból. Ha e számadatokon kívül az anyagárakat is figyelembe vesszük, és a vékony alumíniumlemez árát kg-ként 19 forinttal, a vörösrézlemezét 14 forinttal és a vaslemezét három forinttal állítjuk be számításunkba, azt találjuk, hogy egy kilogramm, azaz 19 forint értékű alumíniumlemez helyett 2,39 kg, azaz 33,4 forint értékű vörösrézlemezt vagy

[4]) Eckert: Wärme- und Stoffaustausch 1949.

11,5 kg, azaz 34,5 forint értékű vaslemezt kell beépítenünk. Amint e számadatok mutatják, az alumínium bordás hőkicserélő készülékek előállítására az összes számításba jövő fémek közül a legalkalmasabb. E számadatok természetesen csak elméletileg kihozott értékek, amelyeknek a valóságba való átültetésénél a szerkezeti megoldások tökéletessége az arányokat megváltoztathatja.

E tényállással szemben a hőtechnikusok általában meglehetős idegenkedéssel fogadják az alumíniumnak hőkicserélő készülékeknél való alkalmazását. Ennek okát az alumínium kis szilárdságában és a korróziós jelenségek tekintetében fennálló aggályokban találhatjuk. A kis szilárdság azonban a hőkicserélő készülékeknél adódó kis csőátmérők mellett még igen nagy üzemi nyomások esetén is kielégítő biztonságot nyujt. A korrózió tekintetében említett régebbi kedvezőtlen tapasztalatok arra vezethetők vissza, hogy eleinte a korrózió fellépésének okait nem ismerték és így azokat megakadályozni sem tudták. Ma azonban tiszta (legalább $99^1/_2$%-os) fém alkalmazásával, a helyi elemek keletkezésének megakadályozásával, az aluminiumnak nehéz fémmel való érintkezése elkerülésével, a korróziós veszélyt kiküszöbölhetjük.

Helyfoglalás

Az erőművek kondenzációs berendezéseinek helyfoglalását az irodalmi adatok a következőképpen adják meg:

Hűtő tó	30—40	m²/100 kg	gőz
Hűtő torony	1—1,5	m²/100 «	«
Hűtő torony ventilátorral	0,3—0,7	m²/100 «	«
Heller-rendsz. légkond.	1,5—2,0	m²/100 «	«

Ezekből az adatokból kitűnik, hogy a javaslatba hozott légkondenzációs rendszer a jelenleg rendelkezésre álló méretezési adatok mellett nagyobb, mint a hűtő tornyos üzemé, azonban a folyamatban levő kísérletek valószínűleg a méretek csökkentését is lehetővé fogják tenni.

A légkondenzációs berendezés üzemi viszonyai

A légkondenzációs berendezés különböző légköri viszonyok mellett a hűtő toronytól eltérő módon viselkedik. Amint a 6. sz. ábra feltünteti, a különböző hőmérsékletek mellett más kondenzátor nyomás tartható hűtőtoronnyal, mint légkondenzációval.

A hűtő torony hideg időjárásnál a hűtő vizet kevésbbé, meleg időjárásnál jobban le tudja hűteni, mint a légkondenzációs berendezés. U. i. a hűtő toronynál a víz közvetlen érintkezésbe kerül a levegővel, és így nyáron, amikor meleglevegő sok vízpárát képes magába felvenni, jó hűtő hatás érhető el. Ezzel szem-

ben a téli hideg levegőnek vízpárát felvevő képessége igen csekély, és a levegőnek először a víztől fel kell melegednie, hogy párafelvevő képessége növekedjék. Így a hűtő toronynál a párolgással leadott hő aránya az érintkezés útján közölt hőhöz 25°-os levegő hőmérséklet mellett mintegy 3,17-szeres míg 0°-os levegőnél csupán 1,5-szörös. Ezért a hűtő torony még téli hideg időjárásnál sem tudja a hűtő vizet egy bizonyos mértéknél jobban lehűteni. Ezzel szemben a légkondenzációval elérhető kondenzátor-hőmérséklet párhuzamosan változik a levegőhőmérséklettel. A 6. számú ábra kimutatja, hogy az annál példaképpen felvett méretezés esetén mindkét berendezéssel + 15°C hőmérsékletnél egyforma kondenzátornyomás érhető el. Ennél magasabb hőmérsékletnél a hűtő torony, alacsonyabb hőmérsékletnél a légkondenzáció ad jobb vacuumot. Magyarországi viszonylatban ez annyit jelent, hogy évi átlagban a légkondenzációval jobb vacuum és ezzel jobb turbinahatásfok érhető el, mint hűtő toronnyal.

Meg kell azonban jegyezni, hogy jobb vacuum a gőzturbináknál csak bizonyos mértékig növeli a hatásfokot. A kisebb kondenzátornyomás u. i. egyrészt növeli ugyan a turbina részére rendelkezésre álló adiabatikus hőesést, ugyanakkor azonban a turbinából kilépő gőz sebessége a kisebb nyomás következtében megnövekszik, és az úgynevezett kilépési-veszteséget növeli. Van tehát a kondenzátornyomásnak olyan legkisebb értéke, amelyet ha tovább csökkentenénk, a hatásfok romlanék, minthogy a kilépési veszteség növekedése meghaladná az adiabatikus hőesés növekedéséből származó nyereséget. A kondenzátornyomás ezen értékét határvacuumnak nevezik. A légkondenzációval elérhető jobb vacuum természetesen csak eddig az értékig használható ki, és amennyiben a hideg időjárás folytán a kondenzátornyomás ezen érték alá szállna, a ventilátorok fordulatszámának csökkentésével vagy más módon ezt a nyomást kell beállítani.

Beruházási és üzemi költségek

Az áttekintés teljessé tételére az alábbiakban közlöm a már említett munkabizottságtól összeállított beruházási és üzemi költségeket. E számítások összehasonlítják egy 32 MW teljesítményű erőtelep kondenzációs berendezésének létesítési és üzembentartási költségeit hűtő toronnyal és levegőkondenzációval. Ha a felvett erőmű 3,5 kg gőz felhasználásával termel 1 kW órát, akkor óránként 112 t gőzt kell kondenzálni, amihez 65,3-szeres hűtő vízmennyiség esetén 7310 m³/ó teljesítményű hűtő toronyra van szükség. Ugyanerre a teljesítményre vonatkozik a légkondenzációval kapcsolatos összeállítás is. E teljesítmény esetén a hűtő tornyos üzemnél óránként kereken 200 m³ pótvíz szükséges. A számítás természetesen még több adat alapján történt, amelyek felsorolása e helyen túlságosan messzire vezetne és így csupán az eredmény legfontosabb számadatait közölhetem :

	Hűtő torony	Légkondenzáció
Beruházási költség Ft	8 170 000,—	11 559 000,—
A kondenzáció összes évi költsége:		
a) Beruházás amortizációja 20 évre számítva	654 000,—	924 000,—
b) Energiafogyasztás évi költsége ...	418 500,—	492 000,—
c) Egyéb üzemi kiadások (vízlágyítás, csőtisztítás)	475 000,—	—
$a + b + c$ összesen	1 547 500,—	1 416 000,—
d) le a megtakarítás a télen elérhető jobb vacuum miatt	—	275 000,—
A kondenzáció teljes évi költsége Ft	1 547 500,—	1 141 000,—

Amint a számadatok mutatják, a légkondenzációs berendezés létesítési költségei magasabbak, mint a hűtő tornyos kondenzációé, ezzel szemben üzemi költségei kisebbek. Meg kell azonban jegyezni, hogy a számításokban a hűtőtornyos üzemnél csupán a szűkebb értelemben vett vízszerzési költségek vannak figyelembe véve. (A beruházási költségeknél 470 000 forinttal.) Igen gyakran előfordul azonban, hogy a vízszerzés komoly nehézségeket okoz, amelyeknek a költségkihatása az itt számításba vett összeget sokszorosan felülmúlja. Ez a helyzet minden olyan esetben, amikor az erőművet az egyébként legalkalmasabb helytől távolabb kell telepíteni, és emiatt utat, vasútat és távvezetéket kell létesíteni. Ilyen esetekben a légkondenzáció sokkal kisebb beruházási költségeket eredményezhet az erőmű létesítésénél, mint bármely más rendszerű kondenzáció.

Mint az elmondottak mutatják, e számítások elvégzéséhez tekintélyes kollektív munkára volt szükség, amelynek lehetőségét szocialista népgazdaságunk biztosította. A munkák eredményének végső megvalósításához még további komoly erőfeszítések szükségesek, valamint a létesítendő kísérleti berendezés is számottevő anyagi áldozatot követel. Mindezt népgazdaságunk bocsátja rendelkezésre, amire a munkában résztvevők csak további még jobb munkával válaszolhatnak.

VÍZERŐ-GAZDÁLKODÁSUNK IDŐSZERŰ FELADATAI

MOSONYI EMIL műegy. magántanár

1. Bevezetés.

A vízerőhasznosítás az utóbbi félszázad alatt az energiagazdálkodásnak világszerte egyik legfontosabb tényezőjévé fejlődött, sőt Földünknek számos olyan országa van, ahol egyéb energiahordozók híján az energiagazdálkodás szinte egyedül vízerőművek termelésén nyugszik.

A vizienergia állandóan megújuló energiakészlet, a hasznosítással nem fogy,

szemben a szilárd és folyékony energiahordozókkal, amelyeknek egyéb célra is felhasználható készletei az energiatermelésre való felhasználás révén állandóan apadnak. A vizienergia kihasználásának a legutóbbi években bekövetkezett rohamos fejlődése igen sok olyan körülmény eredő hatásaként jött létre, amelyek kedvezően befolyásolják a vízerőkészletek műszaki és gazdaságossági értékelését.

E tényezőket, amelyekre *Magyarország vízerői* című korábbi tanulmányomban már rámutattam, e helyen csak röviden foglalom össze:

a) Az energiafogyasztás, ill. az energiaszükséglet rohamos növekedése.

b) A szilárd és folyékony tüzelőszerek készleteinek állandó apadása; egyes területeken bekövetkezett vagy a közeljövőben várható kimerülése.

c) A szilárd és folyékony tüzelőszerek másirányú felhasználásának szüksége

d) A vízerőhasznosítás gazdaságossági alapfeltételeinek megítélésében bekövetkezett gyökeres változás.

e) A vízerőművek létesítésében, műszaki kialakításában és az energia távvezetésében előállott nagyarányú fejlődés.

f) Az energiaszolgáltatás biztonsága.

g) A vízerőhasznosítás és egyéb vízgazdálkodási műveletek összekapcsolásából származó előnyök.

A tervező mérnök számára különösen tanulságos az a fejlődés, amely a vízerőművek mélyépítési műtárgyainak kialakításában, különösképpen a kényes jellegű alapozások végrehajtásában, a duzzasztóművek vasszerkezetében, a turbinák és villamosberendezések szerkezetében bekövetkezett. Ennek a tanulmánynak nem célja, hogy a felsorolt műszaki ágazatok egyébként igen érdekes fejlődését rendszeresen tárgyalja, mégis szükségesnek látszik rámutatni majd egyes olyan kérdésekre, amelyeknek a hazai feladatok megoldása szempontjából van különleges jelentőségük.

A vízerőgazdálkodás rendkívüli fontosságára a *Szovjetuniónak* most nyilvánosságra hozott *gigantikus tervei* élesen rávilágítanak. A Volga folyón tervezett *kujbisevi* és *sztálingrádi* vízerőmű rendkívüli mérete és teljesítő képessége, továbbá e művek megvalósítása során megoldandó műszaki problémák sokasága és nagysága rámutat arra, hogy műszaki elképzeléseinkkel nem szabad már a régebben megszokott szűk látókörű keretek között mozognunk, hanem szembe lehet, sőt szembe kell néznünk hazai viszonylatban is, olyan műszaki tervekkel, amelyek néhány évvel ezelőtt még megvalósíthatatlan elképzeléseknek minősültek.

Az említett szovjet művek közül csak az egyik önmagában is annyi villamos energiát fog termelni, mint amennyi a vízerőgazdálkodásnak — fejlettségéről ismert Svájc teljes villamos energia termelése, azaz évi 10 milliárd kilowattórát. A két volgai erőmű összes termelése pedig több lesz, mint Svédország és Norvégia villamosenergia termelése együttesen. Ha figyelembe vesszük még azt, hogy ezek a volgai művek a nyilvánosságra hozott adatok szerint több

millió hektár kiterjedésű terület öntözését és a Volga egy jelentős szakaszának állandó hajózását biztosítják, önként értetődik az, hogy ezek a tervek, ill. a most már meginduló munkálatok felkeltették az egész világ dolgozóinak, mérnökeinek és tudományos kutatóinak figyelmét. Ezeknek a hatalmas műszaki alkotásoknak a híre reánk is hatással van. Az alkotni akarás így ébresztett ünnepi hangulatában álljunk meg egy rövid időre Magyarország térképe előtt! Vizsgáljuk meg a hazai lehetőségeket, és mérjük fel az előttünk álló feladatokat!

2. *Magyarország vízerő-készlete*

Ha a magyar vízerőgazdálkodás időszerű feladatait kitűzni kívánjuk, akkor elsősorban is meg kell állapítanunk azt a keretet, amelyet a fizikai-földrajzi körülmények szabnak meg. E tekintetben az ország vízfolyásaiban rendelkezésre álló potenciális vagy *elméleti vízerőkészlet* ad határértéket.

Egy vízfolyás valamely szakaszában rejlő vízerőkészletet azzal a fizikai teljesítménnyel jellemezzük, amelyet a határoló szelvények vízszínének geodéziai magasságkülönbsége és a szelvényeken átfolyó vízhozam veszteség nélkül képvisel. A vízerőkészletnek így értelmezett mennyiségét nevezzük elméleti (potenciális vagy fizikai) vízerőkészletnek, s értéke a

$$T = \frac{1000\,qh}{75}\,0{,}736 = 9{,}8\,qh \qquad (1)$$

képletből kilowattban adódik, ahol h a vízszint-különbségnek m-ben, q pedig a vízhozamnak m^3/mp-ben kifejezett értéke. Egy folyó vagy egy teljes vízrendszer elméleti vízerőkészletét a szakaszokból számított összeg adja meg:

$$T = \sum \frac{1000\,qh}{75}\,0{,}736 = 9{,}8 \sum qh \qquad (2)$$

Az elméleti vízerőkészletet az átlagos vízhozamtartósági görbe 95%-os és 50%-os értékeiből vezettem le, azaz Magyarország vízerőkészletét az ú. n. *átlagos vízerőkészlettel* és a *kisvízerőkészlettel* jellemeztem. (A jellemzésnek ezt a módját fogadták el már korábban az Energia Világkonferencia ülései.)

A csatolt *I. sz. táblázatban* bemutatom Magyarország elméleti vízerőkészletének vízfolyások szerint való megoszlását.

Tekintettel arra, hogy a hazai folyók vízjárásában, különösképpen pedig a dunai és a tiszai rendszer vízjárása között lényeges különbség mutatkozik, szükségesnek tartottam még a vízfolyásokban rejlő *elméleti energiáknak kilowatt órában kifejezett értékét is* kimutatni. A táblázatban feltüntetett E_{95} és E_{50} jelű energiakészletek meghatározása oly módon történt, hogy a vízhozamtartósági görbéknek q_{95} ill. q_{50} értékkel elvágott részét vettem figyelembe, mint rendelkezésre álló vízhozamot. Ily módon:

$$E = 24\,c\,q_t t + 24 \sum_{t}^{365} c q_i = 24\,c\left(q_t t + \sum_{t}^{365} q_i\right) = 24\,c\,F\,kWó \qquad (3)$$

ahol t a tartósság figyelembe vett mértéke napokban, q_t a hozzátartozó vízhozam, q_i pedig a mindenkori vízhozam napi középértéke. Nyilvánvaló, hogy a képletben szereplő F mennyiség a vízhozamtartósság ábrájának megfelelő területrésze.

Az évi energiamennyiségnek a fenti módon való megadása szintén lehetőséget ad bizonyos mértékű becslésre, mert a megadott értékek nem tartalmazzák a nagyvizekből származó azokat az elméleti energiacsúcsokat amelyeknek hasznosításáról gyakorlatilag szó sem lehet.

A táblázatból látjuk, hogy vízerőgazdálkodásunk alapja a Duna és a Tisza folyó, mert hiszen a *Duna és a Tisza együttes elméleti vízerőkészlete az egész ország vízerő-kincsének mintegy* 75%-*a*. A fennmaradó 25% számos kisebb vízfolyás — meglehetősen hosszú — szakaszain oszlik meg.

A táblázat a szomszédos országokkal határos folyószakaszokra vonatkozólag a tényleges vízerőkészletnek fele értékét tünteti fel, figyelemmel arra, hogy esetleges közös kihasználás esetében a termelhető energiának is csak a fele mennyiségére tarthatunk igényt.

Ha vízrendszerek szerint választjuk szét az ország vízerőkincsét, akkor azt találjuk, hogy *a Duna vízrendszere az ország egész vízerőkészletének kereken* 85%-*át* hordozza.

A táblázat első számoszlopa a 95%-os elméleti teljesítményt tartalmazza (T_{95}).

A második oszlop a 95%-os elméleti teljesítményhez tartozó évi energiamennyiséget tünteti fel (E_{95}).

A harmadik oszlop az 50%-os elméleti teljesítményt (T_{50}), a negyedik meg a hozzátartozó energiamennyiséget (E_{50}), adja meg. Végül a legjellemzőbbnek látszó 50%-os energiamennyiségnek vízfolyások, ill. folyószakaszok szerinti százalékos megoszlását is feltüntettem külön-külön a két vízrendszerben.

Ha a táblázat adatainak számítása folyamán tett egyértelmű elhanyagolásokat figyelembe véve a végeredményeket felfelé kerekítjük, azt mondhatjuk, hogy az 50%-*os tartósságú vízhozamok alapul vételével Magyarország elméleti vízerőkincse 1 millió kilowatt és évi 7,3 milliárd kilowattóra mennyiséggel jellemezhető.*

A Duna- és a Tisza-rendszer különböző vízrajzi jellegét domborítja ki az E_{50}/E_{95} arányok különböző volta:

$$\text{a Dunára } \frac{E_{50}}{E_{95}} = 1{,}67\text{; a Tiszára } \frac{E_{50}}{E_{95}} = 2{,}85 \qquad (4)$$

A fenti elméleti értékeknek csak egy részét lehet hasznosítani még a műszaki fejlődés legkorszerűbb eredményeinek figyelembevételével is. Ezt az alábbiakban bővebben kifejtjük.

I. Táblázat

MAGYARORSZÁG ELMÉLETI VÍZERŐKÉSZLETE

Víztolyás és szakasz	T_{95} 1000 kW	E_{95} millió kWó	T_{50} 1000 kW	E_{50} millió kWó	$\frac{E_{50}}{\Sigma E_{50}}$ %
Dunai vízrendszer					
Duna, határ-Rába	79,49	696,3	156,88	1204,8	19,7
Duna, Rába—Vágduna	13,83	121,1	28,42	217,0	3,5
Duna, Vágduna—Garam	18,73	164,1	34,59	268,2	4,4
Duna, Garam—Ipoly	4,07	35,7	7,44	57,8	0,9
Duna, Ipoly—Nagymaros	8,63	75,6	17,09	131,2	2,2
Duna, Nagymaros—Budapest	44,90	393,3	71,36	567,2	9,3
Duna, Paks—Budapest	109,97	963,3	202,53	1571,4	25,5
Duna, Paks—Mohács	60,18	527,2	107,46	837,8	13,7
Duna, Mohács-határ	9,80	85,8	17,52	136,6	2,2
Lajta	1,23	10,9	2,80	19,7	0,3
Rába	19,70	173,0	47,90	336,0	5,5
Gyöngyös	18,50	16,2	5,20	37,6	0,6
Répce	14,40	12,5	3,90	29,0	0,5
Ipoly	0,21	1,8	1,90	12,7	0,2
Séd	0,62	5,4	1,80	12,4	0,2
Zala	14,40	12,5	4,20	29,2	0,5
Sió (Balaton és Kapos)	0,41	3,7	6,80	57,6	0,9
Mura	11,10	96,3	21,40	152,0	2,5
Dráva	30,50	267,0	63,00	445,0	7,3
Összesen	460,70	3661,7	802,19	6123,2	100,0
Tiszai vízrendszer					
Tisza, határ-Borsa	1,42	12,2	5,60	38,8	3,5
Tisza, Borsa—Szamos	3,15	27,7	12,90	89,2	8,1
Tisza, Szamos—Bodrog	10,12	87,8	29,84	213,1	19,1
Tisza, Bodrog—Sajó	1,90	16,3	7,14	49,5	4,5
Tisza, Sajó—Zagyva	10,34	89,8	30,03	214,8	19,3
Tisza, Zagyva—Kőrös	4,05	35,1	12,13	86,4	7,8
Tisza, Kőrös- Maros	1,97	17,1	7,34	51,2	4,6
Tisza, Maros-határ	0,42	3,6	1,34	9,5	0,9
Szamos	1,89	16,9	7,50	51,8	5,0
Bodrog	0,32	2,8	1,10	7,5	0,7
Sajó	2,83	24,6	14,20	97,1	8,7
Bódva	0,79	7,0	3,40	23,4	2,1
Hernád	3,62	31,9	14,10	98,0	8,8
Zagyva (Galga, Tarna)	0,63	5,1	3,80	25,4	2,3
Körösök	1,26	10,9	7,60	51,7	4,6
Összesen	44,71	388,8	158,02	1107,3	100,0
Magyarországon összesen	505,41	4050,5	960,21	7230,5	

II. Táblázat

A FÖLD ELMÉLETI, HASZNOSÍTHATÓ ÉS HASZNOSÍTOTT VÍZERŐ-KÉSZLETE

Földrész	Kisvízi elméleti vízerőkészlet		Terület millió km²	Fajlagos kisvíz-erőkészlet kW/km²	Népesség millió fő	Fajlagos kisvízerő-készlet kW/1000 fő	Átlagos elméleti vízerő-készlet $T_{50}=2,5\ T_{95}$ millió kW	Hasznosítható átlagos vízerő-készlet $056 \times T_{50}$ millió kW	Kiépített teljesítmény (1942)		A kihasználtság foka %	Évi termelés 10^9kWó
	$T_{95}=9,8\ q_{95}{}^{h}$ millió kW	a Föld vízerő készletének%-ban							millió kW	az összes teljesítmény %-a		
Afrika	204,4	40,8	30,3	6,74	157	1300	510	286	0,15	0,3	0,05	0,5
Ázsia	110,4	22,1	42,0	2,63	1198	92	278	155	4,95	9,7	3,2	18,0
Észak-Amerika .	57,4	11,5	23,4	2,46	180	319	143	80	21,60	42,3	27,0	77,0
Dél-Amerika ...	55,2	11,0	17,0	3,25	93	594	138	77	1,15	2,2	1,5	4,5
Európa	55,2	11,0	11,4	4,84	531	104	138	77	22,60	44,2	29,4	81,0
Ausztrália és Oceánia	18,0	3,6	8,6	3,09	11	1840	45	25	0,65	1,3	2,6	2,0
A Föld összesen	500,6	100,0	132,7	3,77	2170	230	1250	700	51,10	100,0	7,3	183,0
Magyarország...	0,507	0,1	0,093	5,45	9	56,3	0,965	0,54	0,0085	0,0166	0,0157	0,035

Az előttünk álló lehetőségek helyes megítélése és a megoldandó feladatok kitűzése érdekében már elöljáróban hangsúlyoznunk kell, hogy vízerőkészleteink nem sorozhatók a kedvezőbb vízerők osztályába, annak ellenére, hogy a bemutatott *II. táblázat* szerint az elméleti vízerő-készletnek területegységre vonatkoztatott, tehát ú. n. fajlagos értéke Magyarországra vonatkozólag valamivel meghaladja az európai átlagos értéket és a Föld összes szárazföldjeire vonatkoztatott átlagértéknek másfélszeresét is eléri. A vízerőkészlet értékét ugyanis nem csak a vízerőkincs abszolút nagysága határozza meg, hanem egyéb tényezők is lényegesen befolyásolják. Ezekre az alábbiakban részletesen kitérünk, hogy vízerőink értékelése tekintetében tárgyilagos képet kapjunk.

3. A vízerőkészletünk kihasználhatóságának mértékét és minőségi értékelését meg határozó tényezők

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk azokat a tényezőket és szempontokat, amelyek az I. táblázatban feltüntetett vízerőkészlet

A) kihasználhatóságára és

B) minőségi értékelésére

lehetőséget nyújtanak.

A) A már bemutatott II. táblázatból is kitűnik, hogy a hasznosítható-vízerőkészlet nagy átlagban lényegesen ksiebb az elméleti vízerőkészletnél. *Nyeszteruk*[1] szovjet mérnök kimutatásait, továbbá az Energia Világkonferenciák adatait és saját statisztikai adatgyűjtésemet felhasználva állítottam össze a II. táblázatot, amely a hasznosítható átlagos vízerőkészletet a

$$T = 0{,}56\, T_{50} \tag{5}$$

összefüggés szerint tünteti fel. A redukciós tényező *Nyeszteruk* szerint akként adódik, hogy a ki nem használható esések energiakészletét 70%-os csökkentéssel az energiaátalakítás — turbina, generátor, transzformátor — eredő hatásfokát pedig 80%-os értékkel vesszük fel.

Nyilvánvaló, hogy a teljes vízrendszerekre vagy még inkább kontinensekre meghatározott átlagos redukciót nem lehet változatlanul felvenni a kisesésű és a nagyesésű szakaszokra. *A kisesésű szakaszok energiájának viszonylag kisebb hányada használható ki.* Még egy körülmény csökkenti figyelemreméltóan a hazai viszonyok esetében a kihasználható vízerőkészletet, ami szorosan összefügg azzal az adottsággal, hogy folyóinkon — néhány kisebb lehetőségtől eltekintve — a *megengedhető legmagasabb duzzasztás nem érheti el az árvíz szintjét* sőt legtöbbnyire számottevő mértékben alatta kell maradnia. Ebből következik, hogy *nagyvizek idején a hasznos esés erősen lecsökken, sőt* egy kritikus vízhozamon felül teljesen *meg is szűnik.* Ez a szempont természetesen nem érvényesül az elméleti vízerőkészlet feltárásakor. Minthogy pedig ez a redukció lényegében

a termelhető energiát csökkenti anélkül, hogy a teljesítmények alakulására befolyással volna, helyesebb a kihasználható vízerőkészlet nagyságát nem az elméleti teljesítményből, hanem az elméleti energiamennyiségből levezetni.

Vizsgálataim szerint a fent említett két szempont hazai viszonylatban még egyszer 50%-os csökkentést eredményez, tehát az *ország hasznosítható energiakészletét átlagos évi*

$E = 0{,}56 \cdot 0{,}50\, E_{50} = 0{,}28 \cdot 7{,}3 \simeq 2$ *milliárd kWó*

értékre becsülhetjük. Ennek pontosabb meghatározása természetesen csakis alaposan kidolgozott *vízerőhasznosítási keretterv* segítségével lehetséges.

B) A világos és tárgyilagos áttekintés érdekében válasszuk szét a vízerőkincsünk minőségi értékelését kedvezően és kedvezőtlenül befolyásoló tényezőket.

Vizsgáljuk először azokat, amelyek vagy a befektetések, vagy a termelt energia minősége szempontjából a gazdaságosságot viszonylag csökkentő tényezőknek tekinthetők.

a) Hazánkban nincsenek nagyesésű folyószakaszok, de még olyanok sem, amelyek közepes esésűeknek nevezhetők. *Vízerőkincsünk* zöme a Duna és kisebb részben a Tisza folyóban, tehát a *viszonylag igen kisesésű, de nagy vízhozamú vízfolyásokban van* összpontosítva. Márpedig köztudomású, hogy a kisesésű nagy folyókban felhalmozott energia általában kisebb mértékben és kevésbbé gazdaságosan hasznosítható, mint a nagyesésű kis vízfolyások vízerőkészlete. Mivel a hidraulikus teljesítmény az esés és a vízhozam szorzatával arányos, ugyanakkorra teljesítmény esetében a kihasználás általában annál kevésbbé gazdaságosnak, ill. a termelt energia annál költségesebbnek adódik, minél kisebb az eséstényező. Ilyen szempontból tehát vízerőkincsünk az átlagosnál nagyobb fajlagos befektetést igénylő telepekkel lesz csak hasznosítható.

b) Eltekintve a kisebb vízfolyásoktól, a vízerőkincsünk zömét hordozó Tisza és Duna esésviszonyai kizárják az ú. n. üzemvízcsatornás erőművek létesítését, és ilyen módon a viszonylag költségesebb *folyami erőművek* létesítésére kell szorítkoznunk.

c) Folyóinkon általában csakis az árvízszintnél alacsonyabb duzzasztást szabad létrehozni, sőt egyes szakaszokon a duzzasztás számottevő mértékben ki sem léphet a középvízi mederből. Ennek a korlátozásnak többféle oka van. Folyóink völgyének árvédelmi biztonsága érdekében az egyes szakaszokon amúgy is magas árvizeket a legcsekélyebb duzzasztással sem lehet tovább emelni. Árvédelmi töltéseink egy része a koronamagasság és a szelvényméret tekintetében nem mondható kielégítőnek, még az árvizek jelenlegi természetes lefolyásainak szintjéhez és tartósságához mérten sem. Folyóinknak ama szakaszain, ahol a töltések közé fogott árvíz a környező nagyobb kiterjedésű területek fölé emelkedik, semmiesetre sem volna megengedhető, hogy a duzzasztott vízszintet tartósan a nagy árvízek szintjénél magasabban, vagy akár csak azt megközelítően is tartsuk.

[1] Nyeszterük. A föld vízerői, Moszkva, 1946.

Vannak olyan folyószakaszok, ahol a meder és környezetének vízáteresztőképességi viszonyai miatt nem engedhető meg túlságosan magas duzzasztás. Ilyen helyeken a duzzasztási szint esetleg alig haladhatja meg a középvízi meder partélmagasságát. A megengedhető duzzasztás mértéke a topográfiai és geológiai viszonyoktól függően folyószakaszról folyószakaszra változik. Abból a fenti megállapításból, hogy a duzzasztások nem haladhatják túl, sőt el sem érhetik a nagy árvizek természetes lefolyásának magasságát, származik a következő lényeges megállapítás: *építendő vízerőműveink termelése nem lehet folytonos*, hanem üzemükben a helyi duzzasztás magasságától és az árvizek helyi tartósságától függő, továbbá az egymás után következő esztendők hidrológiai jellege szerint változó, hosszabb-rövidebb szünetek lesznek. Az ilyen *megszakított üzemű erőmű* energiája természetesen kisebb értékű, mint a nagyobb duzzasztással folytonosan dolgozó alaperőműveknek tekinthető vagy még inkább a nagymértékű tározással dolgozó s csúcsműveknek tekinthető hidraulikus telepeké. A *Duna* Visegrád-környéki szakaszán azonban az eddigi vizsgálatok szerint magasabb, tehát az árvízszint közelében való duzzasztás is megengedhetőnek látszik.

d) Folyóink kisesésű jellegéből és a környező völgyek topográfiai viszonyaiból következik, hogy figyelemreméltó *tározási lehetőségekkel nem rendelkezünk*. Folyami erőműveink duzzasztásával létrehozott egészen kismértékű medertározás legfeljebb a napi fogyasztási-ingadozásoknak teljes vagy még inkább csak részbeni kielégítését szolgálhatja.

e) Vízerőműveink műtárgyainak *alapozása* legfőképpen alluviális rétegekre történik. *Laza üledékes törmelékes kőzetek* — kavics, homok, iszap, agyag — alkotják legnagyobbrészt nemcsak folyómedreinket, hanem a meder alatti, az alapozás tekintetében még szóbajövő mélyebb rétegeket is.

Keményebb sziklaszerű kőzetek a Duna medre alatt közvetlenül — néhol a mederfenékig felnyúlóan — csupán a nyergesújfalusi szakaszon, majd a dunazugi áttöréses szakszon, továbbá Budafoknál vannak. (Zebegény és Nagymaros között a Magyar-középhegység vulkanikus felépítésű vonalán a meder alatt andezit-kőzet található. Budafoknál a mederfenék eléri a szarmáta mészkőréteget.)

f) Folyóink szélsőséges vízjárása miatt tehát a levonuló nagy árvíztömegek, továbbá a zajló jég és hordalék szabad útjának biztosítása a vízlépcsőknek olyan elrendezését és a műtárgyaknak olyan szerkezeti kialakítását teszi szükségessé, amelyek szintén a viszonylag költségesebb megoldások közé sorolhatók.

A fentemlített kérdésekkel kapcsolatban kielégítendő műszaki feltételekre a későbbiekben még rátérek.

A befektetési költségeket növelő és a termelt energia értékét csökkentő fent felsorolt tényezők ismertetése után, térjünk most rá *azokra a szempontokra, amelyek* viszont *kedvezően befolyásolják vízerőink gazdaságosságát.*

a) Minthogy energiagazdálkodásunk alapját még vízerőkincsünk teljes

kihasználása esetén is a kalorikus energiatermelés fogja képezni, nyilvánvaló, hogy a vízerőművek megszakított üzeme távolról sem érinti energiagazdálkodásunkat olyan hátrányosan, mint amit jelentene olyan területen, ahol a fogyasztás teljesen vagy nagyobbrészt vízerőművekre van utalva. Megerősíti ezt az álláspontot az a tény, hogy a hidraulikus termelésre alapított energiagazdálkodás területén is folyamatosan építik ki azokat a kisesésű lehetőségeket, amelyek igen ingadozó teljesítménnyel működnek (pl. Svájc).

A hazai energiagazdálkodásban, különösképpen a 100 kW-os országos távvezetékhálózat teljes kiépülte után, igen jól megoldható lesz a viszonylag kisebb teljesítményű hidraulikus termelés ingadozásának kiegészítése, ill. a termelési szünetekben a hiány pótlása. Nem szabad elfelejtenünk e kérdés vizsgálatánál, hogy a kooperáció jó lebonyolítását és a nehézségek kiküszöbölését biztosítja az a tény, hogy vízenergiatermelésünk sohasem fogja meghaladni teljes villamos energiatermelésünk 20, de legfeljebb 25%-át, ha összevetjük energiagazdálkodásunk megkívánt fejlesztését egy leggyorsabb ütemű vízerő-fejlesztési tervvel.

b) Vízerőkincsünk értékének emelésére, sőt a vízerőhasznosítástól függetlenül hőerőgazdálkodásunk fejlesztésére is *páratlan lehetőség kínálkozik* annak az igen kedvező természeti adottságnak folytán, hogy a Magyar-középhegység szorulatain áttörő Duna mentén geológiai és topográfiai szempontból igen előnyös viszonyok adódnak *szivattyús-tározós vízerőművek — hidraulikus energiatározók* — létesítésére. A legkedvezőbb tározási lehetőség Nagymaros környékén van, ahol viszonylag rövid nyomócsővel közel 350 m hasznos esés áll rendelkezésre.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy ezt a lehetőséget világviszonylatban is igen kedvezőnek kell minősítenünk, mert köztudomású, hogy külföldön több olyan hidraulikus energiatározó épült, ahol a hasznos esés ennél sokkal kevesebb. Pl. Herdecke: 163 m, Niederwartha: 120 m, Csehszlovákiában a Moldva folyón épült sztehovicei mű esése 220 m.

Többen vitatják még annak az álláspontnak a helyességét, hogy a szivattyús tározómű létesítésének még akkor is volna értelme és gazdasági jelentősége, hogyha a vízerőhasznosítás fejlesztésétől függetlenül csupán hőenergiatermelésünk egyenletesebbé tételét szolgálná. Az azonban — úgy vélem — már alig vitatható, hogy egy nagyobb dunai vízerőművel vagy különösképpen egy nagyobb vízerőfejlesztési tervvel kapcsolatban *a szivattyús tározó* nemcsak lehetséges, hanem *nélkülözhetetlen eszköze lesz gazdaságos és korszerű jövő energiagazdálkodásunknak*. Ezzel a kérdéssel kapcsolatban még megemlítem, hogy vizsgálataim szerint több kedvező lehetőség kínálkozik a Dunazug-hegységben tározóművek létesítésére.

c) Országunk kiterjedése és a vízerőkincsünk zömét adó dunai vízerőlehetőségeknek az országos ervvezetékhez és Budapesthez való közelsége folytán a termelhető hidraulikus edergia értékesítése nem igényel külön hosszú, tehát

nagy költségű távvezetéket, azaz az energia termelési költsége nem különbözik egymástól figyelemreméltóan a termelés és felhasználás helyén. Ismeretes, hogy külföldön nagy teljesítményű s igen gazdaságosan termelő vízerőművek sok esetben olyan távol vannak a fogyasztóktól és a már kiépült távvezeték-rendszertől, hogy a különben igen kedvező energiatermelési költségeket jelentékeny mértékben növeli a távvezetés költsége. (Észak-Svédország vízerőművein termelt villamosenergiát 970 km hosszú távvezetéken kell Dél-Svédország iparvidékeire vezetni; a franciaországi Massif-Central-ban levő Truyère és Dordogne művek termelését több mint 400 km hosszú távvezeték továbbítja Párizs számára.

d) Vízerőkincsünk értékelésénél nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt, hogy az ország szénkészlete nem olyan gazdag, hogy még rövid távlatú energiafejlesztési tervnél is figyelmen kívül hagyhatnók a szénkészletek apadását. Ha a fent említett évi *2 milliárd kWórás vízerőhasznosítási távlati tervet* tartjuk szem előtt, akkor megállapítható, hogy ennek kiépítésével — a szén minősége szerint 200—250 000 *vagon szén lesz átlagosan megtakarítható.*

Ez a szénmegtakarítás természetesen a bányák fejlesztésében, a bányák üzemében, tehát végeredményképpen a bányászat befektetési és üzemi költségeiben is olyan csökkenést jelent, amelyet a mérleg egyik serpenyőjébe kell tennünk akkor, amikor a másik oldalon a vízerőművek befektetési és üzemi költségeit vizsgáljuk.

e) Vízerő-gazdálkodásunk többnyire szorosan összekapcsolható egyéb vízhasznosítások fejlesztésével; más szóval a hidraulikus energiatermeleshez szükséges vízlépcsők olyan helyen és olyan módon alakíthatók ki, hogy a népgazdaságunk jövő fejlődése szempontjából igen fontos két vízhasznosítási ágazatnak, az öntözésnek és a hajózásnak is főművei lehetnek. Ahol ilyen körülmények vannak, ott a befektetési költségek egy része — pl. a tiszai vízerőhasznosításnál igen jelentős része, mintegy 50%-a — az öntözést és hajózást terheli.

A Szovjetunióban igen magas fokra fejlesztett és találóan *komplex vízhasznosításnak* nevezett és most említett megoldás számos olyan vízerő-kincs kihasználását teszi gazdaságossá, amelyet korábban csupán egy szemszögből nézve, nem gazdaságosnak minősítettünk.

f) Végül egy olyan gazdaságossági szempontra szeretnék nyomatékosan rámutatni, amelyet ugyan nem lehet a hazai vízerő-kincs különleges előnyének nevezni, de mégis kívánatos figyelembe venni, mert a gazdaságosság tekintetében nálunk hosszú időn át igen helytelennek nevezhető felfogás uralkodott. Ennek csökevényei még ma is befolyásolják vízerőkészletünk minőségi értékelését. Ez a szempont az amortizáció felvételének kérdése, ami ú. n. évi költségben és végeredményképpen a termelési egységköltségben mutatkozik meg.

A törlesztés helyes mértékének megállapítását azért kell különösképpen kidomborítanunk, mert nálunk igen elterjedt szokás volt a vízerő-hasznosítás

fejlesztésének ellenzői részéről olyan törlesztési módozatokat felvenni, amelyek ugyan teljesen kifogástalanok lehetnek a hőerő-gazdálkodásban, de *alapvetően elhibázottnak* kell tekintenünk azok egyszerű átvitelét és alkalmazását a vízerőhasznosítás terén.

Köztudomású, hogy a befektetés törlesztésének üteme vagy más szóval a leírás mértéke attól függ, hogy mekkora a szóbanforgó mű vagy szerkezet élettartama. Vízerőművek esetében nagyon különböző törlesztéseket kell figyelembe venni aszerint, hogy vasszerkezeti, gépészeti, villamos vagy mély- és magasépítési részekről van szó. A mély- és magasépítési szerkezetek leírása — itt elsősorban a betonépítményekre gondolunk — 50—80 esztendőre osztható el. E tekintetben tulajdonképpen szigorúan véve nem feltétlenül az élettartam szab határt, hanem az elavulás időtartamát is meg kell becsülni, mert hiszen betongátak és más efféle építmények élettartama sokkal több, esetleg 100 évnél is nagyobb lehet, mégsem célszerű 50—80 évnél nagyobb törlesztési időt felvenni, mert kb. ez vehető fel az avulás időtartamának. A gépészeti, villamos és vasszerkezeti berendezéseket együttvéve átlagosan 25—30 év alatt szokás törleszteni. Ha most tekintetbe vesszük, hogy kisesésű vízerőművek építési költségének nagy általánosságban mintegy 50—60%-át a gépészeti, vasszerkezeti és villamos berendezések teszik, másik 50—40%-a pedig a betonépítményekre, mély- és magasépítési szerkezetekre jut, akkor első közelítő számításokban a befektetési tőkére vonatkoztatott törlesztési, ill. leírási időtartamot 30—50 évnek lehet felvenni. Ez a befektetési tőkének 3,3—2,0%-os törlesztését jelenti, vagyis ekkora költséggel kell megterhelni az évi energiatermelést. Nyilvánvaló, hogy a fent megadott számok csak durva tájékoztatást adnak, és valamely adott esetben költségszámítások alapján kell elemezni a befektetési költségrészeket, hogy helyesebben határozhassuk meg a törlesztési időt.

Az üzemi és fenntartási költséget is szokás a befektetési tőke százalékában kifejezni, jóllehet ezzel szoros kapcsolata nincs. Legfeljebb azért jogosult ez a számítási mód, mivel az üzemi és fenntartási költségek ugyancsak egyértelműen változnak az erőmű nagyságával. Pontosabb számításnál már a kulcsszázalék nagyságát mérlegelni kell, mert az említett egyértelmű összefüggés nem lineáris, minthogy a nagyobb erőművek üzemi és fenntartási költsége viszonylag kisebb. Az üzemi költség nagy mértékben függ attól is, hogy mennyire automatikus az erőmű kezelése. Újabban külföldön számos, teljesen automatikusan működő és távolról szabályozható vízerőművet építettek. Az automatizálás növeli a befektetési költséget, de csökkenti az üzemköltséget. E kettő szembeállításával vezethető le, hogy érdemes-e, és milyen mértékben, rátérni az önműködő és távolról szabályozott rendszerre.

A Szovjetunió vízerőműveinek költségadatai alapján Zolotarev professzornak, a vízhasznosítás gazdasági kérdései kiváló szakértőjének *véleménye szerint az évi költség* — kamat figyelembevétele nélkül — az erőmű nagysága szerint 6% *és* 3,5% *közé esik.* Ugyancsak *Zolotarev* közöl adatokat a szovjet vízerő-

hasznosítás egységköltségeire; eszerint a kedvezőbb vízerőműveken 1 kWó termelési költsége 0,8 és 5,0 kopek között változik, míg a kevésbbé gazdaságos kihasználásoknál 8—12 kopekre is rúg. A fenti számok értékeléséhez tudnunk kell, hogy *Zolotarev* a befektetési tőke egyenletes törlesztésének — kamat nélkül — idejét az alépítményekre 70—100 évben, a vasszerkezetekre 30—50 évben, a vízerőtelep gépészeti és villamos berendezéseire pedig 18—20 évben veszi fel.

Már ebből a rövid eszmefuttatásból is látható, hogy a törlesztési idők racionális felvétele más megvilágításba helyezi a vízerők értékelését. Ha a törlesztési időket reálisan vesszük fel, akkor a vízerőművek legtöbb szerkezeti elemére lényegesen hosszabb törlesztést jogos felvennünk, mint hőerőművek esetében, ahol a befektetési tőkét 15—20 év alatt kell letörleszteni. A vízerőhasznosítás gazdaságosságának kérdésére e tanulmány során még visszatérünk.

. . .

Mivel e tanulmány kerete nem engedi meg, hogy a fenti *A)* és *B)* pontokkal kapcsolatban említett víz- és mélyépítési problémák részletes megvitatásába bocsátkozzam, itt nem áll módomban más, mint hivatkozni azokra a külföldön megépült, épülő és tervezett nagyszámú művekre, amelyeknek természeti adottságait a hazaihoz hasonló vagy még kedvezőtlenebb hidrológiai, topográfiai és geológiai viszonyok jellemzik.

A fent felsorolt, kedvezőknek és kedvezőtleneknek minősített tényezők sorozatán végigtekintve, meg kell állapítanunk, hogy semmiféle olyan szempont nem merül fel, amely a vízerőművek műszaki megvalósítása ellen szólna. A tervek hiányában még csak hozzávetőlegesen számított gazdaságossági vizsgálat viszont azt mutatja, hogy *vízerő-kincsünket érdemes kihasználni, tehát vízerőműveinket meg kell építeni.* A fentiek előrebocsátásával nézzük most rendre azokat a feltételeket, amelyeket a műszaki kialakítás tekintetében ki kell elégítenünk ahhoz, hogy a kedvezőtleneknek minősített körülmények hátrányokat, ill. károkat ne okozzanak, továbbá, hogy a kedvezőknek említett körülmények viszont kiaknázhatók legyenek.

4. A hazai vízerő-készlet kihasználásához szükséges művek létesítésével kapcsolatos műszaki feltételek

1. Vízerő-kincsünk zömének kihasználása csakis ú. n. *folyami*, azaz mederbe épített *vízerőművekkel* lehetséges. Üzemvíz-csatornás erőművek csak kisebb vízfolyásaink egyes szakaszain létesíthetők.

2. A dunai vízerő-hasznosítás valamelyik művét — az eddigi előmunkálatok szerint a Visegrád—Dömös szakaszon — feltétlenül megokolt *szivattyús tározóművel egybekapcsolni.*

3. A vízerőművek *erőtelepeit* lehetőség szerint *öblözetben vagy esetleg pillé-*

rekre megosztott művekként kell kialakítani, hogy az árvizek lefolyására és a hordalék továbbszállítására a kellő átfolyási szelvény, ill. mederszélesség biztosítva legyen. Az Arno Fischer-féle ú. n. gáttestbe épített (vízalattinak is nevezett) erőmű folyóink árvíz-, hordalék- és jégviszonyai mellett nem engedhető meg.

4. Vízerőműveink, ill. vízlépcsőink *duzzasztóműveit* a hordaléklerakodás csökkentése és az árvédelem céljaiból *mély küszöbbel* kell kialakítani. Ennek következtében az ú. n. magas küszöbű gátak nem jöhetnek szóba, legfeljebb az egészen kicsi és hordalékban szegényebb vízfolyásainkon.

5. A jég levezetése és a mű eljegesedésének elkerülése érdekében *nagy nyílású gátszerkezetek* alkalmazandók, amelyeknek az árvízlevezetés érdekében *mozgathatóknak* és az árvízszint fölé emelhetőknek kell lenniök. (Egyszerű és kettős táblás gát, kettős kampós-táblás gát, billenő-lapos egyszerű táblás gát, billenő-lapos 3-övű, 4-övű vagy zárthéjazatú gáttípus, hengeres gát.)

Kisebb vízfolyásokon szóba jöhetnek egyéb gáttípusok is.

6. Az ár- és belvízvédelem szempontjainak figyelembevételével szükségünk lehet a *vízszint finomabb szabályozására*, ami legjobban kettős- vagy billenő lappal ellátott mozgó gátszerkezettel oldható meg. Ugyancsak felmerül egyes helyeken annak a szüksége, hogy az esztendő hidrológiai jellegétől, továbbá az évszaktól függően különböző megengedett duzzasztási szinteket tartsunk. (Pl. a nyári duzzasztási szint magasabb lehet a téli évszakokban megengedett duzzasztási szinteknél.)

7. Számítanunk kell arra, hogy duzzasztóműveink és erőtelepeink egyes szerkezeti részeit *fűtő berendezéssel* kell ellátni a téli üzem folytonosságának biztosítására, továbbá az üzem és az árvédelem biztonságának fokozása érdekében. Ezeknek a megoldására természetesen sok külföldi tapasztalat van sokkal kedvezőtlenebb éghajlati adottságok mellett.

8. *A nehéz és változó alapozási viszonyok miatt különös gonddal kell kikeresni a vízlépcsők és egyéb műtárgyak helyét*, mert mind a felmerülő műszaki nehézségek, mind a költségek tekintetében igen nagy különbségek adódhatnak az egyes változatok között, csupán a különböző alapozási követelmények miatt. Az alapozási költségek nagyságrendben befolyásolhatják a beruházás teljes költségét.

9. Finomszemű vízáteresztő talajokon tervezett műveknél igen nagy körültekintéssel kell megállapítani az *átszivárgás*, ill. a szivárgás okozta talajtörés *elleni védelem* szerkezeteit, továbbá az utófenék kialakításának módját. (A nagy műveknél szádfal-körülzárásra vagy keszon-alapozásra lesz szükség ilyen talajadottságok mellett.)

10. Az ingadozó vízhozamok és ugyancsak változó kisesések kihasználása céljából — az egészen kis vízfolyásoktól eltekintve — mindenütt *szárnylapátos turbinák* alkalmazását kell előirányozni. Az erőművek egységei vagy mind Kaplan-rendszerű gépek, vagy Propeller- és Kaplan-turbinák vegyesen lehetnek. Kis vízfolyásokon az expressz-futó Francis-turbinák is szóba jöhetnek.

11. Tekintettel arra, hogy a zérus értékig is csökkenő esések jó kihasználása érdekében az ú. n. szerkesztési esést viszonylag kis értékben kell megállapítanunk — jóval kisebb lesz a legnagyobb esésnél, az ú. n. vízlépcső magasságnál — igen nagy jellemző fordulatszámú turbinák szerkesztésére lesz szükség a nagy egységekhez, főképpen tehát a dunai és tiszai művekben.

Minthogy ez esetben a turbina elhelyezésének gépészeti és mélyépítési szempontjai élesen szemben állnak, fontos, hogy az alapozási költségek csökkentése érdekében, a viszonylag *hirtelen iránytörésű, de ugyanakkor jó hatásfokú szívó csatornák* kikísérletezése megtörténjék.

12. *A vízlépcsők helyét úgy kell kijelölni hogy* azok ne csak a vízerő-hasznosításnak, hanem *az öntözésnek és hajózásnak is főművei legyenek*, továbbá, hogy azokhoz jól csatlakozzanak a gravitációs és szivattyús öntözővíz kivételi művek. Ezenkívül természetesen a károkkal, ill. a kártalanítással kapcsolatban felmerülő költségek csökkentése érdekében a vízlépcsők általános elhelyezésének, a műtárgyak elrendezésének és a duzzasztási szintnek megválasztásánál tekintettel kell lenni a *belvíz-rendezés* és a *fakadó vizek* problémáira (pl. többek között a belvíz-szivattyútelepekre).

Ha kisebb mértékben is, de a fejlődés folyamán számításba veendők az ivó- és ipari-vízellátás igényei is.

13. A faúsztatás és tutajozás tekintetében szóbajöhető folyókon meg kell vizsgálni, hogy megokolt-e külön tutajáteresztő létesítése; a vándorló halak közlekedésének biztosítására pedig a vízlépcsőkbe hallépcső építése szükséges.

14. A műszaki problémákat javarészt — nem csak vízépítési, hanem gépészeti téren is — kisminta-kísérleteken kell tanulmányozni, egyfelől a megkívánt biztonság, másfelől a leggazdaságosabb változat kikeresése érdekében.

A fentieken kívül természetesen még sok olyan műszaki szempont van, amelyre vízerőművek létesítésénél tekintettel kell lennünk, azonban a fenti alapelvek kitűzése most elégségesnek látszik, és a világos áttekintést az egyes kérdésekben nyilvánvalóan megkönnyíti, ha e helyen a kisebb jelentőségű részletekre nem térünk ki.

5. Vízerőink gazdaságossága

Célszerűnek látszik, hogy a gazdaságosság kérdésével még akkor is behatóan foglalkozzunk, ha egyelőre — kidolgozott tervek hiányában — csak tájékoztató értékeket tudunk bemutatni a hazai vízerőművekre.

Már a korábban előadottakból következik, hogy a gazdaságosság kifejezésének a hőerő-gazdálkodásban elterjedt egyik módja, mégpedig a fajlagos befektetés (Ft/kW) megadása nyilvánvalóan nem lehet alkalmas vízerőművek és kalorikus telepek összehasonlítására. Elsősorban azért, mert a befektetési

költségeknek a termelési költségekhez való viszonya merőben különbözik a kétféle energiahasznosításnál. A vízerőmű termelési költségének javarészét a befektetésből származó évi költség teszi, míg a hőerőmű termelési költségének számottevő hányada a szénköltség. Ebből következik, hogy valamely vízerőmű olcsóbban termelhet, mint egy nála sokkal kisebb fajlagos befektetést igénylő hőerőmű.

De az ilyen módon való összehasonlításnak még az is hiányossága, hogy a vízerőművek kihasználási óraszáma általában eltér a hőerőművek kihasználási óraszámától. E tekintetben viszont a vízerőmű lehet jóval kedvezőtlenebb helyzetben. Nagyesésű, különösképpen pedig nagy teljesítményű — évszakos, éves teljes vízhasznosítású — tározóval kapcsolatos erőművek a kihasználási óraszám tekintetében is versenyképesek a legjobban kihasznált hőerőművekkel. A kisesésű erőművek kihasználási óraszáma azonban sok esetben kisebb, mint a hasonló teljesítményű hőerőművéké. Bonyolítja az összehasonlítást az is, hogy a kihasználási óraszámnak egészen más értelmezést kell adni hőerőműveknél, mint vízerőműveknél.

Látjuk.tehát, hogy *a Ft/kW tényező kevéssé alkalmas arra, hogy egy vízerőmű gazdaságosságát pontosan kifejezze*, tájékoztató összehasonlítás céljára elterjedt mégis a használata. Ugyanez a megállapítás megtehető a Ft/kWó fajlagos befektetéssel kapcsolatban is.

Ismeretes, hogy egy nagy teljesítményű korszerű hőerőmű létesítése ma mintegy 3500—4500 Ft/kW fajlagos befektetést igényel hazai viszonylatban. Az 500° C hőmérsékleten és 80 atmoszféra nyomás felett dolgozó erőművek, amelyek 24—28% termikus hatásfokot is elérnek, még nagyobb beruházást igényelnek, úgyhogy a fajlagos befektetés világviszonylatban eléri, sőt sok esetben túllépi a kedvezőbb vízerőművekét.

A legkedvezőbb kisesésű vízerőművek befektetési költsége *világviszonylatban* átszámítással mintegy 3000—4000 Ft/kW-ra tehető. Magyarországon ilyen kedvező lehetőségek nincsenek, ezért a rendelkezésre álló és külföldi művekre vonatkozó adatokat a megfelelő pénznemben is megadom. A jelenleg épülő kisesésű erőművek fajlagos befektetése Svédországban mintegy 500—600 Korona/kW, a svájci energiagazdálkodók pedig kisesésű vízerőműveiknél ma 1000—1500 Fr/kW értékkel számolnak. Közepes természeti adottságok esetében a kisesésű vízerők hasznosításának fajlagos befektetése 4000—12 000 Ft/kW között váltakozik, míg kedvezőtlen viszonyok között a 22 000 Ft/kW-ot is elérheti anélkül, hogy a hőenergia-termeléshez viszonyítva, versenyképességét elveszítené.

Vízerőművekre is áll a hőerőművekkel kapcsolatban említett elv, hogy a teljesítmény növekedésével a fajlagos befektetés csökken.

A fajlagos befektetés legfőképpen a következő tényezőktől függ:

1. hidrológiai viszonyok,
2. esésviszonyok és általában a völgy domborzati adottságai,

3. altalajviszonyok és a völgy geológiai felépítése.

Említettük már, hogy határozott teljesítmény annál kisebb befektetéssel érhető el, minél nagyobb benne az eséstényező. Ennek megfelelően csökken a fajlagos befektetés is. A kiépítési vízhozam csökkenésével az erőtelep befektetése majdnem arányosan esik, viszont az esés növekedése nem emeli számottevően a költségeket, mivel az esés változásánál a költségváltozásra két ellentétes hatás érvényesül. Az esés növekedésével vagy csökkenésével ugyan együtt jár a műtárgy magasabb, ill. alacsonyabb kiképzésével egyenlő értelemben való költségváltozás, de vannak ugyanakkor körülmények, amelyek az esés növekedésével az erőmű egyes méreteinek csökkenthetősége révén a beruházást kedvezően befolyásolják. A nagyobb eséssel nagyobb áramlási sebességek járnak, tehát az előcsatorna, a csigaház, a turbina, szívócsatorna átfolyási szelvényei kisebbekre vehetők. Meghatározott teljesítmény, kiválasztott turbinatípus és megadott számú turbinaegység esetében a viszonylag nagyobb esés nagyobb fordulatszámot eredményez, ami a generátor költségére van kedvező hatással. A fentiekből egyúttal következik az is, hogy az erőmű alépitménye és felépítménye egyaránt kisebb alapterjedelmű.

Ha állandó esés mellett feltételezünk különböző kiépítési teljesítményeket, akkor a teljesítménnyel általában nem növekszik arányosan a költség, tehát a teljesítmény növekedésével kissé csökken a fajlagos befektetés. Ha viszont ugyanazt a vízhozamot áll módunkban különböző eséssel hasznosítani, akkor általában azt lehet mondani, hogy az esés növekedésével a fajlagos befektetés rohamosan csökken.

Az esés változatlansága esetében a befektetési költség kisesésű erőművekre, hasonló hidrológiai, topográfiai és geológiai viszonyokat feltételezve, megközelítőleg az alábbi összefüggéssel fejezhető ki:

$$K = a + bT, \tag{6}$$

a fajlagos befektetés pedig:

$$K_0 = \frac{a}{T} + b \tag{7}$$

Ha továbbá valamely meghatározott teljesítmény elérése két vagy több kisebb esésű hasznosítással szemben egy nagyobb esésű erőművön érhető el, akkor nyilvánvaló, hogy kivételes esetektől eltekintve, a nagyobb esésre épített erőmű befektetése jóval kisebb a két vagy több külön erőmű költségösszegénél.

Ugyancsak nagy általánosságban megállapítható, hogy az üzemvízcsatornás erőművek fajlagos befektetése kisebb, mint a folyami erőművéké. Üzemvíz-csatornás elrendezéssel ugyanis rendszerint nagyobb — 8—10 m vagy azon felüli — eséseket hasznosítunk, és így a fent már vázolt okokból az erőtelep költsége fajlagosan kisebb, mint folyami hasznosítás esetében. Hogy teljes

képet kapjunk, még szembe kell állítanunk a duzzasztóművek költségét. Azonos teljesítmények elérésére üzemvíz-csatornás elrendezéshez kisebb méretű és alacsony, folyami hasznosítás esetében pedig nagyméretű és magas duzzasztómű szükséges, az erőmű és a duzzasztómű költségében az üzemvíz-csatornás változat javára mutatkozó jelentős különbséget pedig nem ellensúlyozza az üzemvíz-csatorna költsége, minthogy ez legfőképpen olcsó földmunkából ered.

A fentiekben a leglényegesebb tényezők költségalkotó hatását vizsgáltuk, de van még számos hidrológiai és topográfiai adottság, amelynek jellegétől szintén nagy mértékben függhet a befektetési költség. Ilyenek: a legnagyobb árvízhozam aránya a kiépítési vízhozamhoz az árvízszint magassága és az árvíznek a mederhez viszonyított elhelyezkedése, a meder beágyazottsága a vízfolyás esésviszonyai, a folyóvölgy domborzati viszonyai stb., amelyekről már a megelőző fejezetben is szó volt.

A harmadik lényeges szempont az, hogy milyenek az alapozás tekintetében mértékadó geológiai és talajmechanikai adottságok. Az alapozás a művek költségének általában igen jelentékeny hányadát teszi, ezért számottevő megtakarítás elsősorban éppen ennél a munkarészletnél érhető el. De ugyanakkor ne tévesszük szem elől, hogy az alapozás viszont a legkényesebb része a vízépítkezéseknek, s az alaptest helytelen vagy könnyelműen takarékos kia akításából igen nagy veszé yek származhatnak.

A. Schäfer foglalkozik részletesen a középeurópai viszonyoknak megfelelő kisesésű vízerőművek építési költségeivel. Schäfer a kiépítés mértékének függvényében adja meg a kisesésű folyami erőmű befektetési költségeit szerkezeti elemek szerint részletezve. Schäfer grafikonokat ad a költségszámításra, amelyekben a

$$K = a + bQ \tag{8}$$

összefüggésnek megfelelő egyenesekkel jellemzi a költség növekedését. Ezek a grafikonok az esésnek 3—9 méterig terjedő értékei között érvényesek.

Véleményem szerint a Schäfer adta módszer megközelítő költségelőirányzat készítésére jól használható, ha a természeti adottságoknak megfelelő a és b együtthatókat már ismerjük. Tekintettel arra, hogy a hazai viszonyok eltérnek azoktól a körülményektől, amelyek a Schäfer vizsgálta vízerőműveket jellemzik, nem lehet a Schäfer-féle graf konokat közvetlenül felhasználni. Ehhez járul még az, hogy a Schäfertől márkában adott költség-értékeket igen nehéz mai forint-értékre átszámítani, továbbá, hogy az átértékelés másképpen veendő a beton alépítményekre és a vasszerkezetekre, ill. a gépészeti berendezésekre. Megjegyzem, hogy a Schäfer-féle költségábra csak magának az erőtelepnek a költségét adja meg, az erőtelep költségéhez tehát még hozzá kell számítani a duzzasztómű költségét.

Tekintettel arra, hogy az irodalomból eléggé ismert Schäfer-adatokat kellőképpen átértékelni nem tudjuk, a hazai viszonyoknak megfelelő, egyéb,

kellőképpen kidolgozott költségszámítások nincsenek, és legfőképpen mivel hazai nagyobb vízerőművek nem épültek, jelenleg még csak tájékoztató számításokat végezhetünk vízerőműveink befektetésére vonatkozólag.

Válasszuk szét a vízerőtelepet és a duzzasztóművet! Az utóbbira vonatkozólag bizonyos támpontokat kaphatunk hazai építkezések tapasztalataiból. A régebben megépült békésszentandrási mű utókalkulációja és átértékelése, részben újabban készített tervek többé-kevésbé kidolgozott költségvetései alapján arra az eredményre jutottam, hogy a hazai közepes és nagyobb folyókon — Sió, Sajó, Hernád, Rába, Körös, Dráva, Tisza, Duna — a mederelzáró szerkezet minden m^2-ére számított 80 000 Ft-ra lehet a duzzasztómű teljes költségét becsülni. A *III. táblázatban* közlök erre vonatkozólag néhány tájékoztató adatot.

III. Táblázat

A duzzasztó megnevezése M = Megépült T = Tervezett E = Eszmei terv	A mederelzáró szerkezet				Építési költség Ft	
	nyílásainak		magassága m	felülete m^2	80 000 Ft m^2 fajlagos költség alapján	utókalkuláció vagy előzetes költségvetés szerint
	a száma	szélessége m				
Békésszentandrás (Körös) .....M	2	22	7	308	24 640 000	24 000 000
Tiszalök (Tisza) ...T	3	37	8	888	71 040 000	70 000 000
Barcika (Sajó) ....T	3	12	3,2	115	9 200 000	10 000 000
Dunai duzzasztómű E	10	35	9	3150	252 000 000	240 000 000

Az erőmű beruházását a tiszai vízlépcsőknél a már meglehetős részletességgel elkészült tiszalöki tervek alapján, 11 500 Ft/kW fajlagos értékben vehetjük fel.

A dunai erőművek esetében az erőmű fajlagos befektetése jóval kisebb, mégpedig kb. 8000—9000 Ft/kW-ban irányozható elő.

Nem szabad azonban elfelejteni, azt, hogy a dunai vízerőművek létesítésénél mind a hajózsilipet, mind a duzzasztóművet az energiatermelés terhére kell írni, és ily módon számítva a vízienergia termelésre kW-ként mégis 13 000—14 000 Ft-ig fog emelkedni a fajlagos költség. Kisebb folyóinkon vannak olyan vízerő-lehetőségek, ahol a fajlagos befektetés előreláthatólag nem haladja meg a 10 000 Ft/kW értéket, ezek azonban nem számottevőek az összes teljesítmény szempontjából.

Végeredményképpen tehát a hazai vízerő-gazdálkodás jövő feladatainál a fajlagos befektetést 10—13 000 Ft/kW értékben lehet felvenni.

A tiszai vízerőműveket a fentiek értelmében tehát az teszi versenyképessé a dunai és egyéb vízerő-hasznosításokkal szemben, hogy a Tiszán a duzzasztóművek és hajózsilipek költségét át lehet hárítani az öntözés és hajózás érdekeire.

Térjünk most át a fajlagos befektetésről — amely, mint mondottuk, nem szolgálhat összehasonlításul a kalórikus energiatermeléssel szemben — az energiatermelés egységköltségére.

A tiszalöki vízerőműre és ezzel együtt az egész Tisza-csatornázás vízerőhasznosítására vonatkozóan, az ú. n. évi költség százalékos tényezőinek az alábbi értékeket vehetjük fel:

tőketörlesztés	2,5 %
üzemköltség	1,5 %
fenntartási költség	1,0 %
összesen:	5,0 %

A kihasználás mértékét a tiszai erőműveken legalább évi 4700 órával közelíthetjük meg. Ebből következik, hogy a termelési egységköltség legfeljeb

$$\frac{11500\ Ft/kW \cdot 5 \cdot 100\ fill/Ft}{100 \cdot 4700\ kWó} = 12{,}2\ fill/kWó$$

A dunai vízerőhasznosítás esetében a gazdaságosság kedvezőbb lesz egyfelől azért, mert a kihasználási óraszám a Duna kedvezőbb vízjárási viszonyai folytán nagyobb, másfelől mert a nagyobb műveknél az üzem- és fenntartási költségek kulcs-százaléka feltétlenül kisebbnek vehető. Eddigi tájékoztató vizsgálataim szerint, az átlagos kihasználás 5500 órának vehető, az évi költség pedig 4,5%-os értékre csökkenthető. Ilyen feltételek esetében a dunai vízerőhasznosítás termelési egységköltsége:

$$\frac{13000\ Ft/kW \cdot 4{,}5 \cdot 100\ fill/Ft}{100 \cdot 5700\ kWó} = 10{,}3\ fill/kWó$$

A kisebb vízerőművek termelési költsége előreláthatólag 10—16 fillér/kWó értékek között fog mozogni.

Noha egész vízerő-hasznosításunk gazdaságosságára csak tájékoztató képet adhatunk, mégis lehetőség nyílik néhány esetben pontosabb vizsgálatokat végezni a már elkészített tervek, ill. a végzett előmunkálatok alapján. A továbbiakban körvonalazni kívánjuk a 2 milliárd kWórás, műszakilag kihasználható vízerőkészletnek azt a részét, amely véleményünk szerint egy gyorsütemű vízerő-hasznosítási terv első fokozata lehetne. Megjegyzem, hogy a tiszalöki erőmű tervei készülnek, sőt a mű építése is megindult. Egy 10—12 éves vízerő-gazdálkodási terv keretében a *IV. táblázatban* feltüntetett erőművek volnának beilleszthetők.

Amint látjuk, mintegy *1 milliárd kWó évi energiatermelést 200 000 kW beépített teljesítménnyel lehetne elérni mintegy 2,5 milliárd Ft befektetéssel: ehhez járulna még a 80 000 kW-os szivattyús tározó 235 millió Ft építési költséggel.*

IV. táblázat

A HAZAI VÍZERŐ-HASZNOSITÁS FEJLESZTÉSÉNEK ELSŐ FOKOZATÁBAN KIÉPÍTÉSRE JAVASOLT ERŐMŰVEK TÁJÉKOZTATÓ ADATAI

Az erőmű helye, ill. megnevezése	Kiépítési vízhozam	Hasznos esés	Kiépítési teljesítmény	Évi átlagos energia-termelés	Évi ki-használási óraszám	Építési költség	Fajlagos befektetés	Évi költség tényezője	Energia termelési költsége
	m^3/sec	m	kW	millió kWó	óra	millió Ft	Ft/kW	%-ban	fillér/kWó
Tiszalök	285	0 + 7,50	11 500	54	4700	132	11 500	5,0	12,2
Tiszabő	370	0 + 8,00	14 500	75	5200	152	10 500	5,0	10,1
Szeged	550	0 + 7,00	14 000	75	5350	190	13 500	5,0	12,7
Duna I. (Nagymaros)	2200	0 + 4,90	80 000	420	5250	1040	13 000	4,5	10,1
Duna II. (Paks környéke)	2200	0 + 6,70	60 000	380	6330	780	13 000	4,5	9,2
Kisebb erőművek (Sió, Hernád, Rába, Dunaágak)	—	—	12 000	66	5500	156	13 000	5,5	13,0
Összesen, ill. átlagérték	—	—	192 000*)	1070*)	6000	2450*)	13 140	—	10,3
Hidraulikus energia-tározó (Nagymaros)	18,6/31,0	220+ 250	80 000	—	—	235	2 940	—	—

A *)-gal jelölt tiszai erőművek költsége a hajózsilip és a duzzasztómű beruházását nem tartalmazza.

A hidraulikus energiatározóval kapcsolatban már *dr. Heller László* alaposan boncolta a gazdaságosság kérdését, és *szerinte a tározómű működése nem jár szénpazarlással*, sőt éppen ellenkezőleg, a tározás révén kiegyenlített kalórikus termelés szénfogyasztása a szivattyús tározás 40%-os energiaveszteségе ellenére is csökken az eredeti fogyasztáshoz képest.

A tározómű létesítésére alkalmas topográfiai viszonyok olyanok, hogy az előirányzott 80 000 kW teljesítménnyel — jelentékeny fejlődést is figyelembe véve — ki lehetne egyenlíteni az egész országos villamosenergiatermelés napi ingadozásait.

A szivattyús tározó fajlagos befektetése kereken 3000 Ft/kW. Ez a meglehetősen alacsony érték az igen kedvező topográfiai adottságokkal magyarázható.

Amint már több ízben hangsúlyoztuk, a fent közölt műszaki és gazdaságossági adatok — kivéve 1—2 behatóbban vizsgált erőművet — lényegében tájékoztató és több esetben csak becslésszerűnek mondható számításokon nyugszanak. A tiszalöki erőmű részletes tervezése folyamatban van, a mű építése megindult, a Tisza-csatornázás többi műveire, továbbá 1—2 kisebb erőműre (Siófok, Kvassay-zsilip) a gazdaságosság megítélése szempontjából kielégítő számítások, ill. vázlatterveink vannak, viszont éppen a vízerő-hasznosításunk gerincét képező nagy dunai vízerőművekre és szivattyús tározóra vonatkozólag vizsgálataink még kezdeti állapotban vannak. Nyilvánvaló, hogy m nd a műszaki problémák, mind az építés és befektetés ütemezése és végül a gazdaságosság tekintetében mielőbb fel kell tárnunk a reális helyzetet, hogy az ország vízerőgazdálkodási terve elkészüljön és az építési munkálatok mielőbb megindulhassanak.

Tekintettel a korábbi fejezetekben már előadott különleges műszaki szempontokra, *feltétlenül szükséges, hogy igen beható, számos változatra kiterjedő előmunkálatok és tervvázlatok készüljenek — igen gondos költségösszehasonlításokkal — és egyidejűleg megindu'janak mindazok a tudományos vizsgálatok és kutatások, amelyek a hazai viszonyoknak megfelelően gazdaságosabb megoldásokat eredményezhetnek.*

6. A hazai vízerő-gazdálkodás kifejlesztésének előmunkálatai

A hidrológiai, topográfiai és geológiai előmunkálatok egyik legfontosabb célja a megengedhető legmagasabb duzzasztási szint meghatározása.

Amint tudjuk, a duzzasztási szint emelése nem növeli arányosan a befektetési költségeket, viszont ugyanakkor rohamosan növekszik a termelhető energiamennyiség. A duzzasztás növekedésével együttjáró másik figyelemreméltó előny az, hogy a termelés egyenletesebbé válik, és az árvizek okozta üzemszünet erősen csökken. Az *1.*- és *2. ábrán* bemutatom a nagymarosi vízmérce szelvényében elképzelt vízerőmű energiatermelésének változását a kiépítési vízhozam és a duzzasztási szint függvényében. Avégből, hogy a kapott

eredményeket kapcsolatba hozzuk a folyó más szelvényeire végzett vizsgálatokkal, a vízlépcső-magasságot — az eddigi szokásoktól eltérően — nem az előfordult legkisebb vízszint fölötti, hanem az ú. n. átlagos vízállás fölötti magasságban fejeztem ki. A kiépítés mértékét az 1931—40 időszak átlagos vízhozam-tartósságának százalékában vettem fel, s e százalékoknak megfelelő vízhozamokat azután változatlanul kiépítési mértékeknek tekintettem a kiragadott száraz, nedves és közepes esztendőkre is.

Az 1. ábrán teljes vonallal kihúzott görbék a tízéves átlagra vonatkoznak, míg a szaggatott vonalak a vízjárás tekintetében átlagosnak feltételezett 1938. esztendőre érvényes összefüggéseket fejezik ki. Jól felismerhető az ábrából, hogy a közepes jellegű esztendő energiatermelési viszonyai igen jól megegyeznek a tízéves átlag megfelelő értékeivel.

A 2. ábra a rendkívül nedves 1941. év és az 50 év alatt egyszer előforduló 1947-es száraz év adatait tartalmazza. A kihúzott vonalsereg elég nagy szögben metszi a száraz év szaggatott vonalait. Az ábrából kiviláglik, hogy kis vízlépcső-magasság esetében a száraz év, nagy vízlépcső-magasság esetében pedig a nedves év biztosít nagyobb energiatermelést. Ez önként értetődik akkor, ha szem előtt tartjuk, hogy kis vízlépcső-magasság esetében elsősorban a nagyvíz okozta szünetek befolyásolják az energiatermelést, míg magas duzzasztás esetében a nedves év nagyobb vízmennyiségei vannak döntő befolyással.

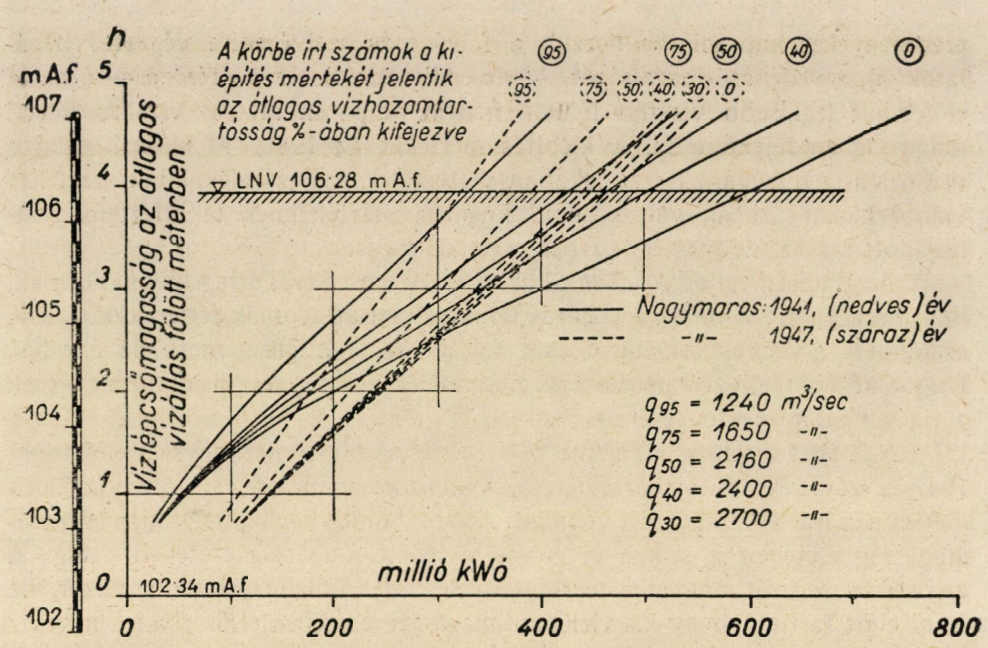
Az ábrák csupán hidrológiai adatfeldolgozás eredményei. Nincsenek rajtuk feltüntetve a topográfiai és geológiai viszonyok adta korlátozások, amelyek még nincsenek felderítve. Azt mindenesetre máris megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb árvízszintig nem duzzaszthatunk, sőt a duzzasztási szinttel az alatt kell maradnunk. Ha a duzzasztási szinttel pl. 1 m-rel a legnagyobb vízszint alatt maradunk, akkor kb. 320 millió kWó átlagos évi energiatermelésre számíthatunk.

A geológiai és talajmechanikai vizsgálatokat olyan alapossággal kell elvégezni, hogy az alapozás módja megállapítható és kellőképpen kidolgozható legyen. Az alapozási költségeknek csökkentése érdekében igen fontos hazai szempontból olyan irányú tudományos vizsgálatok és kísérletek rendszeres végrehajtása, amelyeknek révén a Kaplan-turbinákhoz éles iránytörésű, de egyben jó hatásfokú szívó csatornák szerkeszthetők.

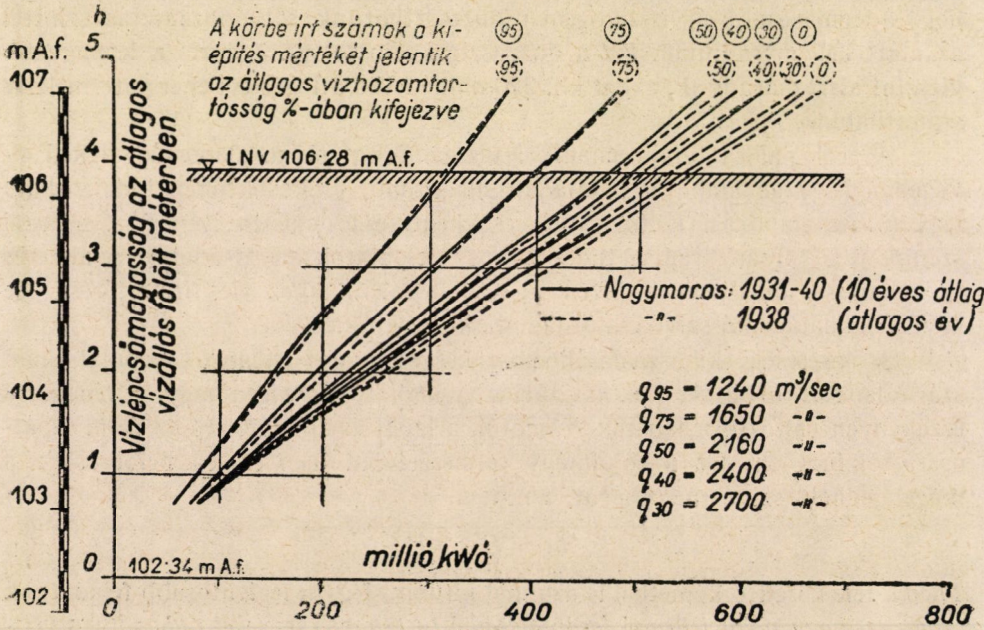
A kisesések kihasználásához szükséges nagy jellemző fordulatszámú szárnylapátos turbinák, ú. n. kavitációs együtthatója (σ) igen nagy, és rendkívül érzékenyen változik a lapátok számától, a lapátok alakjától és az ú. n. lapátosztástól függően. Ez a körülmény természetesen igen erősen befolyásolja a megengedhető szívó magasságot, amint a

$$h_s = B - \sigma H \tag{9}$$

Thoma-féle közelítő képletből is azonnal kitűnik. Egyik legfontosabb feladatunk tehát az, hogy *nagy jellemző fordulatszámú turbinaszerkezeteket tudományos vizs-*


h
mA.f.
A körbe irt számok a kiépítés mértékét jelentik az átlagos vizhozamtartósság %-ában kifejezve
95 75 50 40 0
95 75 50 40 30 0
LNV 106·28 m A.f.
Vízlépcsőmagasság az átlagos vízállás fölött méterben
Nagymaros: 1941, (nedves) év
-"- 1947, (száraz) év
q_{95} = 1240 m³/sec
q_{75} = 1650 -"-
q_{50} = 2160 -"-
q_{40} = 2400 -"-
q_{30} = 2700 -"-
102·34 m A.f.
millió kWó
107
106
105
104
103
102
5
4
3
2
1
0
0
200
400
600
800

1. ábra.


h
mA.f.
A körbe irt számok a kiépítés mértékét jelentik az átlagos vizhozamtartósság %-ában kifejezve
95 75 50 40 30 0
95 75 50 40 30 0
LNV 106·28 m A.f.
Vízlépcsőmagasság az átlagos vízállás fölött méterben
Nagymaros: 1931-40 (10 éves átlag)
-"- 1938 (átlagos év)
q_{95} = 1240 m³/sec
q_{75} = 1650 -"-
q_{50} = 2160 -"-
q_{40} = 2400 -"-
q_{30} = 2700 -"-
102·34 m A.f.
millió kWó
107
106
105
104
103
102
5
4
3
2
1
0
0
200
400
600
800

2. ábra.

gálatok és kísérletek alapján úgy alakítsunk ki, hogy a kavitációs tényező minél kisebb és ezzel együtt a megengedhető szívó magasság minél nagyobb legyen, hogy ne kelljen túlságosan mélyre süllyeszteni az alapozást. (Ismeretes, hogy sok esetben a megengedhető szívó magasság negatív értéknek adódik, ami azt jelenti, hogy a turbina-járólapát kilépési élének a legalacsonyabb alvízszint alá kell kerülnie, s ennek következménye a viszonylag igen mély szívó csatorna elhelyezés.) Az előbbiekhez természetesen még azt a megjegyzést kell fűznünk, hogy az említett feltételeket jó hatásfok mellett kell elérni, mert hiszen a hatásfok jelentékeny leromlásának a terhére mai ismereteink szerint is könnyen csökkenthető a kavitációs veszély. A kisebb mértékű, tehát az ú. n. nem teljesen kifejlődött kavitációnak egy bizonyos fokozata még megengedhető az üzem biztonságának veszélyeztetése nélkül, és azért *a kisebb mértékű kavitációs jelenség tűrése érdekében a lapátok anyagának vagy külső rétegének kavitációval szemben ellenálló fémből való készítésére kell törekedni.* Ilyen irányú eredményes külföldi kísérletek, sőt üzemi tapasztalatok is ismeretesek. Ezeket is érdemes volna tanulmányozni és esetleg továbbvizsgálni.

Befejezésül szükségesnek látszik összefoglalni és kiértékelni a fent elmondottakat és azok alapján a legsürgősebb és legfontosabb teendőkre javaslatot tenni.

7. *A tanulmány eredményeinek összefoglalása és a magyar vízerő-gazdálkodás fejlesztésére irányuló javaslatok*

Vízfolyásaink vízerőkészletének kihasználása tekintetében semmi olyan műszaki körülmény nincs, amely a kiépítést megvalósíthatatlanná tenné, sőt e kérdés szakemberei és tudományos művelői előtt is ismeretes, hogy külföldön számos esetben létesítettek és építenek vízerőműveket kedvezőtlenebb természeti adottságok között is. A 2,5—5,0 méter közötti egészen kis esések hasznosítására számos külföldi példa van.

Vízerő-gazdálkodásunk kifejlesztésénél tudomásul kell vennünk azt, hogy energiagazdálkodásunk gerincét mindenkor a kalórikus termelés fogja adni, de ugyanakkor el kell ismerni, hogy a kiépítendő vízerőművek — beleértve a szivattyús tározóművet is — figyelemreméltó tényezőkké válhatnak energia gazdálkodásunkban.

Noha az előzőkben legfőképpen a nagyobb teljesítményű és így elsősorban a dunai vízerőművekről szóltunk, nem szabad elhanyagolni azoknak az egyes kisebb, sőt egészen kis vízfolyásoknak a lehetőségeit sem, amelyek valamely önálló ipartelep vagy termelőszövetkezet ellátására lesznek alkalmasak.

A hazai vízerőgazdálkodás kifejlesztése érdekében tehát az alábbi javaslatok tehetők:

1. Készüljenek el mielőbb mindazok a hidrológiai, topográfiai és geológiai előmunkálatok, amelyek segítségével lehetőség nyílik az ország vízerő-készletének pontos és részletes felmérésére, továbbá a műszakilag hasznosítható vízerőkészlet végleges megállapítására.

Ezekkel a munkálatokkal szorosan karöltve készüljön el az ország vízerőgazdálkodási keretterve, a folyók vízlépcsőboesztásával és a megengedhető duzzasztási szintek meghatározásával.

A keretterv készítésénél a hazai vízkészlet hasznosításának optimális gazdaságosságából kell kiindulni, tehát a vízkészlet felhasználásának helyét és módját minden esetben az összes vízhasznosítási lehetőség, tehát az öntözés, hajózás, ipari- és ivóvízellátás igényeivel összhangban kell megállapítani.

2. Fel kell venni a kapcsolatot Csehszlovákiával egyrészt a tekintetben, hogy a Duna cseh-magyar szakaszán milyen lehetőségek vannak az ott rejlő vízerőkészletek kihasználására, másrészt, hogy a Visegrád-környéki dunai vízerőműnek az Ipolyba és Garamba való visszaduzzasztó hatása minő mértékben engedhető meg.

3. A tervezés munkálatokat fel kell fokozni, és addig is, ameddig az országos keretterv elkészül, behatóan kell foglalkozni azokkal a konkrét erőműtervekkel, amelyeknek he'yét már az eddigi tájékoztató vizsgálatok alapján is számos szempont határozottan kijelöli. Ezek volnának: A Tisza-csatornázás további vízlépcsői, a Visegrád-környéki nagy dunai vízerőmű és néhány közepes, ill. kisebb erőmű.

4. Tekintettel arra, hogy a hidraulikus energiatározó létesítésének még tisztán kalórikus termelésen nyugvó energiagazdálkodásban is igen nagy előnyei vannak, ennek a műnek az előmunkálatait, sőt építését is kívánatos minél előbbre hozni. A tározómű lényegsen rövidebb idő alatt építhető meg, mint egy nagy dunai vízerőmű, márpedig ha a két mű létesítése nincs egymáshoz kötve, akkor a tározóművet érdemes hamarabb megépíteni és üzembe helyezni.

Mivel azonban a létesítmények helyi elrendezése között szoros kapcsolat van, a tározómű építésének megindulása előtt, el kell dönteni a nagy dunai vízerőmű általános diszpozicióját is.

5. Az országos vízerőgazdálkodási kerettervet lényegében nem befolyásolja az egészen kis vízfolyások kihasználásának a módja. Éppen ezért nem volna célszerű ezeknek létesítésével megvárni az országos keretterv elkészítését. Sok szempontból megokoltnak látszik, hogy ezeket a kis műveket — amelyek nem kívánnak olyan részletes előkészítést, mint a nagy erőművek — sürgősen építsük meg egy-egy termelőszövetkezet ellátására a helyi igényeknek megfelelően. E célból a Szovjetunió mintájára előregyártott elemekből és egyszerű módon, esetleg a termelőszövetkezetek munkájának igénybevételével lehetne kis vízerőműveket létesíteni.

6. A vízerőgazdálkodás tudományos kérdéseivel behatóan foglalkozzanak az illetékes tudományos intézetek és laboratoriumok, különösképpen kavitáció-vizsgálatokkal, szárnylapátos turbinák szerkesztésével, szívó csatornák kialakításának módjával és még számos e helyen fel nem sorolt feladattal, amelyeknek tudományos vizsgálata lehetővé teszi majd hogy vízerőműveink kisebb költséggel és gazdaságosabb üzemmel valósuljanak meg

A VILLAMOSENERGIA TERMELÉSÉNEK ÉS ELOSZTÁSÁNAK IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI HAZÁNKBAN

KOVÁCS KÁROLY PÁL levelező tag
előadása az 1950. december 1-i osztályülésen

1. Bevezetés.

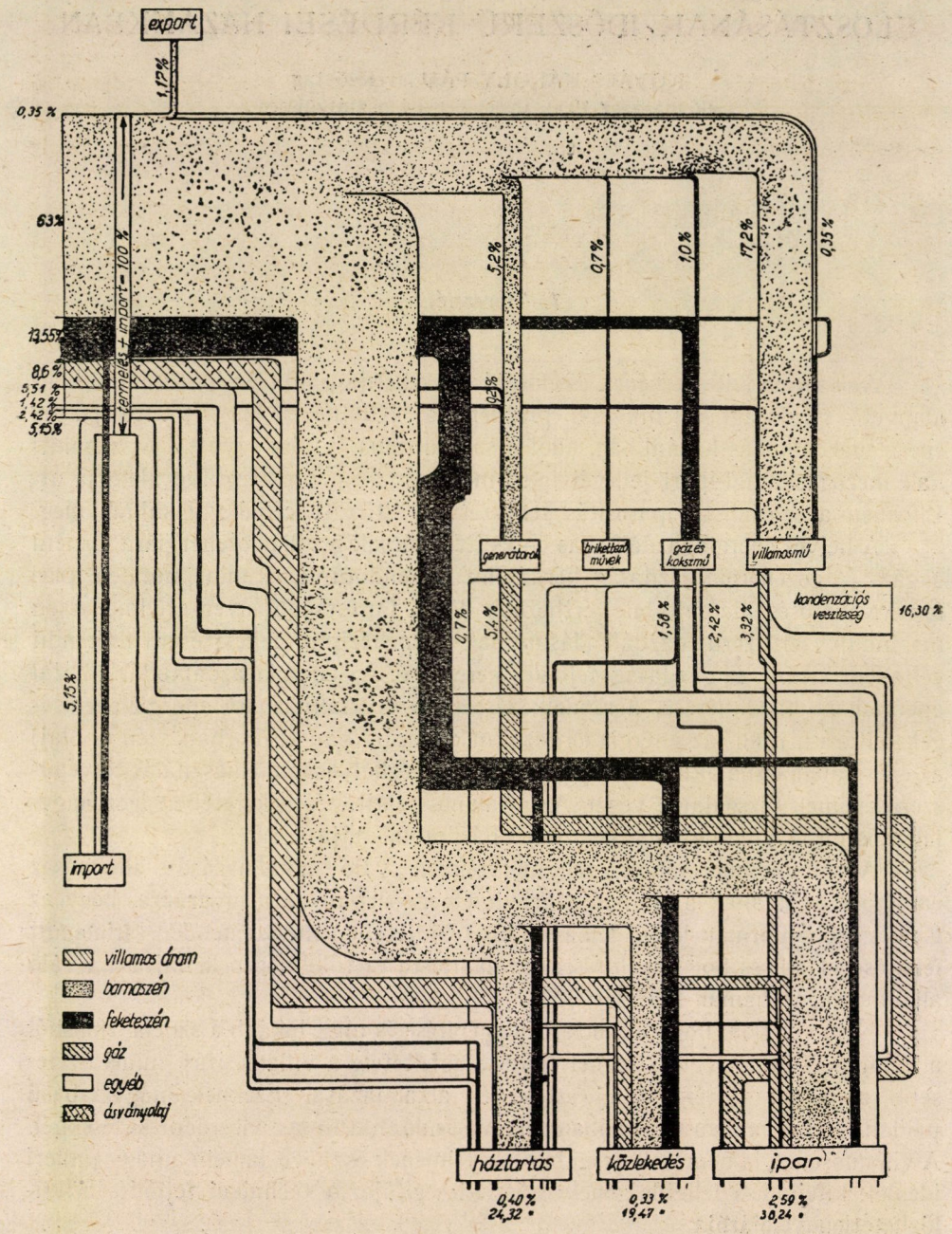
Az energia fejlesztésének és elosztásának kérdése minden iparosodó ország alapvető gazdasági és műszaki problémája. Különösen nagyjelentőségű az energiagazdálkodás hazánkban, ahol a szocializmus építése egyúttal országunknak mezőgazdasági-ipari jellegét ipari-mezőgazdasági szerkezetűvé alakítja át. Eközben a szocialista iparosítás tervszerűen kitűzött céljai valósulnak meg.

A helyes energiagazdálkodás — és itt nemcsak a villamosenergiára, hanem a gáz- és gőzenergia-gazdaság kérdéseire is gondolunk — mint minden ipari munkalehetőség alapfeltétele, érthetően döntő fontosságot nyer eredményesen megindult tervszerű gazdálkodásunknak a nehézipar fejlesztését elsőrendű céljaként kitűző, új gazdasági fejlődés keretében. Az energiagazdálkodás a hazai energiabázisok felmérése, a rendelkezésre álló és kiaknázható energialehetőségek feltárása után, az energiahordozóknak (hazánkban elsősorban szén és olaj) az energiafelhasználókhoz való juttatását és a leghelyesebb felhasználás törvényszerűségeinek vizsgálatát végzi. Az általános célkitűzések keretében igen nagyjelentőségű a villamosenergiagazdálkodás problémája.

A villamosenergiának nagyméretekben való alkalmazását illetve az energia e fajtájának általános elterjedését elsősorban az magyarázza, hogy az ismert energiaformák közül felhasználás tekintetében messzemenően kifinomult lehetőséget ad, és hogy szállításra, átalakításra és főként gépek hajtására való alkalmasságát hamar felismerték.

Nem véletlen, hogy a szocializmus építése és még inkább a szocializmusból a kommunizmusba való átmenet egyik alapfeltétele a villamosítás minél szélesebb alapokon történő kifejlesztése és alkalmazása. Ezeknek nagyszabású példáit látjuk a Szovjetunióban megvalósuló hatalmas vízerőépítkezéseknél. A villamosenergia nemcsak az ember kényelmének eszköze, hanem a nagy emberi ideálok kifejlődési lehetőségének műszaki segítője, a technikai fejlődés nélkülözhetetlen velejárója.

Hogy hazai energiaviszonyainkat, de különösen a hazai villamosnergiafelhasználásának helyes arányait érzékelhessük, e szempontokból vegyük szemügyre energiamérlegünket.



1. ábra.
Magyarország energiafolyama az 1949. évben.

2. *Magyarország energiamérlegének vizsgálata a villamosenergia szolgáltatás szempontjából.*

Mint ismeretes, legfőbb energiabázisunk a szén. A vízenergia kiaknázási lehetősége hazánkban nagy folyóinkon megvan, és azoknak a lehetséges legnagyobb mértékű kifejlesztése energiaprogrammunk fontos célkitűzése. Mégis e folyók kis esése mellett az árvízszint kis magassága nem tesz lehetővé olyan fokú kiaknázást, mint azt például a Szovjetunióban hasonló folyamoknál látjuk. Ezért energiamérlegünkben (lásd 1. sz. ábra), amelyben feltüntettük a különféle szeneinkben, az olajban és a gázban rejlő energiamennyiség eloszlását, az 1949. évre vonatkoztatva, a legfőbb fogyasztói helyek szerint (ipar, közlekedés, háztartás), alig érzékelhető kis energiamennyiség marad a vízenergia számára, különösen ma, amikor még vízerőink kihasználásában a kezdet kezdetén állunk. Az energiadiagrammon feltüntettük az egyes energiaátalakító iparműveket is (gázgenerátortelepek, brikettezők, gáz- és kokszművek, villamos művek). Amint látszik, a rendelkezésre álló szénenergiának 18,6%-át fordítjuk villamosenergia termelésére, és ennek a 18,6%-nak is kereken 82%-a a hőerőművek kondenzációjában elvesző hőenergia. Az energiamérleg-diagramm meglepő és kevéssé ismert eredménye, hogy az összes rendelkezésre álló energiának mindössze 3,3%-a jelentkezik hazánkban hasznos villamosenergia képében. Ez az eredmény figyelmeztet arra, hogy a szénenergiának villamosenergiává történő nemesítése után a villamosenergia felhasználásával, helyes szervezés és kellő fegyelmezettség mellett, komolyan takarékoskodjunk. Az ipar és a háztartás e fontos nyersanyagbázisát csak akkor tudjuk kiszélesíteni, ha nem tekintjük egyszerűen mindenütt megjelenő és mindenkor igénybevehető közszolgáltatásnak, hanem éppen az energiadiagramm figyelmeztető számarányaiból levont következtetések alapján, különös figyelemmel kísérjük a villamosenergia felhaszálásának kérdését. Annál fontosabb ez, mert mint ismeretes, a villamosenergia, ellentétben az energia más alakjaival, nagyobb mennyiségben gazdaságosan nem tárolható. A tárolás lehetetlensége egyúttal azt jelenti, hogy áramfejlesztő és elosztó berendezéseinket az igényelt legnagyobb teljesítményre kell méretezni, vagyis a beruházások mértékét az áramvételezésnél megkívánt legnagyobb teljesítményérték szabja meg. Világos dolog, hogy villamos erőműveink minél jobb kihasználására kell törekednünk.

3. *Erőműveink kihasználási mértéke.*

Hazánkban az utóbbi évek átlagában az évi összes energiafejlesztés aránya a legnagyobb összes villamos csúcsteljesítményhez, 5200 óra volt. Ebből következik, hogy erőműveink kihasználása a legnagyobb üzemi teljesítménynek mindössze kereken 60%-a; a beépített teljesítménynek — a tartalékok miatt — kereken 48%-a.

Látni kell, hogy az egyik oldalon feladatunk az energiaátalakítások, illetve az áramfejlesztés kalorikus hatásfokát megjavítani, a másik oldalon helyes műszaki és gazdasági szervezéssel és a műszaki tudományos módszerek alkalmazásával gondoskodni a villamosenergia helyes elosztásáról, a legjobb hatásfok eléréséről, valamint a villamosenergiaszolgáltatás folytonosságáról. Mindeme követelményeket az optimálisan legkisebb befektetéssel kell lehetővé tenni, ami egyértelműen előírja az elérhető legkisebb tartalék elvét, a lehetséges legnagyobb üzembiztonság mellett.

Ezen a ponton azonban az általánosan igaz elvi meggondolások alkalmazását a gyakorlat eredményei hazánkban némikép megnehezítik. Amíg ugyanis nagy erőművek beruházási ideje (120—150 MW-os erőműegységeket véve alapul) a teljes befejezésig 3 és fél—4 év, addig ipari vonalon hasonló teljesítményű ipari fogyasztók fejlesztése 2—2 és fél év alatt lehetséges. A villamosenergia beruházásainak általában előtte kell járnia a nehézipari fogyasztók beruházásainak, ami ezek szerint a villamosenergia beruházásoknak a nehézipari beruházásoknál előbb elkezdődő és nagyobb ütemű végrehajtását igényli. Tervgazdálkodásunk megindulásakor, a hároméves terv első éveiben nem vettük figyelembe ezt a körülményt, és így az ötéves terv első éveiben viszonylagos lemaradás áll elő.

Gazdasági vezetőink átlátták az ebből eredő nehézségeket, és az ötéves terv villamosenergia beruházásait intézkedéseik nyomán úgy lehetett ütemezni, hogy nemcsak utólérjük, hanem az ötéves terv végén már túl is szárnyaljuk a fogyasztói igényeket. Az átmeneti időszak azonban igen komoly feladat elé állítja a villamosenergia szakma minden dolgozóját. Az átmeneti időben kettős a feladatunk:

a) a meglevő áramfejlesztő berendezéseinket legcélszerűbben kihasználni; ez erőművek együttműködésének kiépítésével és szervezésével válik lehetségessé,

b) a fogyasztás vonalán megfelelő intézkedésekkel a villamosenergia fogyasztását egyenletessé tenni, a teljesítménycsúcsok csökkentése által.

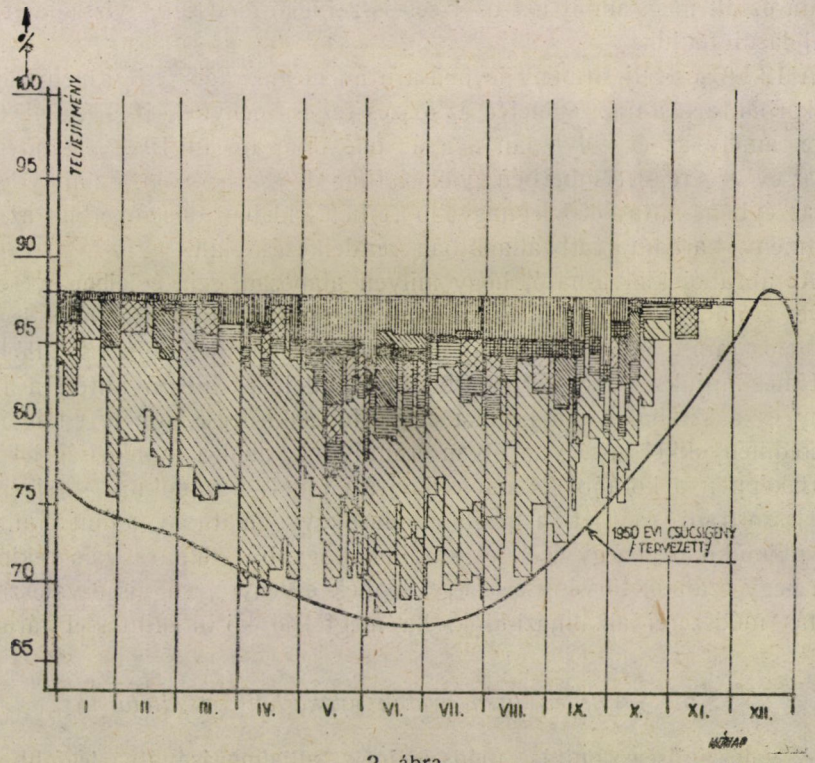
4. *Erőműveink együttműködése.*

A villamosenergiát folyamatosan kell szolgáltatni. Ezt a követelményt ismerve, a különálló erőművekben történő energiafejlesztés rendszeréről hamarosan áttértek az erőművek együttműködésének rendszerére. Ezt a villamosenergia egyszerű szállíthatósága mellett különösen gazdasági okok támogatták. A különálló erőmű ugyanis csak akkor tud folyamatosan villamosenergiát szolgáltatni, ha az időről-időre szükséges tervszerű karbantartások időszakára annyi tartaléka van, hogy az ebben az időben bekövet kező véletlen kiesések, meghibásodások sem okoznak fogyasztói üzemzavart. Ez a feltétel az előírt teljesítmény szolgáltatására a szükségesnél több gépegység beépítését teszi szükségessé, és ezáltal a befektetés jövedelmezőségét rontja.

Ezzel szemben az erőművek tervszerű együttműködése lehetővé teszi, hogy az erőművek egymásnak tartalékai legyenek. Az együttműködésbe kapcsolt gépek és berendezések nagyobb száma pedig lehetővé teszi a véletlen meghibásodások bekövetkezésének figyelembevételét a nagy számok törvényszerűségeinek alapján. A tervgazdálkodás ezenkívül lényegesen megkönnyíti villamos műveink együttműködését azáltal, hogy kellő irányítás mellett lehetővé tette a központilag tervezett karbantartási munkák végrehajtását.

5. A karbantartási munkák tervezése.

Az erőművek tervszerű együttműködéséhez szükséges tervek elkészítésének módját a legszemléletesebben az együttműködő erőműveinkből ellátott fogyasztói terület csúcsteljesítmény-igényének változását ábrázoló görbe mutatja (lásd 2. sz. ábra), amelybe berajzoltuk az együtt-



2. ábra.

Együttműködő erőművek által ellátott fogyasztói terület csúcsteljesítmény-igényének változása az 1950. évben. Az ábra mutatja az erőművek tervezett karbantartási programmját is.

működésben résztvevő erőműveink karbantartási programmját is. E görbe, amely az 1950. évre mutatja a teljesítményigényeket, tulajdonképpen két részből tevődik össze. Az egyik egy évente nagyjából hasonló arányokban meg-

ismétlődő periódikus változás, amelyet az évszakok periódusai idéznek elő (a nyári fogyasztás kisebb, mint a téli). A másik rész az előbbi fölé helyezkedik, és a tervszerű gazdasági élettől ütemezett fejlődésnek felel meg. (Két egymás után következő év megegyező hónapja az átlagos fogyasztás emelkedésével különböző teljesítményigényt mutat.) A 2. sz. ábrán az említett két részből összetevődő görbének az eredőjét rajzoltuk fel. Ennek ismeretében főként a nyári, kisebb terhelésű időszak jó kihasználásával tervezik az erőművek központi vezetői a kazánok és gépek karbantartási előirányzatát. A 2. sz. ábrából látszik, hogy az 1950. évben az összes rendelkezésre álló teljesítmény (100%)-ből kb. 87,5% állott rendelkezésre a kb. 12,5%-ban felvett véletlen kiesésekre egész éven át egyenletesen tartalékolt teljesítmény levonása után. A 12,5%-os véletlen kiesési teljesítményt részben a rendszerben jelenlévő forgótartalék, részben a melegen vagy hidegen álló erőművek szolgáltatják. A véletlen kiesésekre tartalékolandó teljesítmény százalékos értékét több év statisztikai átlagából határozták meg, amint azt az ezzel összefüggő módszeres vizsgálat tárgyalásánál látni fogjuk.

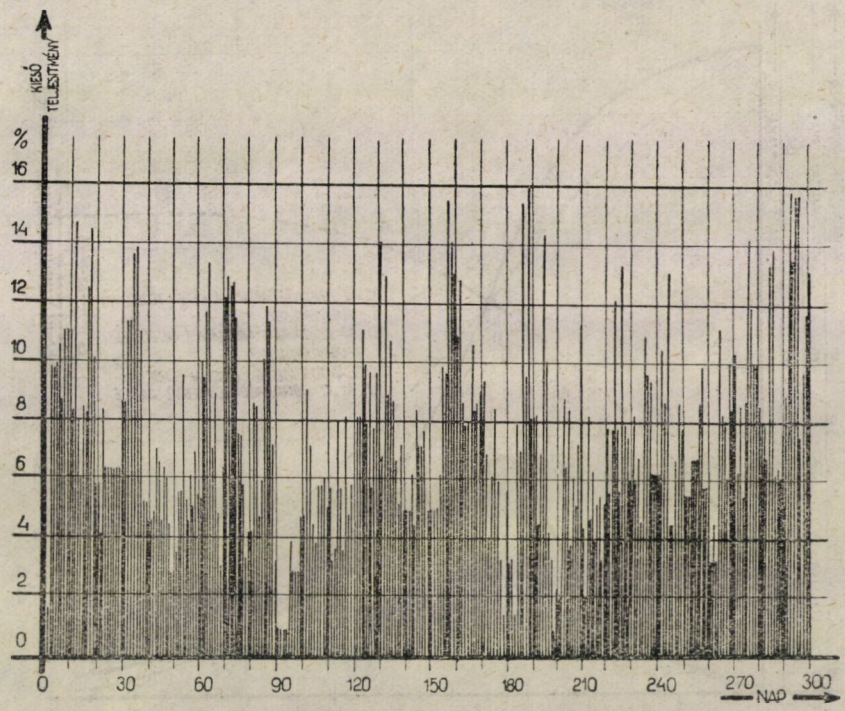
A 12,5%-os teljesítmény levonása után megmaradó teljesítményből tervszerű karbantartásra az év elején az összes teljesítménynek 10,9%-a áll rendelkezésre, amely az év folyamán a nyár felé fokozatosan 19,3%-ig növekszik, majd az év végére, decemberben gyakorlatilag 0%-ra csökken. Ez annyit jelent, hogy az évben mutatkozó legnagyobb terhelés idején, decemberben az összes teljesítmény karbantartott állapotban rendelkezésre áll.

Az ábrából kiolvasható, hogy milyen alaposan, szinte leleményesen kell az egyes erőművekre a gépek és kazánok karbantartási programmját leghelyesebben elosztani, hogy ezáltal a teljesítményigényekhez legjobban simuló lépcsős görbét megkapjuk. A tervszerű karbantartás idejének megrövidítése a munkaverseny és a sztahánovista munka egyik fő célkitűzése, amely eddig is igen szép eredményekkel járt. Van olyan erőművünk, ahol a munkásság lelkes felajánlásaképpen a korábbi 24 napos javítási időt — kazánoknál — sikerült 11 napra leszorítani. A véletlen meghibásodások vizsgálatánál, amint említettük, az együttműködő gépegységek és kazánok nagyobb számára való tekintettel, már a nagy számok törvényszerűségei lépnek érvényre, vagyis a valószínűségszámítás módszerei alkalmazhatók, ha megfelelő körültekintéssel járunk el.

6. A véletlen üzemzavarok gyakorlati vizsgálata.

A valószínűségszámítás módszereinek alkalmazásánál a legfőbb nehézségeket természetesen a vizsgált gépegységek és kazánok nem túlnagy száma, valamint az a körülmény okozza, hogy a számításoknál nem lehet, vagy igen körülményes az egyes kieső gép- és kazánegységek meghibásodási kölcsönhatását figyelembe venni. (Pl. a nagyobb gép kiesése magával rántja a kisebbet, stb.)

A véletlen kieséseket a következő gyakorlati módszerekkel vizsgálhatjuk. Felvettük és összesítettük több évnek meghatározott — főként téli nagyobb terhelést jelentő — időszakában erőműveink együttes egyidejű kényszerű kieséseit (lásd 3. sz. ábra). Ha most meg akarjuk állapítani, hogy egyes meghatározott teljesítményértékek általában hány napon át hiányoznak az együtt-

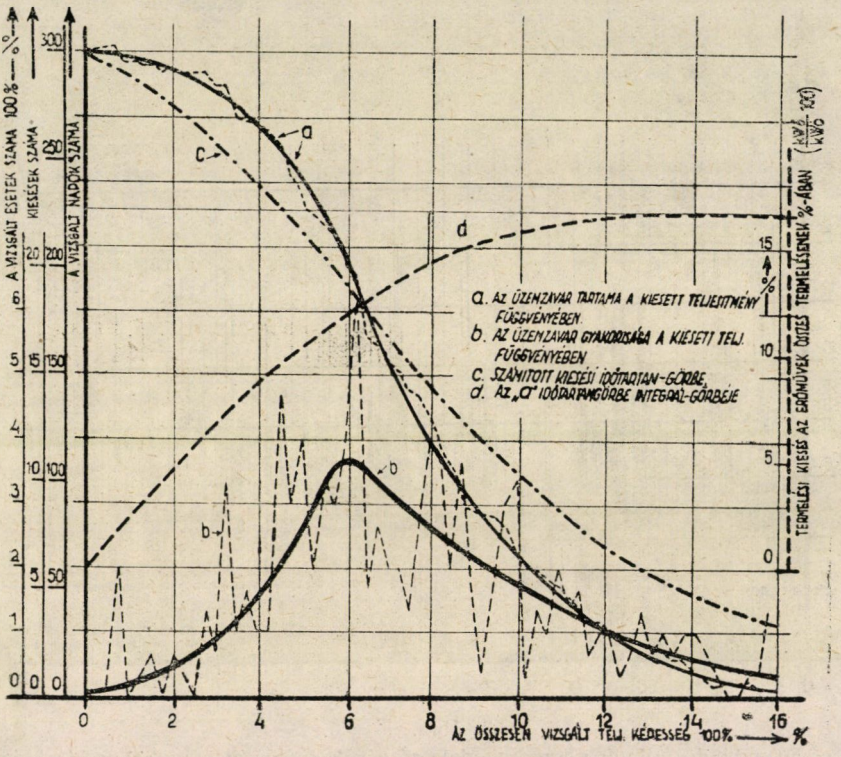


3. ábra.

Az együttműködő erőműrendszerben dolgozó gépek és kazánok váratlan kieséseinek statisztikai összegezése. Az ábra az 1947—48. és 1948—49. évi téli időszakokra vonatkozik.

működésből, akkor az abszcisszával párhuzamos metszékek időtartam-összege (az egész vizsgált időszakra kiterjesztve) adja a kiválasztott teljesítménykiesés tartamösszegét. E tartamösszegeket a felvett diszkrét teljesítmények függvényében a 4. sz. ábra »*a*« jelű görbéjén rajzoltuk fel, éspedig a szaggatott vonal a tényleges értékek összekötését ábrázolja, ennek kiegyenlített görbéjét a folytonos vonal mutatja. Ez a görbe tehát az üzemzavar tartamát adja, a kiesett teljesítmény függvényében. Ha a legnagyobb kieső együttes teljesítményt 100%-nak vesszük (ez a teljesítmény, az összteljesítménynek kb. 16,0%-a),

akkor látjuk, hogy a vizsgálat tárgyává tett, összesen 301 napos periódusban 0 teljesítménykiesés nem volt, viszont az említett 100%-os kieső teljesítmény mindössze három és fél napon át hiányzott. Az üzemzavari tartamgörbe egyenlő az összes kiesett energiával, ami a vizsgált időszakban termelt összes energiának kb. 16%-a. A rendszerben levő forgótartalék, amely éppen a véletlenül kieső teljesítmények részbeni fedezetéül szolgál, lehetővé teszi, hogy ez a kieső telje-



4. ábra.

sítmény a kooperációs kapcsolat miatt, egyidejűleg fogyasztói területet legtöbbször ne érintsen, és ezért a fogyasztói kiesés a vizsgált időszakban termelt összes energiának mindössze kb. 0,5%-a. A kieső teljesítmények következményeinek megítélésénél ennek a viszonylag kis értéknek nem szabad megtévesztenie bennünket, mert hiszen vannak olyan iparágak, amelyek egyáltalában nem tűrnek villamosenergiakiesést, másutt pedig az ipari kiesés termelési értéke, átlagosan energiaigényes iparoknál, sokszorosa (15—20-szoros) az energia értékének. A kiesési időtartam görbe alapján vizsgálatokat folytattunk a gazdaságos forgótartalék megállapításával kapcsolatban.

7. *A forgótartalék gazdaságos értékének megállapítása.*

A kérdés az, hogy mi a forgótartalékban tartásnak helyes értéke, amelynél nagyobb tartaléknak az üzemeltetése már többe kerül, mint a többlet forgótartalék hiánya miatt bekövetkező ipari termelési értékkiesés az erőművi üzemzavar alkalmával. Hogy ezt a kérdést megvizsgálhassuk, megállapítottuk az időtartamgörbe integrálgörbéjét (lásd 4. sz. ábra »*d*« jelű görbéje), amelynek legnagyobb, az ordináta tengellyel párhuzamos metszéke arányos azzal a kiesett kWó-számmal, ami akkor következnék be, ha a kooperációs rendszer teljesen tartalék nélkül lenne. Ez a metszék tehát megadja az egyes erőművek termelésében az üzemzavarok folytán kiesett kWó-k összegét tekintet nélkül arra, hogy ezt az energiát a kooperációs rendszer a tartalékok felhasználásával tudta-e szolgáltatni vagy sem. Ezzel szemben, ha van egy bizonyos forgótartalék, pl. a legnagyobb kieső teljesítménynek 50%-a, akkor a »*d*« jelű görbe 50% tartalék és a 100% kieső teljesítményekhez tartozó ordinátáinak különbsége adja meg az erőművekben gépek és egyéb berendezések meghibásodása miatt kieső kWó-k számát, amelyet a példában felvett 50%-os tartalék már nem tudott fedezni. Ha ezt az értéket összehasonlítjuk az iparban valóban kiesett kWó-k számával, megkapjuk azt az arányszámot, amely mutatja, hogy az erőművekben a tartalékhiány miatt valóban kiesett kWó-knak hány százaléka hat ki a fogyasztókra. Ha első közelítésben ezt az arányszámot a vizsgálat tárgyává tett különböző forgótartalék-értékekre állandónak vesszük, akkor különböző forgótartalék-értékekhez a 4. sz. ábra »*d*« görbéjének felhasználásával az ismertetett módon különböző, iparra kiható kWó-számot kapunk. Ha ezeknek az ipari kiesést okozó kWó-knak az iparban okozott kieső termelési értékét összehasonlítjuk a forgótartalék üzemeltetési költségeivel, ott fogjuk kapni a gazdaságos forgótartalék értékét, ahol ez a két érték egyenlő. A forgótartaléknak ilyen módon meghatározott értékénél többet üzemben tartani országos nemzetgazdasági szempontból már nem helyes. Amennyiben az ipart 1 kWó villamosenergia kiesése miatt, mint a Statisztikai Hivatal adatai alapján megállapítottuk, átlagban 8 Ft/kWó veszteség éri, akkor a fenti meggondolások alapján az összes tartalékra rendelkezésre álló hideg-, meleg- és forgótartaléknak kb. 60%-a a gazdaságos forgótartalék, ami a korábbiak szerint az összes teljesítménynek kb. 7,5%-a. E számítás, mint mondottuk, minimális értéket állapít meg, mert pl. egyes energiaigényes iparoknak a kiesése lényegesen nagyobb károkat okoz az említett 8 Ft/kWó-nál.

Az időtartamgörbe differenciálhányadosaként kapjuk a gyakorisági görbét (lásd 4. sz. ábra »*b*« jelű görbe), amely egyúttal az egyszerre kieső teljesítmény valószínűségi eloszlását is mutatja. Abszcisszának itt is a teljesítményt, ordinátának a kiesések számát tüntetjük fel. Meg kell jegyezni, hogy az időtartamgörbe kiegyenlített vonalából nyert folytonos differenciálhányados-görbéhez képest az egyes diszkrét teljesítményekhez tartozó gyakoriság az ábrán szaggatott vonallal rajzolt, elég nagymértékben ingadozó lefolyást mutat. Ennek az a

természetes oka, hogy a kiesések gyakorisága a valóságban is a beépített kieső teljesítmények diszkrét értékeivel van meghatározva.

Ezeknek a gyakorlati adatokból nyert időtartam- és gyakorisági görbéknek összefüggéseit a valószínűségszámítás módszereinek alkalmazásával követhetjük.

8. *A véletlen kiesések elméleti vizsgálata.**

Vezessük be a jósági számot, j-t amely egy gép, vagy kazánegység jóságának a valószínűsége. Ekkor $1-j$ a valószínűsége annak, hogy ugyanez a gép kényszerkiesésben van. n egyforma gép-, illetve kazánegységet feltételezve k egység egyidejű kiesésének a valószínűsége

$$v_K = \binom{n}{k} (1-j)^k \cdot j^{n-k} \tag{1}$$

amiből következik, hogy k egység egyidejű kiesésének valószínűségére a következő összefüggés van érvényben:

$$\frac{v_k}{v_{-1}} = \frac{n-k+1}{k} \cdot \frac{1-j}{j} \tag{2}$$

Az utóbbiból megállapítható, hogy a legnagyobb valószínűsége $(n+1)(1-j)$ gép kiesésének van, illetve annak a k számú gépnek, amelyre:

$$k < (n+1)(1-j) < k+1 \tag{3}$$

Mivel azonban a gyakorlati kooperációban nem egyforma nagyságú gépek szerepelnek, és átlagértékek vétele helytelen következtetésekhez vezet, a hazai gyakorlati példára való alkalmazás érdekében az üzemben levő gépeket olyan csoportokra osztjuk, amelyeken belül nagyjából egyforma gépegységek vannak, és így az egyes csoportok átlagszámai a valódi értékektől kevéssé térnek el. Feladat volt e csoportokban bekövetkezett gépkiesések egymás közötti összetett valószínűségét meghatározni.

E célra feltételeztük, hogy az x-csoportból k, az y-csoportból l, a z-csoportból m stb. gép van egyidejű kiesésben, akkor az egyidejű kieséseknek a valószínűsége:

$$v_{k,l,m\ldots} = v_o a_{kx} \cdot a_{ly} \cdot a_{mz} \cdot \ldots \tag{4}$$

ahol $v_o = j^n$ az összes csoportokban levő valamennyi gép egyidejű jóságának a valószínűsége, feltételezve, hogy a gépek jósági száma minden csoportban

* Lásd a függeléket is.

minden gépre $\alpha_{kx} = \frac{\nu_{kx}}{\nu_{ox}}$ az x csoportban k gép egyidejű kiesési valószínűségének viszonya az x-csoportbeli összes gépek egyidejű jóságának valószínűségéhez. A (4) egyenletben adott valószínűség mellett az összes csoportokban a következő teljesítmény esik ki:

$$N_{k,\,l,\,m,\ldots} = kN_X + lN_Y + mN_Z + \ldots . \qquad (5)$$

Az (5) egyenletben pl. N_x az x-csoportbeli egységteljesítményt jelenti.

A fenti eredményeket felhasználtuk a gyakorisági görbének a 4. sz. ábrának alapjául szolgáló esetben való megszerkesztésére. Ebben az esetben az együttműködésben szereplő 13 erőmű gép- és kazánteljesítményeit hét csoportba osztottuk. Ezek összeállítását az I. sz. táblázat tartalmazza.

I. sz. táblázat.

Megnevezés	Egységek száma	Egységteljesítmény Az összes teljesítmény %-ában	Csoportteljesítmény Az összes teljesítmény %-ában
a	70	0,087	6,10
b	40	0,223	8,90
c	40	0,446	17,85
d	40	0,892	35,70
e	6	1,71	10,25
f	4	2,34	9,35
g	4	2,98	11,85
Összesen	204	átlag: 0,49 %	100,0 %

Ámde a kisebb egységek többnyire csak hideg tartalékban állanak a kooperáció rendelkezésére, vagy csak csúcsidőben vannak üzemben, a karbantartási tervezésnél pedig láttuk, hogy a munkákat úgy irányítják, hogy télen a nagyobb gépegységek teljesen kihasználhatók legyenek. Ezért azt feltételeztük, hogy az

a csoportbeli gépek 20%-a: 14 egység
b « « 45%-a: 18 «
c « « 60%-a: 24 «
d « « 80%-a: 32 «
e, f, g « « 100%-a: össz. 14 « van üzemben egyidejűleg.

A jósági számot $\frac{1}{1{,}05}$-re felvéve a II. sz. táblázatban összefoglalt értékeit kaptuk a fentebb meghatározott α-ra.

II. sz. táblázat.

Megnev.	Egys. száma	Egység-telj.	Csoport telj.	V_{ox}	a_{ox}	a_{1x}	a_{2x}	a_{3x}	a_{4x}	a_{5x}
		Az össztelj.-%-ában								
a	14	0,087	1,22	0,505	1	0,7	0,228	0,046	0,006	
b	18	0,223	4,19	0,415	1	0,9	0,383	0,102	0,011	0,003
c	24	0,446	10,7	0,311	1	1,2	0,692	0,254	0,067	0,013
d	32	0,892	28,55	0,210	1	1,6	1,240	0,620	0,225	0,063
e	6	1,71	10,3	0,746	1	0,3	0,037	0,03		
f	4	2,34	9,4	0,822	1	0,2	0,015			
g	4	2,98	11,90	0,822	1	0,2	0,015			
Össz.	102	76,26 %		$v_o = 0{,}0069$.						

Az itt adott csoportok egymás közötti kombinációiból lehet e kombináció valószínűségeit, illetve MW-onként a gyakoriságot meghatározni. Tekintettel a gépegységek elég nagy számára, ez meglehetősen nagy számolási munkát igényel. A számítások célszerű elvégzése érdekében először az *a* és *b* csoport kombinációihoz tartozó valószínűségeket határoztuk meg, amelyhez előbb a *c*, majd a többi csoportot kombináltuk, figyelembe véve, hogy egy kombináció kiesésének valószínűsége:

$$v_{k,l,m,\ldots} = 0{\cdot}0069\ a_{ka} \cdot a_{lb} \cdot a_{mc} \ldots \qquad (6)$$

vagy 301 napra számítva:

$$v_{k,l,m,\ldots} = 2{\cdot}08\ a_{ka} \cdot a_{lb} \ldots \qquad (7)$$

Ezzel a fokozatos eljárással kaptuk a 4. sz. ábrán feltüntetett »*c*« számított tartamgörbét, mint a fentebb adott módszer szerint megállapított gyakorisági görbe integrálját. Látni kell, hogy a gépegységek viszonylagos kis számát és azt a körülményt, hogy a kieséseket egy-egy napra összegeztük, nem véve figyelembe, hogy az egy napon belüli kiesések egyidejűen fennálltak-e vagy sem, vagyis az egyes kiesések saját időtartama szempontjából nem közömbös egyidejűségi időt eléggé tágan értelmezve, az elméleti és a gyakorlati görbe közt a megegyezés kielégítő. Az elméleti meggondolások alapján nyert eredményeket, különösen nagyobb kooperációs rendszer tartamgörbéinek előzetes számításához használhatjuk fel. Az elmondottak e módszernek csak az alapelgondolását adják, azt még sok tekintetben finomítani kell ahhoz, hogy a valóságnak még jobban megfelelő eredményeket kapjunk.

A villamos erőművek és hálózatok tervszerű együttműködése a tervszerű együttműködés tervezésén, a véletlen kiesések meghatározásán kívül számos fontos műszaki kérdést vet fel. Ezek közül a véletlen meghibásodások megelőzésére a karbantartási munkák minőségi kivitelének, a megelőző karbantartás tervszerű végrehajtásának van jelentősége. Hasonlóan fontos azonban, hogy e hibák időben és területileg a minimumra korlátozódjanak. Ezek a feltételek

szükségessé teszik, hogy az együttműködő és elosztó hálózatok, valamint az erőművek védelméről, az együttműködést irányító központi teherelosztás műszaki berendezéséről, valamint az együttműködés villamos műszaki feltételeinek vizsgálatához szükséges hálózati kisminta kérdéséről megemlékezzünk. Mivel azonban ezeket a műszaki részleteket külön tanulmányok formájában más helyütt fogják tárgyalni, ezekről a műszaki részletekről itt nem szólunk, hanem inkább az erőművek együttműködésének gazdasági kihatásaival foglalkozunk.

9. Az erőművek együttműködésének gazdasági kihatásai.

Az együttműködés helyes szervezése több fontos szempontból hoz gazdasági eredményt:

a) A különböző erőműveinkhez csatlakozó energiaellátási területeken jelentkező csúcsteljesítményigény nem ugyanabban az időben éri el legnagyobb értékét. Ha tehát az erőművek nincsenek kooperációs kapcsolatban, akkor az erőműveknek együttesen az összes fellépő csúcsteljesítményigény összegét kell szolgáltatniok. Ha ellenben a kooperáció működésben van, akkor a különböző fogyasztói területek csúcsterheléseinek időbeli különbségét ki lehet egyenliteni. Ebből eredőleg a nagy kooperációban jelenleg együttdolgozó nagyobb erőművek az 1949. évben 8,25%-kal szolgáltattak kisebb teljesítményt, mintha ezek az erőművek elszigetelten működtek volna. A 8,25% teljesítménynek megfelelő felszabaduló teljesítmény beruházási értéke kb. 120 millió Ft.

b) A kényszerkiesések összege, különálló erőművekre átszámítva, kihatásában az 1949. évben 1,9-szerese lett volna a valóban előfordult egyidejű kiesésnek. A kooperációs lehetőségek révén, a kényszerkiesések hatásának kiküszöbölése miatt, kerek 200 millió Ft értékű erőművel kell kisebb teljesítmény országos viszonylatban.

c) A karbantartás megszervezési lehetőségeit műszaki szempontból már láttuk. A helyes szervezés valójában nemcsak az üzemfolytonosság szempontjait tartja szem előtt, hanem ügyel arra is, hogy ez a legnagyobb gazdaságosság mellett történjék. Ezen a réven tőkeértékben összesen 16 millió Ft megtakarítás érhető el a kooperáció nélküli állapothoz képest.

d) A hasznos terhelés legcélszerűbb elosztását teszi lehetővé a kooperáció. Központi intézkedéssel ugyanis el lehet rendelni, hogy elsősorban a kevés kalóriát fogyasztó hőerőművek járjanak a lehetséges legjobb hatásfokkal. Ezek az erőművek dolgozzanak elsősorban alaperőműként, a rosszabb hatásfokú erőművek pedig csak rövidebb ideig, a teljesítménycsúcsok idején vagy gépkieséskor legyenek üzemben. Az 1949. év I—VI. hónapjában az együttműködő fontosabb erőművek kalóriaszükséglete 4867 kalória/hálózatra adott kWó volt. Ezzel szemben az 1950. év ugyanezen időszakában ezeknek az erőműveknek átlagos hőfogyasztása 4756 kalória/hálózatra adott kWó-ra csökkent. Ha a

kalóriaköltséget 25,6 Ft/10^6 kalóriára vesszük fel, akkor az egész évre vonatkoztatva 4,6 millió Ft megtakarítás mutatkozik. Ez pl. 10%-kal tőkésítve, 46 millió Ft beruházási értékkel vehető egyenértékűnek. A fenti eredmények elérésének magyarázatául szolgál a III. sz. táblázat, amelyből láthatjuk, hogy a táblázatban felsorolt és a kooperációban szereplő erőműveknek az összes fejlesztéshez viszonyított kihasználását, az 1950. évben az 1949. évhez képest úgy változtattuk meg, hogy az eredő kalóriafogyasztás az említett mértéket elérje. E célra, amint a táblázatból látszik, pl. az *A* erőmű termelését növeltük, a *B* erőműét csökkentettük azáltal, hogy rossz hatásfokú középnyomású erőműrészének üzemét csökkentettük, a *G* erőmű fejlesztését az alapszénfogyasztás csökkentése érdekében csökkentettük. Az *F* erőmű, amelynek fajlagos fogyasztási értékei országosan a legkisebbek, 1950-re lényegesen emelte termelését. Ez ugyan az adott esetben a kalóriafogyasztás növekedésével jár, mivel az erőmű gazdaságossága egy ipari mű gőzfogyasztásával van összefüggésben és az adott energiatermelés mellett az ipari üzem gőzigényének állandóságára való tekintettel az erőmű hatásfoka már romlott — mégis az országosan legkisebb kalóriafogyasztásra való tekintettel ez az intézkedés helyesnek bizonyult.

III. sz. táblázat.

A hasznos terhelés eloszlása

Erőmű	1949 I—VI. hó			1950 I—VI. hó		
	Hálózatra adott mill. kWó	kWó %	falj. kal. fogy. kal. kWó	Hálózatra adott mill. kWó	kWó %	fajl. kal. fogy. kal. kWó
A	179,032	24,5	4650	217,530	27	4550
B	112,188	15,3	4920	91,868	11,4	4500
C	39,557	5,4	7230	41,735	5,2	6200
D	5,109	0,7	6320	3,077	0,4	6440
E	4,484	0,6	5670	5,935	0,7	5250
F	115,508	15,8	3370	154,642	19,3	3550
G	214,562	29,3	5020	209,603	26,0	5140
H	16,589	2,2	6830	26,064	3,3	6630
I	45,509	6,2	5660	53,495	6,7	5900
Összesen	732,538	100	4867	803,949	100	4756

e) A kooperáció lehetővé teszi, hogy a meddő teljesítményeket a legkisebb hálózati veszteségeknek megfelelően osszuk el, tehát a szükséges energiaátvitelt, meghatározott teljesítménynél, a legkisebb áramerősséggel végezzük, vagyis gondoskodjunk arról, hogy minden erőmű a meddő teljesítményeket a maga területén, teljesítménye határáig fedezze. Ennek megfelelően pl.:

H erőmű.....12,900 millió kVARóra/év
G « .....27,000 « « «
C « .....30,500 « « «
B « .....39,500 « « « -vel

termelt több meddő energiát, a kooperáció helyes megszervezése után, mint azelőtt. Ennek eredménye 1 810 000 kWó/év kooperációs hálózati veszteség megtakarítás. Ez szénegyenértékben kb. 0,22 millió Ft évi megtakarítással és 10%-kal tőkésítve 2,2 millió Ft beruházott erőművel egyenértékű. Az összes megtakarítás, amit a kooperáció jelent, helyes szervezés esetén, a kooperáció nélküli állapothoz képest az évi megtakarításokat egyenértékű beruházott erőműre átszámítva

egyidejű terhelés miatt	120	millió Ft
kényszerű kiesés miatt	200	« «
karbantartás miatt.....	16	« «
hasznos terheléselosztás miatt	46	« «
meddő terheléselosztás miatt	2,2	« «
összesen	384,2	millió Ft.

Ha a kooperáció szervezetének évi költségeit 10%-kal tőkésítve 7,7 millió Ft beruházási értékkel vesszük egyenértékűnek, akkor a kooperáció révén elért tiszta eredmény tőkeértékben 376,5 millió Ft, ami kb. 90 MW teljesítményű erőmű létesítési költségével egyenlő. Amennyiben tehát nem lenne megszervezve az erőműveink közötti együttműködés, nem lenne meg az együttműködésnek a műszaki és gazdasági lehetősége, akkor kb. 76 MW-tal több beépített teljesítményre lenne szükségünk, és évente kb. 6,5 millió Ft megtakarítástól esnék el népgazdaságunk.

10. A fogyasztók befolyásolása az egyenletesebb villamosenergia kihasználása érdekében. Csúcscsökkentés. Cos φ javítás.

Amint láttuk, a villamosenergiát szolgáltató ipar nagy erőfeszítéseket tesz azért, hogy az energia fejlesztése és elosztása a legnagyobb üzembiztonság mellett a legjobb hatásfokkal történjék.

Ugyanekkor napi teljesítménygörbe lefolyása — amit egyedül a fogyasztók határoznak meg — igen kellemetlen értékeket mutat. A téli, legnagyobb terhelések idején, egy szokásos hétköznapon a legnagyobb teljesítmény-csúcsigény majdnem kétszerese az éjtszakai legkisebb terhelésnek. E kedvezőtlen napi teljesítményingadozáson kívül külön nehézséget jelent a hajnali terhelésnövekedés nagy gradiense. A hajnali órákban kb. 2 óra alatt az éjtszakai értékről emelkedik a terhelés majdnem kétszeresére, ami erőműveink műszaki berendezéseit nagymértékben igénybe veszi.

Ezek a körülmények mutatják, hogy ha sikerül a fogyasztást egyenletesebbé tenni, akkor kettős célt érünk el: csökkenthetjük a beruházandó teljesítményt, és egyúttal az egyenletesebb kihasználással javítjuk erőműveink és az energiaátvitel gazdaságosságát. Az egyenletesebb fogyasztás megszervezésére hazánkban az első lépések megtörténtek. Érdekes ezzel kapcsolatban rámutatni arra, hogy a kapitalista gazdálkodásban legfeljebb bizonyos tarifális intézkedé-

sekkel igyekeznek a fogyasztókat az alapdíj emelésével egyenletesebb fogyasztásra bírni. Azonban éppen azoknál a gyáripari fogyasztóknál, amelyek együttesen leginkább okozzák a napszaki teljesítményigény-változásokat (pl. az egész nehéz gépipar), jelentkezik a gyártmányok önköltségi tényezői között kis értékkel a villamosenergiafogyasztás. Ennek az a következménye, hogy még szigorúbb tarifális intézkedések sem javítják meg e nagyfogyasztói típusok áramvételezési diagrammját. A kapitalista gazdálkodás ezért rendkívüli esetekben az államhatalom eszközeivel egyszerűen kényszerintézkedésekkel korlátozza a villamosenergiát, illetve a csúcsfogyasztást.

Ezzel szemben a Szovjetunió és a népi demokráciák országainak tervszerű gazdálkodása, amint az ipari anyagok helyes elosztását is általában a mindenkori igényeknek megfelelően tervszerűen végzi és minden felesleges felhasználást, helytelen időben történő raktározást megakadályoz — tervszerűen gazdálkodik nemcsak a villamosenergiafogyasztással, hanem tervszerűséget hoz a csúcsteljesítmény felhasználás tekintetében is. A legutóbbi időben erre vonatkozólag hozott törvényerejű rendeletek előírják a tervkötelezett vállalatoknak a csúcscsökkentési tervek készítését. E terveket nagyipari vállalataink csak akkor tudják elkészíteni, illetve végrehajtani, ha kiaknázzák mindazokat a rejtett lehetőségeket, amelyek számukra rendelkezésre állanak. Néhány kiragadott példával kívánunk rámutatni azokra a konkrét lehetőségekre, amelyek a rejtett tartalékok feltárására e téren módot adnak :

a) A nem folyamatosan termelő gépeknek a csúcsidőből való kivonása. Pl. prések, szivattyúk, kompresszorok, hegesztőberendezések, vágódinamók stb.

b) Folyamatosan dolgozó gépek kivonása a csúcsidőből, tárolási lehetőség megteremtésével, pl. kőbányák, ahol a nappal termelt követ csúcsidőn kívül törik, a csúcsidőben termelt kőmennyiséget tárolják, és éjtszakai műszakban dolgozzák fel. Textilkikészítő üzemekben az első és második műszakban végzett nyomás és festés kikészítése harmadik műszakban.

c) Olyan termelőeszközök, amelyeknél az energiamennyiség növelésével a termelés fokozása lehetséges, csúcscsökkentés érhető el oly módon, hogy csúcsidőn kívül, lehetőleg éjtszaka fokozzuk az üzemet. A fokozott üzem alatti termelés növekedésével egyenlítjük ki a csúcsidőben csökkentett energiafelhasználásból eredő termeléscsökkenést, pl. villamos ívkemencék, bizonyos fajta elektrolitikus berendezések, hűtőházak.

d) Olyan folyamatoknál, ahol a villamosenergia egy része melegítésre, másik része a melegítés után a kívánt munkafolyamat elvégzésére szolgál, a melegítési folyamatot gázzal végezzük. Pl. villamos ívkemencéknél a duplex-eljárás bevezetése (olvasztás gázzal, finomítás villamosárammal).

e) Géppróbák csúcsidőn kívüli beállítása, ami azt jelenti, hogy a próbatermek csúcsidőben ne dolgozzanak.

f) Szakaszosan működő lendkerékkel ellátott berendezéseknél megfelelő nagy slipű vagy slip-szabályozóval ellátott motorok beállítása a csúcsteljesít-

mény csökkentésére. Pl. sajtológépek és berendezések, szakaszosan dolgozó húzóberendezések.

g) Az üzemek felülvizsgálandók abból a szempontból, hogy minden gép mellett az annak megfelelő teljesítményű villamos hajtómotor van-e felállítva. Tapasztalható, hogy munkagépet túl nagy motor tart üzemben, amelynek vesztesége sokszor kiteszi a munkagép teljes teljesítményszükségletét. Ezért ajánlatos volna iparáganként vagy iparterületenként közös motortartalék-raktárat felállítani, mert így a nagy számok eloszlási törvénye alapján megvolna a lehetősége annak, hogy minden munkagép a megfelelő hajtómotort kapja. Ezek a központi raktárak végezhetnék egyszersmind a motorok javítási munkálatait is, mert a gyárak szerint ezen a téren is komoly hiányok tapasztalhatók.

Mindezek a kiragadott példák rávilágítanak arra, hogy kellő figyelemmel és körültekintéssel lényegesen javítani lehet a fogyasztás csúcsóra kihasználását, és ezzel könnyíteni lehet villamosenergia szolgáltatásunk nem könnyű helyzetén.

A csúcscsökkentési tervek végrehajtásától az országos kooperációs csúcsnak 6—7%-os csökkenését várhatjuk, változatlan energiafogyasztás mellett.

Kihatásaiban valamivel kisebb jelentőségű, de erőműveink és főként hálózataink jobb kihasználása szempontjából nagyfontosságú kérdés a fogyasztói teljesítménytényező javítása. E kérdésnek szakszerű és országosan nagyméretekben való megoldása ugyancsak a tervszerű államgazdálkodás nyomán vált lehetségessé.

A fogyasztói berendezések — különösen a motoros fogyasztók rossz kihasználása miatt — hazánkban igen alacsony teljesítménytényező-értékeket mutatnak. Országos átlagban ez az érték 1949-ben 0,60 volt. Célunk, hogy egyrészt rendszeres propagandával elérjük az iparban használt motorok helyes kihasználását, túlméretezettség esetén a motorok kicserélését, másrészt, hogy sztatikus kondenzátoroknak mind nagyobb mértékben való beépítésével a cos φ értékét az 1949. évi állapothoz képest országos viszonylatban 0,75-re javítsuk. A teljesítménytényező javulása, valamint hálózatainknak egyre növekedő jobb kihasználása lehetővé teszi, hogy hálózati veszteségeinket is csökkentsük.

A fenti problémákkal érintettük a hazai villamosenergia termelésének és elosztásának üzemével összefüggő fontosabb műszaki és gazdasági kérdéseket. Ezek után az új erőművek és távvezetékek létesítésével összefüggő és megoldásra váró kérdésekkel kívánunk foglalkozni.

11. Gőzerőművek telepítésével összefüggő kérdések.

Az öt- és tízéves villamosítási terveink végrehajtása során elsősorban olyan gőzerőműveket építünk, amelyek — az ipar vagy a háztartások részére fel nem használható — hulladékszeneket, mosási vagy szerelési féltermékeket dolgoznak fel kazánjaikban, de ezeknél még nagyobb szerep jut a lignit

készletek áramfejlesztés céljára történő kihasználásának. Az utóbbival összefüggésben számos új probléma merült fel. Ezek a problémák általában azzal a körülménnyel vannak összefüggésben, hogy a lignit-szénbányák eléggé merev kapcsolatban vannak az erőművel. Ennek az az oka, hogy a bánya a teljes termelését az erőműnek adja át — más fogyasztója nincs — tehát akár a bánya termelésében következik be valamely nem várt ok miatt kiesés, akár az erőműben következik be gép- vagy kazánkiesés, mindkét eset megzavarja a bánya széntermelésének és az erőmű szénfogyasztásának összhangját és kellemetlen következménnyel jár. Éspedig:

a) Ha az erőműben történik kiesés, akkor a bányánál felszabaduló lignitet tárolni kell, noha a lignit, az eddig végzett kísérletek szerint, egyáltalában nem vagy csak kevéssé tárolható. A lignit még gondos befedés mellett is egy idő után disszociál, és fűtésre alkalmatlanná válik.

b) A lignitet nem kellene tárolni, ha a bánya a termelését rövid idő után csökkenteni, vagy szükség szerint emelni lehetne. Ámde a nagyszabású lignitbányászás meghatározott szélességű és előhaladási sebességű frontfejtésben történik. Ennek szénteljesítményét megváltoztatni viszonylag hosszú ideig tart, akár a termelés csökkentéséről, akár növeléséről van szó.

Látni való, hogy az erőműben történő kiesés — különösen, ha hosszabb ideig tartó javítási munkát igényel — nagy lignitmennyiségek hányóra dobását eredményezi, vagy esetleg — ezt elkerülendő — komoly bányászási nehézségeket okoz. Könnyebben áthidalhatónak látszik, ha a bánya teljesítménye csökken, mert ekkor elvben megvan a lehetősége annak, hogy az erőművet más bánya termékével lássuk el. Ámde ez a lehetőség is számos más természetű műszaki nehézséggel kapcsolatos, mivel a célbányákhoz csatlakozó erőművek kazánberendezése más fajta szeneket jó hatásfokkal és műszakilag helyesen nehezen tud feldolgozni.

Mindezek alapján revízió alá kell venni azt a korábbi általános felfogást, hogy a gyenge minőségű, másutt el nem tüzelhető célbánya lignitjére telepített erőmű feltétlenül alaperőmű legyen, vagyis hogy lehetőleg beépített teljes teljesítményével minél egyenletesebben legyen kihasználva. Alapos gazdasági és műszaki vizsgálatot kell minden egyes lignit-erőmű esetében végezni a fentiek szerint, figyelembe véve mind a bányászat, mind az energiatermelés összes körülményeit. Ezután lehet kellő óvatossággal megállapítani az ilyenfajta erőmű csúcskihasználási óraszámát. Pillanatnyilag mindenesetre úgy látszik, hogy ha az említett nehézségeken valami módon nem segítünk, akkor a ligniterőműveket nem lehet majd tisztán alaperőműként üzemeltetni és kihasználni.

Érdemes megjegyezni, hogy külföldön — így többek között a Szovjetunióban és Csehországban is — működnek nagy lignit-erőművek alaperőműként. Ezekben az esetekben azonban a bányászat külszíni fejtésben történik, s így itt az említett bányászási nehézségek a felszíni bányászás nagy rugalmassága miatt nem lépnek fel, a lignittárolási problémák pedig elmaradnak.

Minden erőfeszítést meg kell tenni a bányászattal együtt a nehézségek kiküszöbölésére, annál is inkább, mert e bányák minél jobb kiaknázása a kis mennyiségben rendelkezésünkre álló jóminőségű, úgynevezett alapszenekkel való takarékosságot teszi lehetővé.

Az erőműtelepítéssel kapcsolatos itt elmondott nehézségeken felül az erőművek és hálózatok létesítésének kérdéseivel összefüggően a tízéves villamosítási terv keretében számos új műszaki kérdés merül fel és kerül megoldásra. E kérdések legtöbbjét műszaki fejlesztési tervünk foglalja magában. Ezekkel a következőkben foglalkozunk.

12. A villamosenergiaszolgáltatás műszaki fejlesztési kérdései. Újítások. Kutatás.

Az öt- és tízéves villamosítási terv hazánkban azelőtt el nem képzelhető tervszerű fejlődést ír elő. Ha megnézzük az energiafejlesztés tervét, látjuk (lásd 6. sz. ábra), hogy az 1949. évi termelési szintről az ötéves terv utolsó évében 216%-ra, 1959-ben pedig, a második ötéves terv végére — elgondolásaink szerint 394%-ra fog emelkedni energiatermelésünk. Ennek a hatalmas fejlődésnek az a természetes magyarázata, hogy termelési módszereink az iparban, sztahanovistáink munkája nyomán, nagy fokú változáson mentek át, és az ipar, nagyszabású tervszerű fejlődésnek indult. A fejlődés hatalmas ütemére jellemző, hogy ha az 1949. évi teljesítményigényt országosan 100%-nak vesszük, akkor ez az igény az 1954. év végére 200%-ra, az 1959. év végére pedig 350%-ra emelkedik (lásd 5. sz. ábra). E hatalmas igényeknek megfelelő nagyszabású gőz- és vízerőmű építési programm szükségszerűen együttjár hálózataink és alállomásaink megfelelő fejlesztésével is. Hálózataink fejlődésére az alábbi számok jellemzőek:

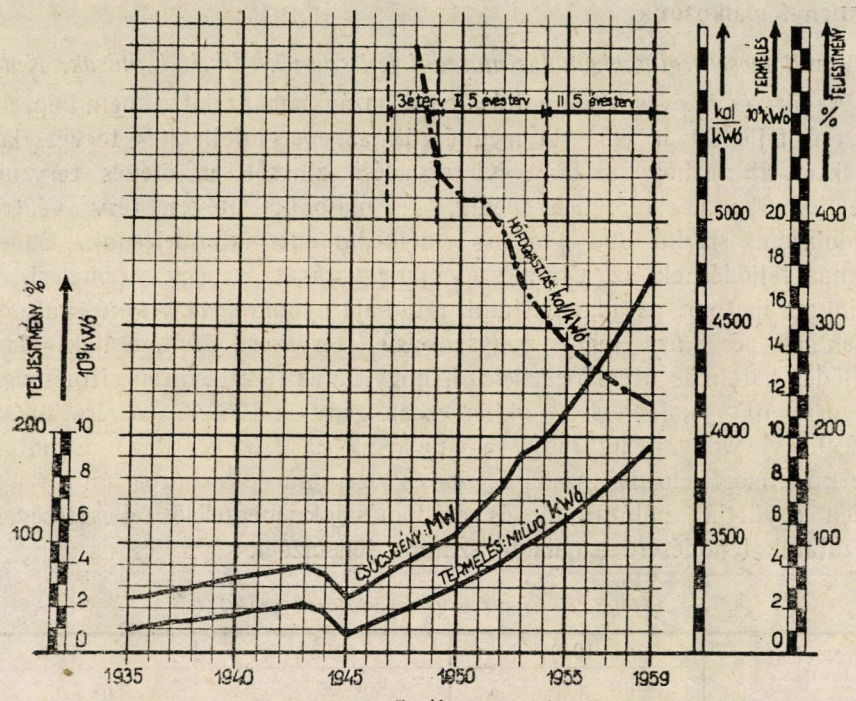
Hálózatok hossza a (tervperiódusok végén)

Névleges feszültség kV	1949		1954		1959	
	km	%	km	%	km	%
120 (100)	430	100	1 506	350	2 320	540
60.....	160	100	596	372	664	415
35 (20)	10 000	100	18 650	186	20 650	207
szek. kisf.	25 150	100	38 050	156	45 050	180

Az ötéves tervben minden községbe bevezetjük a villanyt, 340 állami gazdaságot, 472 gépállomást és 280 termelőszövetkezeti csoportot villamosítunk. A 100 és 60 kV-os alállomások teljesítménye az 1949. évi állapothoz képest 1954-ben kb. ötszörösre, 1959-ben kereken nyolcszorosra emelkedik.

E számok hatalmas fejlődést mutatnak. Ezt az új technika természetes alkalmazása mellett, a találmányok, újítások, új szervezési lehetőségek, röviden a műszaki fejlesztési terv, teszik lehetővé. Fontos tehát, hogy a műszaki fejlesztési tervnek néhány fontosabb kérdését külön is kiemeljük:

a) 100 kV-ról 120 kV-ra való áttérés. Hazai nagyteljesítményű hálózatainknak eredetileg választott üzemfeszültsége a bánhida—budapesti, bánhida—győri, 1930-ban épült távvezetékeknek megfelelő 100 kV-tal volt tervbe véve. Időközben a Ganz Villamossági Gyár kidolgozta 120 kV-os transzformátortípusát. Ez úgy vált lehetővé, hogy a villamosenergiát szolgáltató iparban véglegesen állást foglaltunk a közvetlenül földelt nullpontú hálózat mellett, ami a transzformátorok és egyéb berendezések szigetelési kérdéseit véglegesen



5. ábra

Az energiafejlesztés 10 éves terve. Az ábrán látható az erőművek országos átlagos hőfogyasztásának tervezett csökkenése a 10 éves terv során.

tisztázta. Ezután vizsgálat tárgyává tettük, hogy újonnan épült távvezetékeink minden további nélkül alkalmasak-e 120 kV feszültség átvitelére, és megállapítottuk, hogy ezek a vezetékek minden további átalakítás nélkül mind a vezető keresztmetszete (koronaveszteség), mind a szigetelési állapot tekintetében megfelelnek a 120 kV-os vezetékekkel szemben támasztott követelményeknek. Így tehát egyedül a bánhida—budapesti és bánhida—győri távvezeték nem alkalmas a 120 kV-ra való áttérésre. Ezért az ehhez a távvezetékhez csatlakozó 120 kV-os távvezetékeket booster-transzformátorok segítségével kapcsoljuk össze a 120 kV-os hálózattal. A 120 kV-ra való áttérésnek gazdasági előnye abban mutatkozik, hogy ugyanolyan százalékos feszültségesést feltételezve, kereken 40%-kal nagyobb teljesítmény átvitelére tettük alkalmassá

vezetékeinket anélkül, hogy a vezetékberuházásokat növelni kellett volna. Hozzájárul ehhez még az a körülmény is, hogy a Ganz-gyár által iparunk számára szállított megszakító- és kapcsolóberendezések feszültségszintje eredetileg is 150 kV volt. A 120 kV-ra történő áttérés, minthogy az átvihető 40%-kal nagyobb teljesítményt a tízéves terv során mindössze 20 millió Ft többletköltséggel lehet elérni, a két ötéves terv periódusában összesen 120 millió Ft megtakarítást eredményez.

b) Hálózati veszteségeinket rendszeresen csökkenteni kívánjuk. A 100 kV-os kooperációs vezetékeknél a watt nélküli teljesítményelosztással kapcsolatban ezt a kérdést már érintettük. Hasonlóan csökkenteni kívánjuk elosztóhálózati veszteségeinket is az 1949. évi kb. 16%-os értékről az 1954. évre 14%-ra. Ezt a veszteségcsökkentést részben a teljesítménytényezőnek már említett javítása, valamint a hálózat jobb kihasználása által érjük el. A faluvillamosítás befejeződése az ötéves terv során — a rosszul kihasznált hálózatoknak veszteségei miatt — nem teszi lehetővé az említett mértéken túl a veszteségek csökkentését. Tíz év alatt így is mintegy 1000 millió kWó takarítható meg. Ennek önköltségi egyenértéke kb. 200 millió Ft.

c) Foglalkozunk a villámkutatás és a villám-, illetve túlfeszültségvédelem kérdéseivel. Ezeknek kapcsán túlfeszültséglevezetők hazai gyártásának tervbevételét is javasoltuk. Túlfeszültséglevezetőket, különösen vidéki elosztóhálózatainkon, mind nagyobb számban alkalmazunk.

d) Most van vizsgálat alatt a szovjet közleményekből ismert ama gyakorlat hazai alkalmazásának bevezetése, hogy a mereven földelt nullpontú hálózatunkban a vízszintes síkban elhelyezett 1×3 fázisú vezetékeink karbantartását pólusonként megfelelő óvóintézkedések megtétele után üzemközben végezzük el. Ezzel a módszerrel lehetővé válik, hogy olyan kooperációs vezetékeken, amelyek 1×3 fázisú kivitelük miatt eddig csak a kooperáció megszakítása után kerülhettek karbantartás vagy revízió alá, most a kooperációnak mindössze 40%-os csökkentése mellett végezzük el ezeket a munkákat fokozatosan.

e) Tipizálás. Az ország különböző helyein eddig épült és az elmondottak szerint egymással nem vagy csak helyenként érintkező hálózatok feszültsége igen sok rendszertelenséget és az érvényben levő feszültségszabványoktól sok eltérést mutat. A hálózatok tervszerű kiépítése elengedhetetlenné teszi a sokféle feszültség számának csökkentését, a transzformátorok teljesítményének és áttételének ugyancsak a típusszámok csökkentése mellett való tipizálását és végül az építendő transzformátorállomások és távvezetékek tipizálását. A típusok számának csökkentése mind a gyártó ipar, mind pedig az üzemi kezelés (tartalékok, üzemzavar elhárítás, raktározás, stb.) szempontjából igen jelentősnek mondható. Mindezek a műszaki és tervezési feladatok folyamatban vannak és annyira előrehaladtak, hogy az új beruházások már az első ötéves terv első éveiben mind eszerint készülnek. Emellett a meglevő és a tipizált

rendszerektől eltérő rendszerek fokozatos átépítése, illetve megszüntetése is tervszerűen meg fog történni.

f) A földvezetéses háromfázisú rendszert a faluvillamosítás vonalán, az eddig szerzett tapasztalatok felhasználásával, továbbfejlesztjük.

g) A 5. sz. ábrán látható görbe mutatja az erőművi kalóriafogyasztás országos átlagának csökkenését a tízéves tervben. Eszerint országos átlagban

1949-ben 5100 kalória/hálózatra adott kWó,
1954-ben 4540 « « « «
1959-ben 4150 « « « «

lesz erőműveink hőfogyasztása. Ez a javulás egyenértékű az 1954. évre vonatkoztatva egy évben 100 000 vagon 2950 kalóriás szénnel, ami annyit jelent, hogy ezzel a szénmennyiséggel pl. egy 160 MW-os telep majdnem egy éven át tudna üzemet tartani. Ha a kalóriajavulást az 1959. évre vonatkoztatjuk, ez 283 000 vagón, 2700 kal/kg-os szénnel egyenértékű, ami annyit jelent, hogy a megtakarított szénből a tizedik tervévben egy 160 MW-os erőművet lehetne elindítani és majdnem három éven át üzemeltetni.

h) Széngazdálkodás. Újonnan épülő erőműveink lehetővé teszik az alapszénnel, illetve jobb minőségű keverőszenekkel való mind nagyobb takarékosságot. Az új kooperáló erőműrendszerünkbe kapcsolt erőművek iparilag értéktelenebb szeneket használnak fel. Ennek eredményei a következő számokkal fejezhetők ki:

A kutatás vonalán az iparágat elsősorban a Villamosítási Kutatási Bizottság és a Hőtechnikai Intézet támogatja, de a Villamosipari Központi Kutató eredményei is visszahatnak jó eredményeink elérésére. Ezek a kutató intézmények, különösen a Villamosítási Kutatási Bizottság, problémáikat a villamos-

	1949. %-os eloszlás	1954. %-os eloszlás	1959. %-os eloszlás
Jóminőségű szén 3800—5000 kal/kg	36,2	13,7	6,8
Gyenge minőségű 2500—3500 kal/kg Pala, középtermék 2800—3700 kal/kg Lignit 1650—2000 kal/kg	63,8	86,3	93,2
Összesen	100%	100%	100%

energiát fejlesztő és elosztó iparágtól kapják és fontos munkásságukat legjobban néhány kutatási témának egyszerű felsorolásával lehet jellemezni:

a) Közép- és nagyfeszültségű hálózatok szelektív védelmének kidolgozása.

b) Erősáramú vezetékeknek gyengeáramú vezetékre való kölcsönhatása.

c) Földvezetéses rendszerrel kapcsolatos további vizsgálatok.

d) Turbógenerátorok teljesítményének növelése a körléghűtés mesterséges fokozásával.

e) Földeléssel kapcsolatos kérdések végleges tisztázása.

f) Előfeszített vasbetonoszlopok középfeszültségű hálózatok részére.

g) Turbógenerátorok tranziens jelenségeinek vizsgálatához szolgáló állandók meghatározása.

h) Soros kondenzátor, hálózati feszültségszabályozás céljára.

i) Hálózati modell teljes befejezése.

j) Stabilitás-vizsgálatok hálózati modell segítségével.

A Hőtechnikai Intézet munkaterve szerint :

a) Vízlágyítás füstgázok segítségével.

b) Levegő-kondenzáció.

c) Gyenge minőségű hazai szenek széntárolásának megoldása.

d) Tőzeg közvetlen eltüzelése kazánokban.

Az országos kooperációs hálózat és erőműveink építése mellett egyre inkább gondolnunk kell hazai energiabázisunknak kiszélesítésére a nemzetközi együttműködés által.

13. A nemzetközi energia-együttműködés lehetőségei.

Célunk, hogy a Szovjetunióval és a szomszédos népi demokratikus országokkal mindjobban kiépülő gazdasági és kulturális kapcsolataink alapján megteremtsük az energia-együttműködés reális lehetőségeit. Mivel Magyarország energiában szegény, elsősorban energiabehozatalra szorul. Ezzel szemben vannak olyan nyersanyagaink, illetve félkész gyártmányaink, amelyeket cserébe adhatnánk.

A lengyeleknek van sziléziai porszén mellékterméküK, amelynek felhasználásával Csehszlovákiával nagyszabású villamosenergia együttműködést építenek ki. Ez alapja lehetne a magyar-lengyel együttműködésnek is. Most tették közzé Románia nagyszabású energiatervét, amely már említi a vaskapui vízerőben rejlő óriási lehetőségeket is. De ismerjük a romániai visóvölgyi víztárolási lehetőségeket, és tudjuk, hogy annak kiépítése nemcsak energiagazdálkodásunk, hanem tiszai vízgazdálkodásunk egész képét megváltoztatná. Hasonlóan gondolni lehet a romániai földgáz- vagy nyersolaj-kooperációra is. Az együttműködés céljaira ki lehetne pl. használni a csehországi felszíni lignitekre telepítendő erőműveket.

A Szovjetunióval kapcsolatban lehetőségét látjuk a kárpátukrajnai vízerők kiaknázásának és a hazai energiarendszerhez való kapcsolódásnak.

A fenti fejezetekben rövid vázlatát kívántuk adni azoknak az általános kérdéseknek, amelyek a hazai villamosenergiaszolgáltatás legfőbb célját, a

folyamatos, jó hatásfokú és olcsó energiaszolgáltatás problémáit világítják meg az öt- és tízéves villamosítási tervek távlatában.

Ha a mérnök és a technikus, a sztahánovista, az újító, az élmunkás és a dolgozók ezrei, akik a hazai villamosenergiaszolgáltatási feladatok megoldásában részesek, végignéznek e távlatokon, a melyeket tervszerűen építő országunk a nép ereje által számukra nyujt, büszkén tekinthetnek vissza a már megtett útra és az elkövetkező feladatok nagyszerűségétől lelkesítve haladhatnak tovább a szocializmus építésében.

FÜGGELÉK

Együttműködő villamos erőművek gépegységei kényszerkiesésének számítása.*

1. Bevezetés. Amint láttuk, a villamosenergiaipar nagyarányú fejlődése, helyesebben a fogyasztói igények rohamos növekedése szükségessé tette az erőművek együttműködő rendszerének minél nagyobb méretű kiépítését. Az ezzel járó előnyöket ezen a helyen szükségtelen felsorolni, elegendő, ha az előadás anyagára, illetve a bőven fellelhető irodalmi adatokra utalunk. Egy szempontot mégis újra ki kell emelni, éspedig azt, hogy nagyobb számú gép-, illetve kazánegységgel dolgozó kooperációban a véletlen kényszerkiesések megítélésénél már (bizonyos óvatossággal) a nagy számok törvényszerűségei alapján járhatunk el. Röviden szólva: a kényszerkiesések elég nagyszámú együttműködő gépegység esetében valószínűségi törvényszerűségeket követnek. Egyszerű volna a kérdés akkor, ha az együttműködő rendszerben csupa egyforma nagyságú gép-, illetve kazánegység játszanék szerepet. A valóságban azonban mind a hazai, mind a külföldi viszonylatban e gép- és kazánegységek nagysága különböző erőművekben különböző, és ezt a körülményt számításainknál figyelembe vesszük. Nem tudjuk azonban számításba venni azt a gyakorlatilag nem egészen elhanyagolható körülményt, hogy az események sokszor nem egymástól teljesen függetlenül következnek be, holott valószínűségi számításainknak ez az egyik alapfeltétele. A továbbiakban kétféle módszerrel közelítjük meg a kérdést, éspedig: 1. a nagyobb pontossággal végezhető Bernoulli-féle eloszlás alapján, amely azonban a kiértékelésnél több számolási munkát igényel és

2. a normális eloszlás törvényszerűségei szerint, amely azonban csak igen nagyszámú elemre lévén igaz, kevésbbé közelíti meg a valóságot, viszont egyszerűbben számítható.

A dolgozat végén a kétféle módszerrel elég nagyszámú egyforma gépegységre vonatkozóan összehasonlítást teszünk.

Vizsgálataink egyik alapvető tényezője a jósági szám, amely egy gépegység jóságának a valószínűsége. Ezt a mennyiséget j-vel jelöltük. Annak a

* A függelékben szereplő számításokat *Rácz István* végezte.

valószínűsége, hogy ez a gép kényszerkiesésben van (meghibásodott) $(1 - j)$. A j számértéke megközelíti az egységet, és értékének megválasztása erősen befolyásolja eredményeinket. Ezért helyesnek látszott a gyakorlatban megállapítható kiesési időtartamgörbe, illetve a belőle levezethető valószínűségi eloszlási (gyakorisági) görbével való összehasonlítás alapján e számot meghatározni. Az 1948—49 és 1949—50. évi hazai — összesen 301 téli üzemnapra kiterjedő statisztikai adatgyüjtésből nyerhető eredmények (lásd 6. ábra) összehasonlítása a számítással azt adta, hogy a j értéke a hazai viszonyok mellett $j = \frac{1}{1{,}05} =$ $= 0{,}953$-ra tehető.

A jósági számot — amelyet a hazai irodalomban üzemkészségi arányszámnak is szoktak nevezni[1]) — eddig nem határozták meg. A jósági számot úgy értelmeztük, hogy ez a szám mind a gépekre, mind a kazánokra ugyanakkora. Általában ez a feltevés nem teljesen helytálló, mert amint ismeretes, a kazánok jósági száma az üzem természeténél fogva kisebb, mint az egy egységnek felvett turbinagenerátor gépcsoportoké. Az átlagos jósági szám megállapítása azonban eredményeinket kevéssé befolyásolja.

2. *A Bernoulli-féle eloszlás alkalmazása.* Legyen n db egyforma gép-, illetve kazánegység üzemben. k egység egyidejű kiesésének valószínűsége:

$$v_k = \binom{n}{k}(1-j)^k \cdot j^{n-k} \tag{1}$$

mert egyidejűleg kell, hogy k $(1-j)$ valószínűségű és $(n-k)$ j valószínűségű eset következzék be, a k egységet viszont n egység közül $\binom{n}{k}$-féle képen választhatjuk ki. v_k így is írható:

$$v_k = \binom{n}{k}\left(\frac{1-j}{j}\right)^k \cdot j^n = \binom{n}{k}\left(\frac{1-j}{j}\right)^k \cdot v_o \tag{2}$$

mert o gép kiesésének valószínűsége, vagyis, hogy mind az n gép jó legyen:

$$v_o = j^n \tag{3}$$

Az egyes k értékekhez tartozó v_k valószínűségeket legcélszerűbben úgy számíthatjuk, hogy megvizsgáljuk, mivel kell v_{k-1}-t megszorozni, hogy v_k-t kapjuk, ahol $\left(v_k / v_{k-1}\right) v_{k-1} = v_k$

$$\frac{v_k}{v_{k-1}} = \frac{\binom{n}{k}\left(\frac{1-j}{j}\right)^k v_o}{\binom{n}{k-1}\left(\frac{1-j}{j}\right)^{k-1} v_o} = \frac{n-k+1}{k} \cdot \frac{1-j}{j} \tag{4}$$

Vizsgáljuk meg, hogyan változik v_k értéke, ha k növekszik. v_k addig fog növekedni, amíg $v_k / v_{k-1} > 1$, vagyis $\frac{n-k+1}{k} \cdot \frac{1-j}{j} > 1$ innen

$$k < (n+1)(1-j) \tag{5}$$

A legnagyobb valószínűsége tehát $(n+1)(1-j)$ gép kiesésének van, illetve pontosabban annak a k számú gépnek, amelyre

$$k < (n+1)(1-j) < k+1$$

Ha $(n+1)(1-j)$ egész szám, akkor v_k maximumát két szomszédos k értéknéi veszl fel.

3. Különböző nagyságú gépegységek figyelembevétele. Osszuk fel az üzemben-levő gépeket olyan csoportokra, amelyeken belül csak egyforma gépek szerepelnek.

Az x csoportból 0, 1, 2, ... k, ... gép egyidejű kiesésének valószínűsége:

Az y csoportból: $v_{0x}, v_{1x}, v_{2x} \ldots . v_{kx}, \ldots .$
$v_{0y}, v_{1y}, v_{2y}, \ldots v_{ky}, \ldots .$

és így tovább. Határozzuk meg annak a valószínűségét, hogy az

x csoportból éppen k,
y « « l,
z « « m,
: :
: : egység legyen egyidejű kiesésben.

Ennek a valószínűsége:

$$v_{k,l,m,\ldots} = v_{kx} \cdot v_{ly} \ldots . = v_{0x} \cdot v_{0y} \cdot v_{0z} \ldots . \cdot \frac{v_x}{v_{ox}} \cdot \frac{v_{ly}}{v} \ldots . \tag{7}$$

A $v_{ox} \cdot v_{oy} \ldots .$ szorzat annak a valószínűségét jelenti, hogy az összes gép jó, és ha ezt v_0-val jelöljük, akkor

$$v_0 = v_{0x} \cdot v_{0y} \cdot v_{0z} \cdots = j_x^{n_x} \cdot j_y^{n_z} \cdot j^{n_y} \cdots .$$

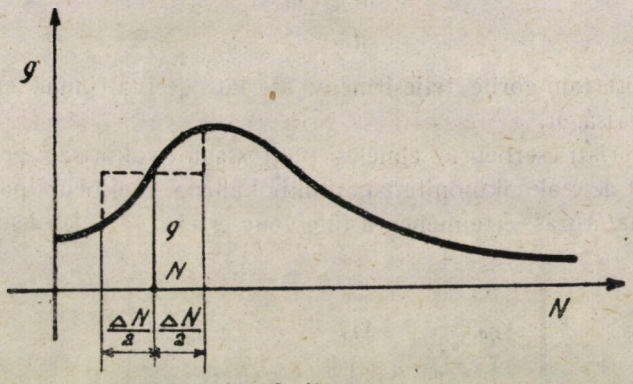
Ha az egyes csoportok gépeinek jósági száma egymás között egyenlő $j_x = j_y = j_z = \ldots = j$, akkor $v_0 = j^{n_x} \cdot j^{n_y} \ldots = j^{n_x + n_y + \cdots} = j^n$

Vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$\frac{v_{kx}}{v_{0x}} = \alpha_{kx}, \quad \frac{v_{ly}}{v_{0y}} = \alpha_{ly}, \quad \frac{v_{mz}}{v_{0z}} = \alpha_{mz} \ldots$$

E jelölésekkel az x csoportból k, az y csoportból l, ... gép egyidejű kiesésének valószínűsége:

$$v_{k,l,m,\ldots} = v_0 \cdot \alpha_{kx} \cdot \alpha_{ly} \cdot \alpha_{mz} \ldots \tag{7/a}$$



6. ábra.
Gyakorisági görbe.

Az a kiesés, amelyre a fenti valószínűség vonatkozik, teljesítményértékben a következőképpen fejezhető ki:

$$N_{k,l,\ldots} = kN_x + lN_y + mN_z \ldots \tag{8}$$

N_x az x csoportbeli gépek egy gépének egységteljesítménye.

4. A gyakorisági görbe. (Lásd 6. ábra.) Folytonos teljesítményeloszlás esetén a gyakorisági görbe meghatározása szerint a g ordináta nem az éppen N teljesítmény kiesésének valószínűségét adja, — mert ez általában 0 — hanem azt jelenti, hogy ΔN elég kicsi értékei mellett $g \cdot \Delta N$ a valószínűsége $N + \frac{\Delta N}{2}$ és $N - \frac{\Delta N}{2}$ közé eső értékű teljesítménykiesésnek. Ez úgy is felfogható, hogy g a valószínűsége annak, hogy a kieső teljesítmény mértéke pl. $N + 0{,}5$ és $N - 0{,}5$ közé essék. Ebben az esetben azonban feltételezzük, hogy $N + 0{,}5$ és $N - 0{,}5$ között a gyakoriság állandó vagy lineárisan változik. A fenti meghatározásból következik még, hogy N_1 és N_2 közötti értékű teljesítmény kiesésének

$\int_{N_1}^{N_2} g dN$ a valószínűsége. A görbe területe, ha N, 0 és végtelen között változik, egyenlő $\int_0^\infty g dN = 1$. Annak a valószínűsége, hogy a kieső teljesítmény N-nél nagyobb,

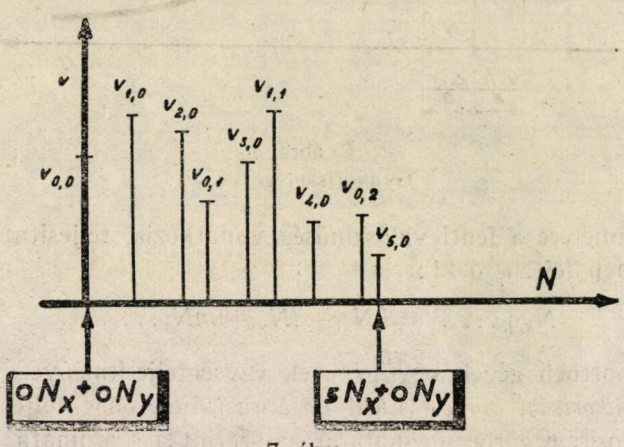
$$v_N = \int_N^\infty g dN = \int_0^\infty g dN - \int_0^N g dN = 1 - \int_0^N g dN \tag{9}$$

$v_N = f(N)$ a kiesések időtartam-görbéje, és (9)-ből következik, hogy:

$$\frac{dv_N}{dN} = -g \tag{10}$$

Tehát az időtartam-görbe teljesítmény szerinti deriváltjának abszolut értéke adja a gyakoriságot.

A gyakorlati esetben az elméleti pontosságú gyakorisági görbe nem használható, mert az csak elkülönített pontokból állana, ezekben a pontokban pedig a fenti meghatározás értelmében a függvény értéke végtelen lenne. Csak azok-



7. ábra.
Két teljesítménycsoportból álló rendszer valószínűségi ábrája.

hoz a teljesítményértékekhez értelmezhető a gyakoriság, amely teljesítmény $kN_x + lN_y + mN_z + \ldots$ alakban állítható elő (k, l, m,...egész szám, 0-t is beleértve). Az így kapott teljesítményértékekhez felmérhetjük a hozzátartozó $v_{k,l} \ldots$ valószínűséget, azonban az így kapott pontok nem köthetők össze, $v_{k,l,m} \ldots$ nem a gyakoriság. Ha pl. két csoportunk van N_x és N_y teljesítményű egységekkel, akkor a 7. ábrán látható diszkrét vonalakat kapjuk. Ebből az ábrából gyakorlatilag használható gyakorisági görbét úgy alakítunk ki, hogy megállapítunk egy teljesítmény-tartomány értéket, pl. 1 MW-ot és meghatá-

rozzuk a 0 és 1, 1 és 2, 2 és 3, stb. teljesítményértékek közé eső kiesések valószínűségét, az ebbe a sávba eső valószínűségek összegeképpen. Ezt az értéket tekintjük az illető sávban a valószínűség értékének. Ezeknek az értékeknek ábrájából a végpontokat összekötve összefüggő lépcsős gyakorisági görbét kapunk. A továbbiakban a gyakorlati példára történő alkalmazásnál ezt a módszert fogjuk követni. Meg kell azonban jegyezni, hogy az egyes sávok gyakoriságát számíthatjuk is. A számítási módszer azonban — különösen nagyobb számú elem esetében — eléggé bonyolult. Ugyanis, ha pl. 0,82, 2,1 és 4,2 MW-os egységteljesítmények fordulnának elő, akkor pl. a 6 és 7 MW sáv gyakoriságához először meg kell határozni, hogy milyen kombinációval kaphatunk az előbb említett három különböző teljesítményből a 6 és 7 MW közé eső teljesítményértéket.

$$1 \cdot 4{,}2 + 0 \cdot 2{,}1 + 3 \cdot 0{,}82 = 6{,}66 \text{ MW}$$
$$1 \cdot 4{,}2 + 1 \cdot 2{,}1 + 0 \cdot 0{,}82 = 6{,}3 \quad «$$
$$0 \cdot 4{,}2 + 3 \cdot 2{,}1 + 0 \cdot 0{,}82 = 6{,}3 \quad «$$
$$0 \cdot 4{,}2 + 2 \cdot 2{,}1 + 3 \cdot 0{,}82 = 6{,}66 \quad «$$
$$0 \cdot 4{,}2 + 1 \cdot 2{,}1 + 5 \cdot 0{,}82 = 6{,}20 \quad «$$
$$0 \cdot 4{,}2 + 0 \cdot 2{,}1 + 8 \cdot 0{,}82 = 6{,}56 \quad «$$

A 6 és 7 MW-ok közé eső sávban történő kiesés gyakorisága a 6 kombináció valószínűségének összege. További sávokban hasonlóan kellene eljárni.

5. Összehasonlítás a statisztikai eredménnyel. Gyakorlati példát az Erőművek Ipari Központja 1947—48. és 1948—49. téli adatgyüjtésével kapcsolatban dolgoztunk ki. A vizsgált 13 erőmű gép- és kazánteljesítményét hét olyan csoportba osztottuk, ahol a gép-, illetve kazánteljesítmények csoporton belül nagyjából egyenlőek. Az egyes csoportokon belül átlagos teljesítményű géppel helyettesítettük az egységeket. A számítás egyszerűsítése kedvéért ugyanakkor a jósági tényezőt feltételeztünk egy-egy kazánra, mint egy turbina-generátor gépegységre. Így adódtak az I. táblázatban felírt csoportok.

A vizsgált 13 erőmű gép- és kazánteljesítményeinek csoportosítása.

I.

A csoport jele	A csoportban levő egységek száma	Az egység teljesítőképessége az összes telj. kép. %-ában	A csoport teljesítőképessége az összes telj. kép. %-ában
a	70	0,087	6,10
b	40	0,223	8,90
c	40	0,446	17,85
d	40	0,892	35,70
e	6	1,71	10,25
f	4	2,34	9,35
g	4	2,98	11,85
Összesen	204	átlag: 0,49	100,0

Az I. táblázat a kooperációban résztvevő összes gépegységet figyelembe veszi. Azonban a gyakorlatban a kisebb egységek többnyire csak hidegtartalékban állanak, vagy csak csúcsidőben veszik azokat igénybe, továbbá a rendszeres karbantartást úgy irányozzák elő, hogy éppen a vizsgált téli időszakban a nagy egységek teljesen kihasználhatók. Ennek megfelelően az egyes csoportokban lévő gépegységeket csak részben vettük figyelembe, amit egyébként kis gépeknél az is indokol, hogy azok szakaszosan lévén üzemben, kisebb javítás az üzemszüneti időkben elvégezhető rajtuk és így az üzemi idejükben kiesésük valószínűsége is csökken. Ennek megfelelően feltételeztük, hogy az

a)	csoportbeli	gépek	20%-a	=	14 egység,
b)	«	«	45%-a	=	18 «
c)	«	«	60%-a	=	24 «
d)	«	«	80%-a	=	32 «
e) f) g)	«	«	100%-a	=	6+4+4 egység

van egyidejű üzemben.

Felvéve $j = \frac{1}{1{,}05}$ jósági számot, a II. táblázat értékeit kaptuk.

Az egyes kiesések valószínűségi tényezői.

II.

A csop. jele	A számításban figyelembe vett egységek	V_{0x}'	α_{0x}	α_{1x}	α_{2x}	α_{3x}	α_{4x}	α_{4x}
a	14 egység á 0,087% = 1,22%	0,505	1	0,7	0,228	0,046	0,006	
b	18 « « 0,223% = 4,19%	0,415	1	0,9	0,383	0,102	0,011	0,003
c	24 « « 0,446% = 10,70%	0,311	1	1,2	0,692	0,254	0,067	0,013
d	32 « « 0,892% = 28,55%	0,210	1	1,6	1,240	0,620	0,225	0,063
e	6 « « 1,71 % = 10,30%	0,746	1	0,3	0,037	0,030		
f	4 « « 2,34% = 9,40%	0,822	1	0,2	0,015			
g	4 « « 2,98% = 11,90%	0,822	1	0,2	0,015			

Összesen 102 76,26%, $V_o = 0{,}0069$.

Egy kombináció kiesésének valószínűsége

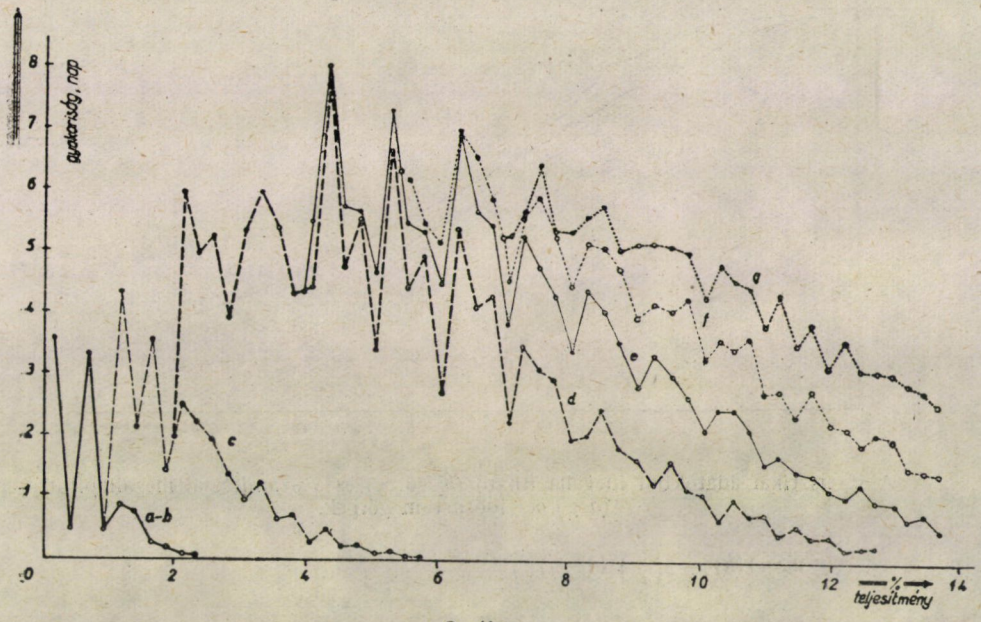
$$v_{k,l,m,\ldots} = 0{,}0069 \cdot \alpha_{ka} \cdot \alpha_{lb} \ldots$$

vagy 301 napra vonatkoztatva a napok száma

$$v_{k,l,\ldots} = 2{,}08 \cdot \alpha_{ka} \cdot \alpha_{lb} \ldots$$

A fentiek alapján a gyakorisági görbe, illetve időtartamgörbe szerkesztése a következőképpen történik. Mivel a 2,08 tényező csak a léptéket változtatja

meg, az itt leírt eljárásnak a végén a léptékkel vettük figyelembe. Először tehát feltűntettük az *a)* és *b)* csoport kombinációjához tartozó valószínűségeket (lásd 8. ábra), majd MW-os sávonként meghatároztuk a gyakoriságot. E lépcsős görbe szerkesztése után vettük figyelembe a *c)* csoportot a következőképpen: Az *a)—b)* csoportra kapott görbe tulajdonképpen a *O* hibás *c)* csoportban gépek esetére változatlan maradt ($\alpha_{oc} = 1$). Egy hibás *c)* egység esetén az $\alpha_{1c} = 1{,}2$, tehát az *a)—b)* csoportbeli görbe ordinátáit 1,2-del kell szorozni és ezenkívül a 0,445%-os teljesítménynek megfelelő abszcisszával kell jobbra

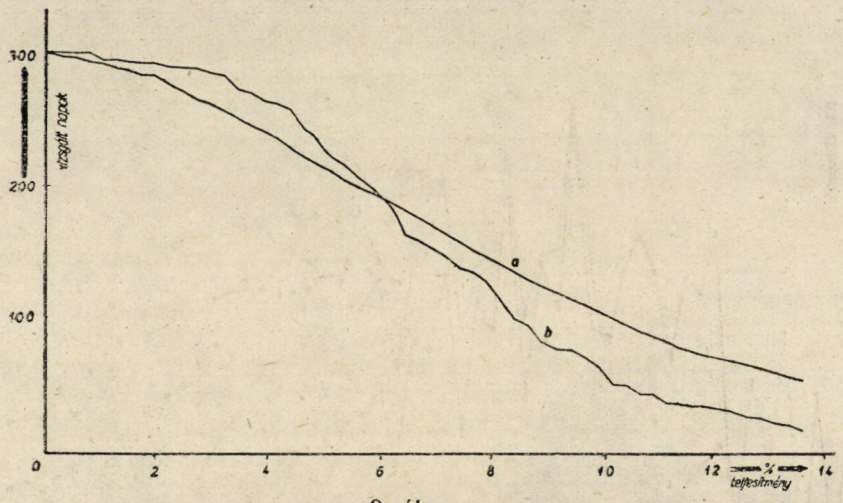


8. ábra.
Együttműködő erőművek kiesési gyakoriségi görbéinek szerkesztése.

eltolni, mert ennyivel növekszik egy *c)* egység miatt a kieső teljesítmény. Ezután két *c)* egység kiesése esetén az eredeti *a)—b)* görbét $\alpha_{2c} = 0{,}692$-vel kell szorozni és 2 · 0,445%-nak megfelelően eltólni. A további műveleteket ennek megfelelően egészen a *c)* csoport utolsó tagjáig kell folytatni. Az így kapott görbék összegezéséből kapjuk az *a—b—c*-eredő görbét. Ehhez kombináljuk azután a *d)* csoportot és így tovább. Megjegyezzük, hogy az összegezést MW-os sávonként végeztük és tekintve, hogy a korábbiak szerint a gyakorisági görbének az integrálgörbéje (időtartam-görbe) a fontos, az összegezést mindjárt a területekre vonatkozóan is elvégeztük. (Lásd: 9. ábra.) Ezen az ábrán feltűntettük a fenti módszer szerint kiszámított időtartam-görbe (*a)* görbe) mellett a statisztikai adatokból nyert tényleges időtartam-görbét is (*b)* görbe). Amint az ábrából látszik, a $j = 0{,}953$ megválasztása mellett és a valószínűségi elosztást

zavaró, fentebb említett különböző körülményeket ismerve, az egyezés a számítás és a statisztikai eloszlás között elég jó. Amint már az értekezés elején említettük, különböző irányokban a további finomításnak meg van a lehetősége. A továbbiakban vizsgálat tárgyává tettük a normális eloszlású, tehát igen nagy számú elemből álló valószínűségi eloszlás esetét is.

6. Normális eloszlás. Egyforma egységekből álló rendszerben k gép kiesésének valószínűsége az (1) összefüggés szerint



9. ábra.
A statisztikai adatokból megállapítható (*b* görbe) és a számítással megállapított (*a* görbe) időtartam görbék.

$$v_k = v(k) = \binom{n}{k} (1-j)^k j^{n-k}$$

n-nek növelésével, ez az érték aszimptotikusan közeledik a következő értékhez:

$$v(k) = \frac{1}{\sqrt{\pi}\sqrt{2nj(1-j)}} e^{-\frac{[k-n(1-j)]^2}{2nj(1-j)}} \tag{11}$$

$$v(k) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2(k-b)^2} \tag{12}$$

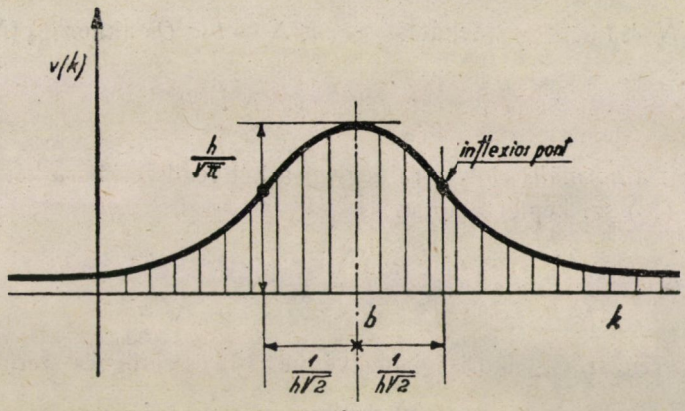
ahol h a szabatossági mérték $h = \frac{1}{\sqrt{2nj(1-j)}}$ és b a középérték. (Lásd 10. ábra.) $b = n(1-j)$. Bár az eredeti függvénynek csak egész k értékekre van értelme, a (12) összefüggés segítségével k nem egész számú függvényeire is értelmezhetjük a gyakoriságot, mivel a $k - \frac{dk}{2}$ és $k - \frac{dk}{2}$ közé eső kiesés valószínűsége

$$g_k(k) \cdot dk$$

Független változónak vezessük be k helyett az N kieső teljesítményt. Ha egy egység teljesítő képessége N_1, akkor $N = k \cdot N_1$ és $dN = N_1 \cdot dk \cdot$

$N - \frac{dN}{2}$ és $N + \frac{dN}{2}$ közé eső teljesítmény kiesésének a valószínűsége

$g_k\left(\frac{N}{N_1}\right) \cdot \frac{dN}{N_1}$, tehát a teljesítmény függvényében vett gyakoriság:



10. ábra.
Valószínüségek normális elosztása.

$$N) = \frac{1}{N_1} g_k\left(\frac{N}{N,}\right) = \frac{1}{N_1} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2\left(\frac{N}{N_1} - b\right)^2} \quad \text{és ebből}$$

$$g(N) = \frac{H}{\sqrt{\pi}} e^{-H^2 (N-B)^2} \tag{13}$$

ahol $H = \frac{h}{N_1}$ és $B = b.N_1$

$$H = \frac{1}{N_1 \sqrt{2nj(1-j)}}, \quad B = n N_1 (1-j) \cdot$$

7. Normális eloszlás különböző nagyságú gépeknél.[2]

Vizsgáljunk egyelőre két rendszert: egyiknek a gyakorisági görbéje $g_1(N)$; a másik gyakorisági görbéje $g_2(N)$. A két rendszert együtt tekintve, az eredő gyakorisági függvényt a következőképpen kaphatjuk: összesen N teljesítmény esik ki. Ha ebből pl. az első rendszerben t, a második rendszerben pedig $(N - t)$ esik ki, akkor ezeknek a kieső teljesítményeknek a gyakorisága: $g_1(t)$, illetve $g_2(N - t)$. Ezeknek figyelembevételével az eredő gyakoriság

(t felvehet minden értéket o és N között)

$$g(N) = \int_0^N g_1(t) \cdot g_2(N-t)\, dt \tag{14}$$

Az integrál határait Bernoulli-féle feloszlás esetében kiterjeszthetjük $-\infty$ és $+\infty$-re, mert ha pl. az első alakot vesszük szemügyre:

amíg $-\infty < t < O$, akkor $g_1(t) = O$

amíg $N < t < +\infty$, tehát $-\infty < N - t < O$, akkor $g_2(N-t) = O$.

így $$g(N) = \int_{-\infty}^{+\infty} g_1(t) \cdot g_2(N-t)\, dt \cdot \tag{14/a}$$

Áttérve a normális eloszlásra, legyen a két rendszerben a két gyakorisági függvény a (13) sz. képlet alapján

$$g_1(N) = \frac{H_1}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-H_1^2 (N-B_1)^2} \text{ és } g_2(N) = \frac{H_2}{\sqrt{\pi}} e^{-H_2^2 (N-B_2)}$$

Az összetett rendszer gyakorisági függvénye (14) összefüggés szerint

$$g(N) = \int_0^N g_1(t) \cdot g_2(N-t)\, dt$$

A normális eloszlású gyakoriság negatív N értékekre ugyan nem O, de elég kicsi, és így jó közelítéssel most is írhatjuk:

$$g(N) = \int_{-\infty}^{+\infty} g_1(t) \cdot g_2(N-t)\, dt\,.$$

e kitevőjét kiszámítva és $\frac{I}{H^2} = \frac{I}{H_1^2} + \frac{I}{H_2^2}$-et, illetve $B = B_1 + B_2$

helyettesítést téve, kapjuk:

$$g(N) = \frac{H_1 H_2}{\pi} e^{-H^2 (N-B)^2} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} e^{-(H_1^2 + H_2^2)(t-c)^2} \cdot dt$$

Tekintve, hogy $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-h^2 t^2} dt = \frac{\sqrt{\pi}}{h}$ és $(t-c)$-ben szereplő c csak t tengelyirányú eltolást jelent, a $-\infty$ és $+\infty$ határok esetében az eltolás nem változtatja az eredményt. Ezért írhatjuk

$$g(N) = \frac{H_1 H_2}{\pi} e^{-H^2 (N-B.)^2} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{H_1^2 + H_2^2}}$$

és

$$g(N) = \frac{H}{\sqrt{\pi}} e^{-H^2 (N-B)^2} \tag{15}$$

Az összetett rendszer gyakorisági függvénye tehát ugyanolyan alakú, mint abban az esetben, ha csupa egyforma nagyságú elemből áll a rendszer, csak a kieső teljesítmény középértéke $B = B_1 + B_2$, a szavatossági mértéke pedig

$$H = \frac{H_1 H_2}{\sqrt{H_1^2 + H_2^2}}$$

Ha kettőnél több rendszer van, amelyekben az elemek egymás között különböző nagyságúak, akkor :

$$B = B_1 + B_2 + \ldots + B_n \quad \text{és}$$

$$\frac{1}{H^2} = \frac{1}{H_1^2} + \frac{1}{H_2^2} + \cdots + \frac{1}{H_n^2} .$$

Bevezethetjük még az 50%-os vagy valószínű szórás fogalmát $(s_{50}) \cdot s_{50} = \frac{0{,}477}{H}$

Az esetek felében a kieső teljesítmény $B - s_{50}$ és $B + s_{50}$ közé esik. s_{50} bevezetésével

$$s_{50}^2 = s_{501}^2 + s_{502}^2 + \ldots s_{50n}^2 \quad .$$

8. *Az időtartam-görbe számítása normális eloszlás esetén.*[3] Az időtartam görbe normális eloszlás esetén a Gauss-féle hibaintegrállal számítható. A hibaintegrál függvény $\Phi(x)$, amelynek értékét függvénytáblázatokban lehet megtalálni, $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{x^2}\, dx$ (16)

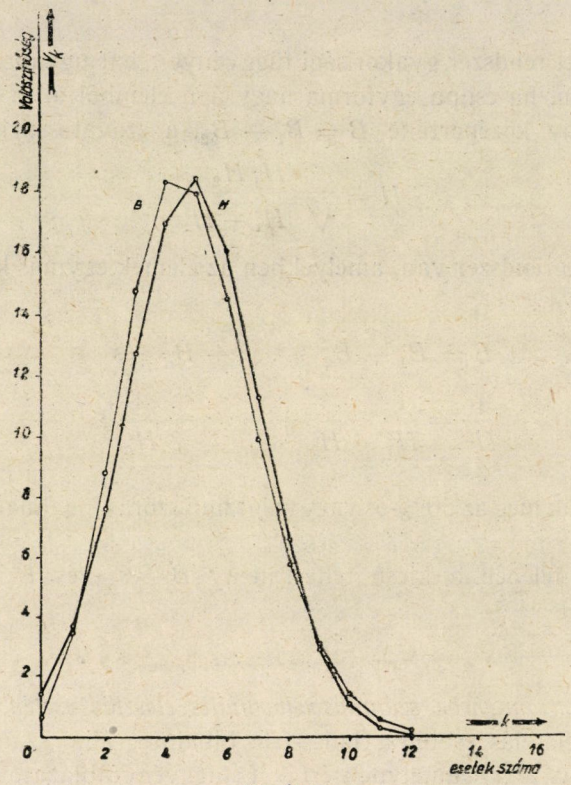
Amint a fentiekből láttuk, annak a valószínűsége, hogy a kiesés N-né nagyobb $v_N = \int_N^\infty g(t)\, dt = \frac{H}{\sqrt{\pi}} \int_N^\infty e^{-H^2 (t-B)^2} dt$

helyettesítve $x = H(t-B)$ és $dt = \frac{dx}{H}$

$$v_N = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{H(N-B)}^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{1}{2} [1 - \tilde{\varphi}(H(N-B))]$$

vagyis minden H, N és B értékhez meg tudjuk határozni az időtartam-görbe vonatkozó pontját.

9. *A Bernoulli-féle eloszlás és a normális eloszlás összehasonlítása.* Ha az (1) és a (12) összefüggéseiben $n = 102$ és $j = 0{,}953$ értékeket vesszük fel, akkor különböző k értékekre $N_1 = 7{,}01$ MW/egység feltételezésével a 11. ábrán látható



11. ábra.
A normális és Bernoulli-féle valószínűségek összehasonlítása
$n = 102$, $j = 0.953$, $N = 7$. ol *MW*/egység mellett.

valószínűségi eloszlási görbét kapjuk, B Bernoulli-féle és N normális eloszlás esetére. A k értéket 0 és 12 között vettük fel. Látni kell, ha elég nagyszámú elem van egy-egy csoportban, akkor a Bernoulli-féle és a normális eloszlás között nem nagy az eltérés.

IRODALOM

1. *Hajdu E.:* Elektrotechnika. 42. évf. 4—6. sz. 122. l. 1950.
2. *Sztacho T.:* Felsőbb Mennyiségtan. Budapest, 1933. 604. l.
3. *A. Duschek:* Höhere Mathematik. II. kötet. Wien. — Springer Verlag 1950. 351. l

HOZZÁSZÓLÁSOK KOVÁCS KÁROLY PÁL ELŐADÁSÁHOZ

AZ EGYÜTTMŰKÖDŐ ÉS ELOSZTÓHÁLÓZATOK KORSZERŰ VÉDELME

PÁLOS FERENC gépészmérnök

A villamosenergiaigények hatalmas arányú növekedésének természetes következményeképen az erőműteljesítmények az elmúlt évtizedek alatt megsokszorozódtak és az erőművek közötti együttműködés nagymértékben kifejlődött. Ugyanakkor a villamos energiatermelés és elosztás gazdasági szempontjai és kihatásai egyre nagyobb súllyal esnek latba a műszaki kérdések mellett. A mindnagyobb távolságokra szállítandó villamos energiamennyiségek nagyságrendileg növekedvén meg az elmúlt évtizedek alatt, a műszaki kérdések sem oldhatók már meg a méreteknek és az egységek számának egyszerű módon való növelésével, hanem határesetekhez jutva, lényegében új megoldásokat kellett keresni.

Így került a villamos energiaátviteli rendszerek terveinél egyre inkább előtérbe a rövidzárlatbiztonság és a stabilitás kérdése. Ezenkívül pedig — a villamos energiát fogyasztóberendezések számának és fontosságának növekedésével — gazdasági és műszaki problémaként jelentkezett az üzembiztonság követelményének a múlthoz képest jelentékenyen megnövekedett fontossága is.

Mindezen problémák a villamos energiaátviteli rendszerek védelmi kérdéseinek körébe tartoznak, védelmen értve a túláramok, illetve túlfeszültségek hatásának a lehetőségig való korlátozását, a berendezések ebből eredő rongálódásainak csökkentését és általában az üzemfolytonosság minél nagyobb mértékben való biztosítását célzó megoldásokat és szerkezeteket.

Az e feladatok teljesítésére szolgáló korszerű *zárlatvédelmek* alapelve tehát hogy,

1. a fellépő zárlatokat minél rövidebb idő alatt válassza le az energiaforrásról és így a zárlati energiák közvetlen és közvetett káros hatását csökkentse valamint az együttműködés stabilitását megóvja,

2. hogy csak a hibás rendszer kerüljön leválasztásra az energiahálózatról és ily módon a hibák kihatásai a fogyasztók minél kisebb körében jelentkezzenek, sőt — ha az a hálózat rendszere révén megvalósítható — a hiba a fogyasztóktól hátrányosan ne is legyen érzékelhető.

Az említett követelmények különböző módon és mértékben elégíthetők ki a védelmi szerkezetekkel és a szerkezetek elve és felépítése is különböző aszerint, hogy az energiaátviteli rendszernek mely részében alkalmazzuk őket.

Így az aránylag egyszerű elemekből felépített olvadóbiztosítótól a bonyolult szerkezetű elektroncsöves kiválasztó relékig a védelmi rendszerek széles skáláját tekinthetjük át.

A zárlatvédelmi berendezések fogalmába tartoznak ugyan az előbbi — megszakítást kiváltó — szerkezeteken kívül a zárlatok káros hatását csökkentő fojtótekercsek (reaktanciák) is. Minthogy azonban ezek a villamos energiaátviteli rendszerek adott reaktív ellenállásának kiegészítéseképpen foghatók fel, e helyen velük bővebben nem kívánunk foglalkozni.

Meg kell azonban emlékeznünk az üzemfeszültség többszörösét kitevő — különböző eredetű — *túlfeszültségek* elleni védőszerkezetekről, ill. eljárásokról. Ezek a villamos energiaátviteli rendszerek szigetelésének megóvását célozzák a káros túlfeszültségek fellépésének korlátozásával, vagy a keletkezett túlfeszültségek energiájának megfelelő helyen, rövid idő alatt való felemésztésével.

E rövid tanulmány keretében csak a tipikus problémákkal foglalkozhatunk, szükségesnek tartjuk azonban, hogy a közelmúltban megindult nagyarányú országos villamosítással és az együttműködési hálózat létesítésével kapcsolatban e kérdéseket — nagy vonalakban — hazai vonatkozásokban is megvizsgáljuk.

A nehezebb problémákon kezdve a vizsgálatot, elsősorban az együttműködési hálózatok zárlatvédelmét vizsgáljuk. Az együttműködési hálózat egyes szakaszainak védelménél elengedhetetlen követelmény annak kiválasztó jellege és gyors működése. 100 kV-os együttműködési hálózatainknál ezenkívül figyelembe veendő, hogy csillagpontjuk merev földelésű és általában egysarkú zárlatoltás (u. n. gyors visszakapcsolás) kerül alkalmazásra.

Az e célra használatos, általánosan ismert védelmek egyike a *távolsági védelem*. E néven szerepelnek azon különféle — és még világszerte fejlődésben lévő — zárlatvédelmi szerkezetek, amelyeknél a működés idejét az érzékelő relének a hibahelytől való távolsága, illetve ezzel arányos állandója határozza meg. Ily módon oldja meg a védelem — energiairány-érzékeléssel együtt — a kiválasztó képesség (szelektivitás) feltételeit is. Anélkül, hogy a relé egyes elemeinek részletes ismertetésébe merülnénk — ismertnek feltételezve ezeket — néhány elvi szempontra mégis ki kell térnünk. A relé indítását a túláramra de még inkább az impedanciacsökkenésre $\left(\frac{U}{I}\right)$ érzékeny, ú. n. indítótag végzi.

A relé kiválasztó képességére azonban a mérőtag és az energiairánytag működése jellemző. E tagok működését, illetve a legmegfelelőbb kiválasztó képességet — áttekinthetően — az energiaátviteli rendszer ellenállásviszonyaiból alkotott, komplex számsíkban lehet ábrázolni. A mérőrelé működési határára jellemző a későbbiekben »k«-val jelzett állandó, amely különböző értékekre állítható be.

Az impedanciarelé, amely a $Z = \frac{U}{I}$ mérésen alapul, az 1. ábrán látható körterületeken belül érzékel. A hozzátartozó energiairányrelé $N = EI\cos\varphi$ beállítás esetén a mérőrelé működését a körterületeknek a jX — tengelytől a $(+R)$ — irányban eső felére korlátozza (2. ábra). Ha az energiairánytag beállítása az $N = UI\sin\varphi$ feltételt elégíti ki, akkor a mérés az R-tengely fölötti félkörterületre esik (3. ábra.) Az energiairányrelé megfelelő beállításával az érzékelő terület a 4. ábrán látható félkörterületre tolható el, ez esetben a beállítás az $N = UI\cos(\varphi - \alpha)$ feltételt elégíti ki. Hogy ennek jelentőségét bemutassuk hivatkozunk arra az ismert tényre, hogy a különböző energiaátviteli rendszerek impedanciaértékei az ismertetett komplex számsíkon más-más helyen ábrázolhatók. Így pl. a földkábeleknél az ohmos ellenállás túlsúlya révén az 5. ábra »a« pontja jellemző, ezzel szemben a távvezetékek impedanciájára általában a »b« pont tájéka jellemző, a transzformátorok pedig — még nagyobb reaktanciájuk révén — a »c« pont táján foglalnak helyet. Így nézve a kérdést, természetesnek tűnik, hogy a távolsági relé kiválasztó képessége biztosabb és határozottabb a 4. ábra szerinti működési területen, főkép távvezeték esetén.

Az impedanciarelé működését elvileg a következő összefüggések állapítják meg:

$$U \leqq kI$$

$$k \geqq \frac{U}{I} = Z$$

A reaktanciamérésen alapuló relé működési területét — hasonló felfogásban — a 6. ábra mutatja. Működésére a következő összefüggések adnak jellemzést:

$$UI\cos(\varphi - \varepsilon) \leqq kI^2$$

$$k \geqq \frac{U\cos(\varphi - \varepsilon)}{I}, \text{ illetve}$$

$$\varepsilon = \frac{\pi}{2} \text{ esetén, minthogy}$$

$$\cos\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right] = \sin\varphi$$

$$k \geqq \frac{U\sin\varphi}{I} = Z\sin\varphi = X$$

Az impedanciarelé általánosan használható különböző fajta vezetékek védelmére, viszont a reaktancia-relék — nem érzékelvén az íves zárlatok ohmos

összetevőjét, — a távvezetékek védelménél elsősorban jönnek szóba. Hátrányuk viszont, hogy érzékenyek az erőműlengésekre, feltéve, hogy lengészárral nem rendelkeznek.

A resistancia-relé (ellenállásrelé) elve az előbbiekhez hasonló módon vezethető le és a

$$k \geqq \frac{U \cos \varphi}{I} = Z \cos \varphi = R$$

eredményre vezet. Minthogy azonban elvéből kifolyólag, az íves zárlatok változó ellenállásértékei miatt megbízhatatlan mérést végezne, gyakorlatilag nem igen jöhet szóba, ezért bővebben nem is foglalkozunk vele.

Az előbbiek folytán a fejlődés az u. n. konduktanciarelé irányában halad. Ennek érzékenységére a 7. és 8. ábra jellemző, éspedig a középhelyzetre vonatkozólag a 7. kép, a szélső helyzetek szempomtjából pedig a 8. kép. Ha figyelembe vesszük, hogy a várható zárlati ellenállásértékek a 9. ábrán vázolt ellipszisalakú területen szóródnak, nyilvánvaló, hogy e megoldás leginkább megközelítő kiválasztóképesség szempontjából és mellőzhető az energiairányrelé alkalmazása is

A konduktanciarelé néven ismeretes mérőrelé működését — az előbbiekhez hasonló felfogásban — a következők szerint jellemezhetjük:

$$UI \cos(\varphi - \varepsilon) \geqq kU^2$$

$$k \leqq \frac{I}{U} \cos(\varphi - \varepsilon) = \frac{1}{z} \cos(\varphi - \varepsilon), \text{ illetve}$$

általános szélső értékek mellett

$$k \leqq \frac{I}{U} \cos \varphi = \frac{1}{z} \cos \varphi, \text{ vagy}$$

$$k \leqq \frac{I}{U} \sin \varphi = \frac{1}{z} \sin \varphi$$

E konduktanciarelé, amelyet egyes gyárak forgómezős relének is hívnak, figyelemreméltó haladást jelent a távolsági védelem terén, amelyet hazai viszonylatban érdemes behatóan tanulmányozni, gyártás és alkalmazás szempontjából is.

A másik védelmi rendszer a szóbanforgó célra, az u. n. *szakaszvédelem*. Ez lehet energiairányösszehasonlító, áramkülönbözeti védelem és az újabban fejlődésnek induló áramirányösszehasonlító védelem. Az előbbi két rendszer hátrányaival bővebben nem foglalkozunk, mert általában ismertek (holt zóna, hibás érzékelés az áramváltók egyenlőtlenségeiből kifolyólag stb.) Az áramirány-összehasonlító védelem, — mellyel hazai kísérletek is folynak — előreláthatólag jobban ki fogja elégíteni a követelményeket. Ennek elve, hogy a védendő vezetékvégek áramainak fázishelyzetét hasonlítja össze.

A szakaszvédelmek kiválasztóképessége elvileg biztos és határozott. Hátrányuk csupán az, hogy az összehasonlítás céljára segédvezetéket (vagy nagyfrekvenciás csatornát) igényelnek a két mérendő vezetékvég között.

Az említett összehasonlító védelmek közül a 10. ábrán az energiairány-összehasonlító védelem elvét — vázlatosan — bemutatjuk, megjegyezvén hogy az összehasonlítandó végek reléinek összeköttetésére, illetve egymáshoz képest való reteszelésére különböző megoldások alkalmazhatók. Egyébként e védelmi rendszer alkalmazási területe — újabb és a célnak megfelelőbb védelmek kifejlődésével — egyre szűkül.

A 11. ábra mutatja az áramkülönbözeti védelem elvét vázlatosan. Reléje $Id = I_1 = I_2$ értékre működik. Nyilvánvaló azonban, hogy a vezeték rendes veszteségei és az áramváltók eltérő hibaviszonyai miatt működése — ebben az egyszerű alakban — nem lenne megbízható. Ezért hódít mindjobban az u. n. áramhányad-különbözeti védelem, amelynek elvét a 12. ábra tünteti fel.

Működése a

$$kI_1 < I_d \text{ illetve } k < \frac{Id}{I_1} \text{ összefüggéseken alapul,}$$

az I_1 és I_d értékek viszonyát mérlegrelével képezve.

A múltban a hosszú távvezetékek védelmére általában csak a távolsági védelmek különböző megoldásait alkalmazták, a rövidebb távvezetékszakaszoknál pedig az összehasonlító védelmek valamelyikét. A távolsági védelem kétségtelen előnye u. i. hogy a vezetékvégek között nem igényel feltétlenül segédcsatornát, viszont hátránya a bonyolultabb felépítés (indítótag, mérőtag, energiairánytag), valamint, hogy energiairánytagjának korlátolt érzékenysége miatt holt zónája van, amelyen belül a védelem működése bizonytalanná válik. Ezzel szemben a különböző összehasonlító védelmek aránylag egyszerű szerkezetek, de az összehasonlítás lehetővé tételelére — mint már említettük — összekötő segédvezetéket, ill. csatornát kívánnak a védendő szakasz két vége között.

A helyes összehasonlítás érdekében azonban még röviden ki kell térnünk az u. n. *fedővédelmek* kérdésére is. Amíg ugyanis távolsági védelmek — akár egyszerűbb, akár bonyolultabb alakjukban — egymás fedővédelméül is szolgálnak, addig az egyszerű szakaszvédelmek külön fedővédelmet tesznek szükségessé. Az együttműködési hálózatokban különös fontossága van annak, hogy a hibás szakasz leválasztása feltétlenül megtörténjék és valamely védelem megbénulása esetén legfeljebb a szomszédos szakaszok kiesésével oldódjék meg a zárlat kiiktatása, de semmiképp se vezessen a hosszú együttműködési rendszer valamely részének hibája az egész együttműködő rendszer teljes széteséséhez, összeomlásához.

Meg kell állapítanunk, hogy az összehasonlító (szakasz) védelmek fedővédelméül legalkalmasabbak a távolsági relék. Kevésbbé felel meg e célra, de

kevésbbé is költséges megoldás egyszerű túláramvédelmek alkalmazása.

A kiválasztóképességen kívül fontos ily védelmeknél a működés gyorsasága, már csak az erőműlengések megelőzése miatt is. A szakaszvédelmek e feltételt könnyebben kielégítik. Távolsági reléknél, ha fázisonként külön mérőrendszert alkalmazunk, megközelíthetjük az 1 periódus alatti működés idejét. Természetesen fontos, hogy a megszakító lekapcsolási önideje is rövid legyen.

Mindkét védelmi rendszernek vannak tehát előnyei és hátrányai és ezért egyes részletproblémáknak megoldása dönti el a két rendszer közötti versenyt. Mindkét rendszer világszerte erős fejlődésben van anélkül, hogy a kérdés bármelyiknek javára már eldőlt volna. Így pl. a háromfázisú gyors visszakapcsolás követelménye a nagy távolságokra előnyösebbnek látszó távolsági védelem azon előnyét, hogy összekötővezetéket nem igényel, megszüntette, mert a hosszú vezetékszakasz végeinek egyidejű megszakítása enélkül nem biztosítható. Kétségtelen viszont, hogy a vezetékirányítású nagyfrekvenciás távközlőberendezések fejlődésével ez a probléma súlyából mind műszakilag, mind gazdaságilag egyre veszít. Ez a magyarázata annak is, hogy a külföldi fejlődési irány jelenleg némileg az összehasonlító szakaszvédelmek felé mutat, minthogy azok helyes működése a zárlatok legkülönbözőbb eseteinél nehézség nélkül biztosítható.

A híradástechnika és elketronikus berendezések nagyarányú fejlődése az erősáramú elektrotechnikának is segítséget nyújt a védelemnek terén is, azért az említett védelmi rendszerek legújabb típusai részben az elektroncsöves megoldásokat mutatják a régebbi, tisztán elektromechanikus szerkezetekkel szemben. Az elektronikus megoldások kiegészítő részei pedig általában a száraz egyenirányítók, transzduktorok, stb., amelyek már szintén a gyengeáramú és laboratóriumi alkalmazásból nőttek ki az üzemi gyakorlat területére. Újabb irány a kiválasztó védelmek fejlődésében a szimmetrikus összetevők mérésének elve, amely a Szovjetunióban nagy előrehaladást mutat.

Hazai vonatkozásban a kérdést nézve, meg kell állapítanunk, hogy a hosszú távvezetékek védelme legcélszerűbben korszerű távolsági védelemmel oldható meg. Rövid távvezetékszakaszoknál viszont, ahol a távolsági védelem nem ad kielégítő megoldást, nyilván a szakaszvédelemnek valamelyik fejlett típusa a megfelelő megoldás.

A távolsági védelmek hazai kifejlesztése nem könnyű, de már nem reménytelen feladat. Szükséges azonban, hogy e téren is figyelembe vegyük a haladást és tanulmányozzuk az elktronikus megoldásokat is, annál is inkább, mert az elektromechanikus megoldások olyan finommechanikai tömeggyártási igényeket támasztanak, amelyhez megfelelő gyártási multunk nincs. Megfelelő szakaszvédelmek, ill. összehasonlító védelmek kialakítására megvan a lehetőségünk. Itt viszont elsősorban az indukciós (Ferraris) mérőrendszerek jöhetnek szóba, minthogy ezek hazai gyártása a magas színvonalú számlálógyártásunk révén aránylag könnyen lenne biztosítható.

Az együttműködési hálózat rövidzárlatvédelmének kérdésénél röviden

meg kell még emlékeznünk az erőművek együttműködésével kapcsolatban az üzemfolytonosságról is. Nevezetesen arról, hogy az együttműködő rendszerek között oly — bontható — kapcsolatoknak kell lenni, amelyek valamelyik erőműrendszer kiesése esetén rövid idő alatt oldódnak, és így az együttmaradó rendszereket a káros túlterheléstől megóvják. Ily védelmi szervek kialakítása különösebb nehézséget nem jelent, de fontos, hogy ezek a szétesési pontok tervszerűen legyenek megállapítva. E védelmeket általában *üzemfolytonossági védelemnek* nevezhetjük. Aránylag egyszerűen felépíthetők a túláramrelék és energiaiárnyrelék kombinációjából.

Az együttműködési hálózatok védelménél egyszerűbb feladat az elosztó hálózatok rövidzárlat- és földzárlatvédelme. Az elosztóhálózatok általában az együttműködési rendszerek csomópontjaiból indulnak ki. Ezek a csomópontok a transzformátorállomások. A középfeszültségű elosztóhálózatok kevés kivétellel sugaras rendszerűek, amikor is a zárlatvédelmet megfelelően lépcsőzött *túláramidő relékkel* egyszerűen meg lehet oldani. Valamivel bonyolultabb a kérdés, ha ezen elosztóhálózatok párhuzamos rendszerekből, körvezetékekből vagy hurkoltvezetékekből állanak. Ily esetekben az egyszerű *túláramidő védelem* már nem kielégítő megoldás, hanem energiairányrelékkel, összehasonlító védelemmel vagy távolsági védelemmel kell kiegészíteni.

A túláramidőrelék jelleggörbéit 13. és 15. ábráink tüntetik fel. Éspedig a 13. ábra, az u. n. korlátoltan függő túláramrelé $t = f(J)$ görbéjét, amely alsó részén az áramerősségtől függetlenné válik. A 14. ábra az u. n. független túláramidőrelé — különböző értékekre beállítható — jelleggörbéit mutatja. Sok esetben jól használható a kiválasztóképesség fokozására a 15. ábrán látható független túláramidőrelé jelleggörbe, lépcsős beállíthatóságával. Alkalmazására például szolgál a 16. ábrán látható hálózatkép.

A 17. ábrán bemutatjuk, hogy az utóbbi — lépcsős árambeállítású — túláramrelék közbeiktatásával miképpen lehet jó fedővédelmet biztosítani sugaras hálózatban, ill. hogyan lehet az időlépcsőket is csökkenteni. A 16. ábra figyelembevételével az elv könnyen áttekinthető.

A sugaras hálózatok időlépcsős túláramvédelmének hátránya, hogy sok lépcső egymásután való alkalmazása esetén a táppontokon a rövidzárlati lekapcsolás ideje nagyra — 4—5 mp-re is — megnő. Ez hátrányos egyrészt a stabilitás szempontjából, másrészt a rövidzárlat hosszú ideig fennálló romboló hatása miatt. E hátrány csökkenthető megfelelő hálózattervezéssel, szabatos működésű, kis időlépcsőket lehetővé tevő relék alkalmazásával és azzal, hogy az elosztórendszer egyes részeit szakaszvédelemmel látjuk el.

A sugaras középfeszültségű hálózatok védelménél eddig elég elhanyagolt kérdés a *nagyfeszültségű olvadóbiztosítók* alkalmazása. Pedig ezek célszerűen alkalmazhatók alárendeltebb jelentőségű hálózatrészeken, de feltételük a szabatos kiolvadási karakterisztika és a kielégítő lekapcsolási teljesítmény, valamint az olcsó beszerzési ár.

Szabatos jelleggörbéjű biztosítók jól beilleszthetők a hálózat lekapcsolási időlépcsőibe és így a kiválasztás (szelektívitás) elérhető.

A kisfeszültségű elosztóhálózatok védelméről itt csak röviden akarunk szólni. Ezek jellege különböző, s a rajtuk átviendő teljesítményektől, a velük szemben támasztott üzembiztonsági igényektől stb. függ. E célra legnagyobbrészt alkalmasak az olvadóbiztosítók és csak kivételesen kerül sor az önműködő túláramkapcsolók alkalmazására. Természetesen fontos, hogy e túláramvédelmek kiválasztó jellege minél jobban érvényesüljön. Mint felső határesetet említjük meg a nagyteljesítményű kisfeszültségű hurkolt hálózatokat. Ezek védelme megfelelő jelleggörbéjű olvadó biztosítókkal és a táppontokon visszáramszakítókkal tökéletesen megoldható.

A hálózatok védelmével kapcsolatban jelentős szerepük van a transzformátor-védelmeknek is. Az ú. n. Buchholz-védelem általában csak nagyobb transzformátoregységek (1 *MVA* felett) védelménél jön szóba, kisebb transzformátoroknál inkább a melegedésvédelmek kerülnek előtérbe üzemük természetéből kifolyólag. A legszerényebb transzformátorvédelem a megfelelő jelleggörbéjű olvadó biztosító, amely főkép vidéki hálózatoknál kerül alkalmazásra, szolgálván egyben megszakításul is.

A középfeszültségű elosztóhálózatokkal kapcsolatban nem hanyagolható el a *földzárlat-védelem* kérdése sem. Az együttműködési hálózatoknál erről nem kell szólnunk, minthogy azok hazai viszonylatban földelt csillagpontúak, az elosztó hálózatoknál azonban a helyzet nem ilyen egyszerű.

A földzárlat-védelem tárgyalását a hálózatok földzárlat-kiegyenlítésének kérdésével kell kezdeni, hangsúlyozva ennek fontosságát, mert az ívelő földzárlatok túlfeszültséget gerjesztő hatása folytán nagykiterjedésű üzemzavarok keletkezhetnek, és értékes hálózati berendezések pusztulhatnak el. Megállapítható, hogy minden 15—35 kV-os, középfeszültségű szabadvezetékes elosztó hálózatnál, amelynek kiterjedése nagy és így töltőárama is jelentős (>5 Amp.) oltótekercset kell alkalmazni. Kábelhálózatoknál az oltótekercs alkalmazása nem jár előnnyel, ezért itt a csillagpontoknak merev földelése (rövid földelés) vagy ohmos ellenálláson való földelése (hosszú földelés) kívánatos. E megoldások révén elérhető, hogy nem fognak oly ívelő földzárlatok fellépni, melyek komoly károkat okozhatnak.

Minthogy kábelhálózatoknál a csillagpontnak ú. n. hosszú földelését hazai viszonylatban eddig nem alkalmazták, e megoldásra külön is felhívjuk a figyelmet és rámutatunk arra, hogy kábelhálózatoknál oltótekercsek alkalmazása távolról sem nyujtja azokat az előnyöket, mint a szabadvezetékes hálózatoknál. Nagyobb kábelhálózatoknál ugyanis számottevő értékű maradék árammal kell számolni kiegyenlítés esetén is. Ez a földzárlatos hibahelyet átégeti és így rövidzárlatot okoz. Ezért oltótekercs alkalmazása esetén sem lehet néhány másodpercnél hosszabb ideig földzárlatos üzemet tartani a kábeleknél. Ezenfelül a kiterjedt kábelhálózatok hossza — hálózati átkapcsolások révén —

gyakran változik. Ilyenkor az oltótekercseket megfelelően át kell hangolni. Emiatt az oltótekercseknél üzem alatt is kezelhető átkapcsolóberendezésre van szükség, az áthangolás elmulasztása pedig, amire a valószínűség megvan, a kiegyenlítés hatásosságát csökkenti.

A kábelhálózatok csillagpontjának hosszú földeléséhez alkalmazandó ohmos ellenállás értéke a hálózat jellemző villamos adataiból határozandó meg. E földelő ellenállás felső határértékét úgy kell megállapítani, hogy egy kábelér földzárlata alkalmával 1 periódusváltás alatt a nem földelt fáziserek töltésének energiája a földelő ellenálláson felemésztődjék, azaz meleggé alakuljon át. Ilymódon a földzárlati ív visszagyujtását megakadályozzuk.

A töltési energia $N_t = 6E_f^2C$,

a kisütési energia $N_k = RI^2T$

$$N_t = N_k \text{ esetén } 6E_f^2C = R\frac{1}{\omega}9E_f^2C^2\omega^2,$$

amiből $$R = 2 \cdot \frac{1}{3C\omega}$$

ahol
E_f = fázisfeszültség
C = egy ér kapacitása a földhöz,
R = a földelő ellenállás Ohmokban,
ω = a körfrekvencia.

A földelő ellenállás alsó határértékét az szabja meg, hogy ne lépjen fel megengedhetetlenül nagy föld-rövidzárlati áram, amely a kábelköpenyre, illetve szerelvényekre káros lenne. Alsó határnak azt az ellenállást lehet választani, amelynek alkalamazásával a földbe folyó áram ohmos összetevője egyenlő a kapacitív összetevővel.

Így tehát

$$I_R = I_C \text{ esetén az ellenállás alsó határértéke } R = \frac{1}{3C\omega}$$

A földáramok minél egyenletesebb elosztása és a hálózatok részekben való üzembentartása miatt célszerűbb a földelő-ellenállást nem koncentráltan, hanem a hálózaton arányosan elosztva alkalmazni.

Meg kell említeni, hogy a földzárlat-kiegyenlítés kérdése általában nem oly egyszerű, mint első pillantásra látszik. A rezonancia-jelenségek, maradékáramok keletkezése, megfelelő kiválasztó védelem alkalmazása stb. a kérdés gondos vizsgálatát teszik szükségessé minden esetben, de különösen az egészen nagyfeszültségű hálózatoknál.

Minthogy a földzárlatról — kiegyenlítés esetén is — azonnal tudomást kell szerezni, erre a célra különféle ismeretes megoldások vannak. Ilyenek pl. az irányérzékeny ($\cos\varphi$, $\sin\varphi$) földzárlat-relék, melyek szelektív védelemre alkalmasak, vagy feszültség-, vagy áramaszimmetrián alapuló relék, melyek nem kiválasztójellegűek. Aránylag nehéz kérdés a földzárlat jelenlétének megállapítása oltótekercsekkel való kiegyenlítés esetén. Ezért utalunk egy elmés megoldásra, mely az oltótekercccsel párhuzamosan megfelelő ohmos ellenállást alkalmaz.

A földzárlatkiegyenlítés és jelzés kérdései egyébként eléggé ismertek, ezért ezekkel nem kell bővebben foglalkoznunk, de hangsúlyoznunk kell — ismételten — a földzárlatok káros hatásai ellen való védekezés nagy fontosságát.

A villamos energia-átviteli rendszerek a rövidzárlatokon kívül ki vannak téve a túlfeszültségek káros hatásainak is, különösen szabadvezeték-hálózatoknál. Ezért a védelmi kérdések tárgyalása során ezekre is ki kell — hacsak néhány szóban is — térnünk.

A *túlfeszültség-védelem* kérdéseit eleve két területre oszthatjuk. Az egyik azon megoldásokat tartalmazza, amelyekkel csökkenteni akarjuk a túlfeszültségek keletkezését. A másik terület a túlfeszültséglevezetőké,amelyek hivatva vannak a keletkezett légköri-túlfeszültségek káros hatását minél nagyobb mértékben korlátozni.

A légköri eredetű túlfeszültségek csökkentésére szolgálnak a szabadvezetékeket árnyékoló földvezetékek, amelyeknek alkalmazása vasszerkezetű és vasbetonoszlopok esetén minden nagyfeszültségű hálózatnál kívánatos. Faoszlopos vezetékhálózatoknál vannak e megoldásnak hátrányai, azért nincsenek általánosan használatban.

Ki kell emelni annak fontosságát, hogy a földelő vezetékek alkalmazása esetén is minél kisebb ellenállásúak legyenek a vezetéktartó oszlopok földelései, különben annak védőhatása nem fog megfelelően érvényesülni (villámvisszacsapás). Az ívelő földzárlatokból keletkezett túlfeszültségek megelőzésére alkalmas megoldásokkal az előbbiekben — a földzárlat-védelem során — már foglalkoztunk.

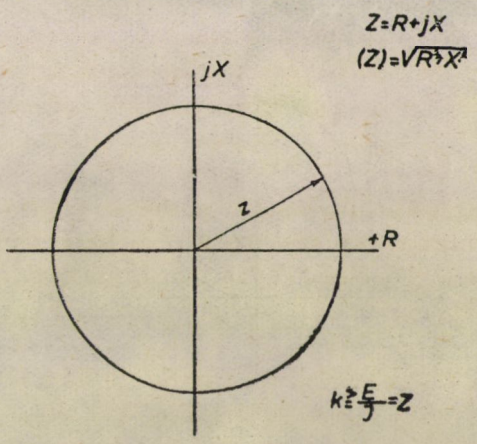
A túlfeszültség-levezetők alkalmazására elsősorban a transzformátoroknak a légköri túlfeszültség ellen való védelme céljából van szükség. Míg azonban a középfeszültségű hálózatoknál e túlfeszültség-levezetők alkalmazása feltétlenül indokolt, addig az egészen nagyfeszültségű (60—120 kV) távvezetékhálózatokkal kapcsolatban világszerte nem alakult ki határozott, véglegesnek tekinthető egységes álláspont túlfeszültség-levezetők alkalmazása tekintetében.

E kérdéssel kapcsolatban rá kell mutatnunk arra, hogy a szigetelési szilárdság fokozatainak célszerű koordinálása a berendezések megóvása, illetve a keletkező károk szempontjából fontos feladat. Kétségtelen, hogy korszerű túlfeszültség-levezetők alkalmazása lehetővé teszi a berendezés szigetelésének gyengítését, aminek gazdasági előnyei vannak.

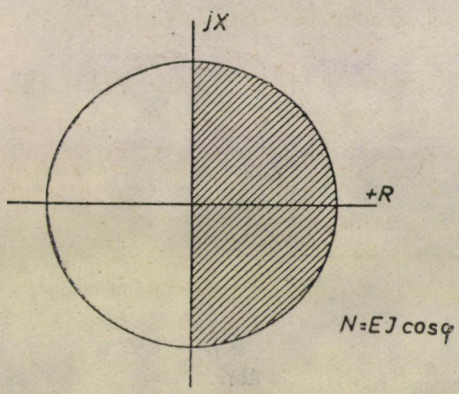
A túlfeszültség-levezetők elméletének, különféle rendszereinek ismerte-

tése hosszúra nyujtaná e rövid tanulmányunkat, de azért szükségesnek tartjuk annak megemlítését, hogy az aránylag egyszerű és olcsó oltócsöves levezetők jól alkalmazhatók közép- és nagyfeszültségű szabadvezeték-hálózatokon és gyártásuk is könnyen megvalósítható lenne.

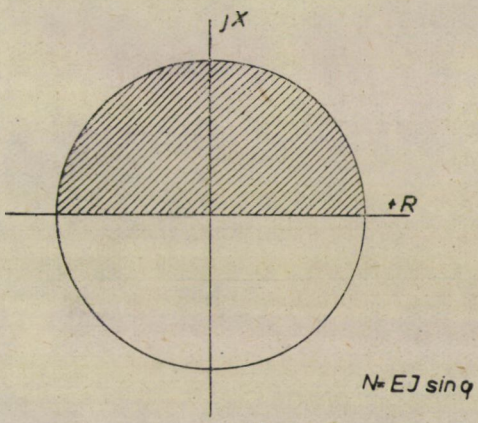
Befejezésül legyen szabad arra utalnunk, hogy hálózatok zárlat- és túlfeszültségvédelme ma már az elektrotechnika külön tudományává fejlődött, és — fontosságának megfelelően — még egyre fejlődőben van. Nyilvánvaló, hogy ily módon e rövid tanulmányunk távolról sem érinthette annak minden részletét. Célunk csupán az volt, hogy — vázlatosan, egész nagy vonásokban — bemutassuk a fejlődés irányát, elsősorban a hazai alkalmazás időszerű kérdéseinek szempontjából.



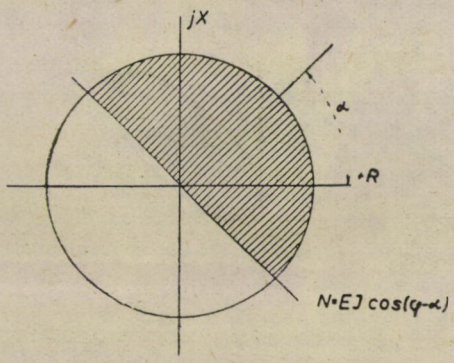
1. ábra.



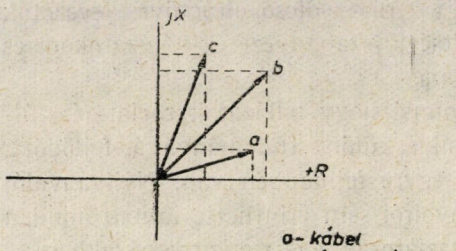
2. ábra



3. ábra.

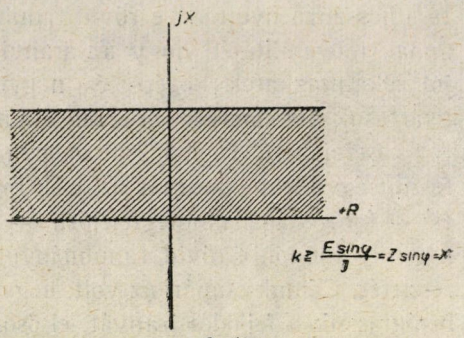


4. ábra.

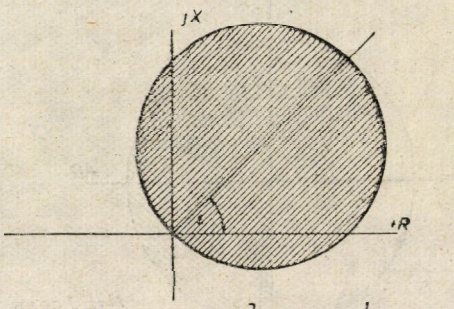


a- kábel
b-távvezeték
c-transzformátor

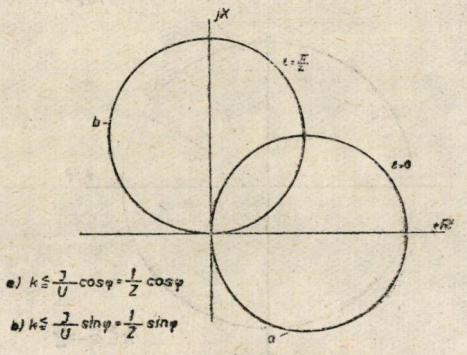
5. ábra.



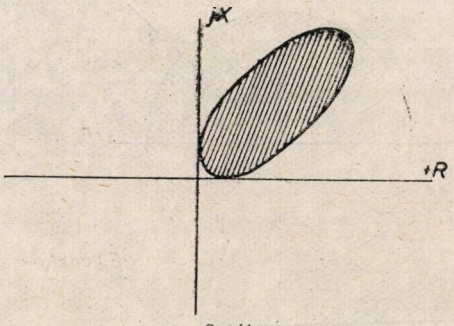
6. ábra.



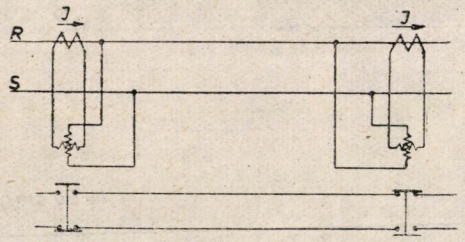
7. ábra.



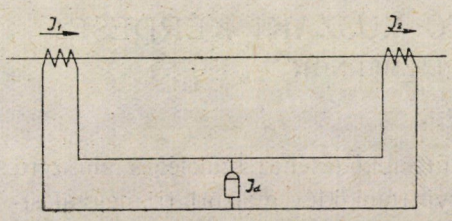
8. ábra.



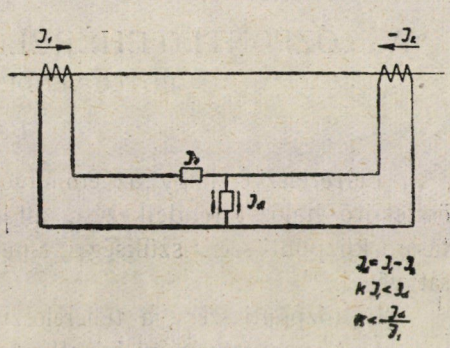
9. ábra.



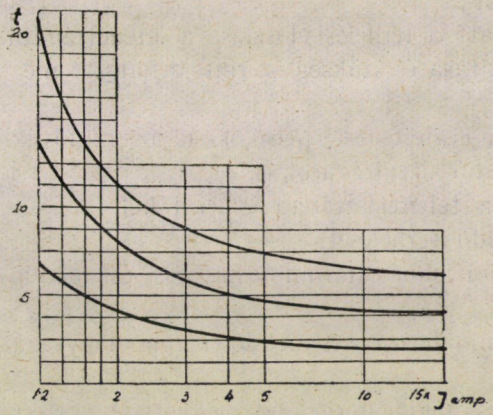
10. ábra.



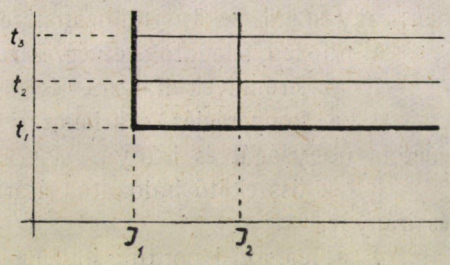
11. ábra.



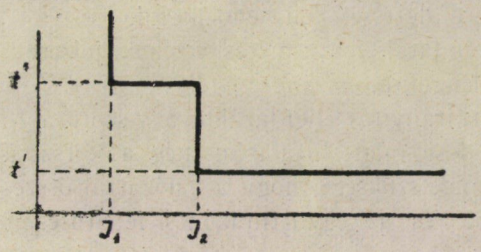
12. ábra.



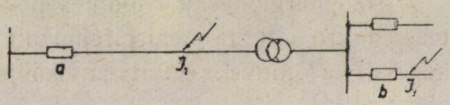
13. ábra



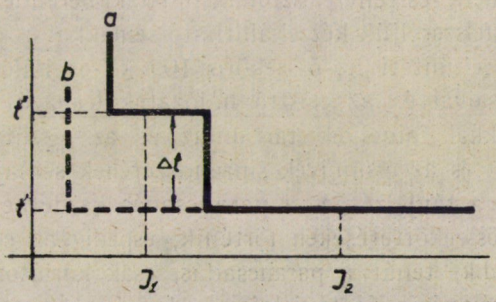
14. ábra.



15. ábra.



16. ábra.



17. ábra.

A KÖZPONTI TEHERELOSZTÓ MŰSZAKI KÉRDÉSEI

BOTLÓ VENDEL GÉPÉSZMÉRNÖK

Bevezetés

Feltételezve, hogy az erőművek együttműködéséhez szükséges korszerű összekötő hálózat rendelkezésre áll, az együttműködés gyakorlati megvalósítására központi szerv szükséges, amely az együttműködés folyamatos irányítását végzi.

E központi szerv a terhelosztó. Ennek feladatai:

1. a nap folyamán jelentkező hasznos és meddő terhelés elosztása az erőművekre, vagyis menetrend kiadása;

2. ha külső vagy belső okok miatt a terhelés eloszlása a menetrendtől eltér, a menetrend haladéktalan módosítása és szükség szerint a hálózat megfelelő átkapcsolása.

Külső oknak tekintjük a hirtelen elsötétedést, belső oknak az erőművekben vagy az összekötő hálózaton fellépő üzemzavarokat.

Mindezen feladatok elvégzésére a terhelosztóban ismerni kell:

1. az erőművek hasznos és meddő terhelését,

2. a kooperációs csatlakozási pontokon átáramló hasznos és meddőenergia nagyságát és irányát,

3. az összekötő hálózaton átáramló hasznos és meddő energia nagyságát és irányát,

4. a leágazási pontok hasznos- és meddő terhelését,

5. az együttműködő rendszer kapcsolási állapotát. S végül

6. parancsok adására alkalmas berendezéssel kell rendelkezni.

A központi teherelosztó műszaki feladatai tehát: mérési értékek, jelzések, parancsok átvitele kisebb-nagyobb távolságokra.

A megoldás módja szerint a központi irányítás lehet lazább vagy szorosabb.

Az energia-igény rohamos növekedése miatt általában még a korszerű terhelosztó létesítése előtt felmerült annak szüksége, hogy a hálózattal összekapcsolt erőművek együtt működjenek, és az együttműködés lehetőségeit kihasználjuk.

Egy ilyen kezdetleges terhelosztónak műszaki berendezése abból áll, hogy a vezénylő-termet felszereljük kézzel állítható sémákkal és pedig egy fősémával, a mi esetünkben feltünteti az összekötő 100 kV-os hálózatot az erőművek csatlakozó állomásaival és az elosztó hálózatok leágazó állomásaival; azonkívül mellékséмákkal, amelyek tartalmazzák az együttműködő erőművek vázlatos hősémáját és az erőművek sínrendszerének sémáját.

A távmérés, a távjelzés és a parancsadás kezdetben a póstától bérelt közvetlen telefon-összeköttetéseken történik, éspedig az első kettő csak jelképesen, a harmadik, tehát a parancsadás, csak korlátozottan.

E képletes távmérés és távjelzés rendes üzemben azt jelenti, hogy az

erőművek és állomások szolgálatos személyzete telefonon bejelenti az üzemmel kapcsolatos változásokat — ezeket a terhelosztó szolgálatos személyzete kézzel a sémákon beállítja — és óránként bejelenti a terheléseket — ezeket a terhelosztó feljegyzi, illetve a diagrammban felrajzolja.

Üzemzavar esetére azonban az együttműködő rendszert önálló területekre kell felbontani, amelyeken a legnagyobb erőmű irányítja az üzemzavar megszüntetését, de azt is csak olyan mértékig, amilyen mértékig az erőműből kiinduló összekötő hálózat kevés mérési adata és az e területhez tartozó erőművek és állomások közötti telefon-összeköttetések megengedik. Amennyiben az üzemzavar miatt teljesítménykiesés lép fel, a központi terhelosztó csak ezen önálló területek erőműveinek kérésére avatkozik be az üzemzavar megszüntetésébe oly módon, hogy a kooperáló területek egyikéből a másikába a hasznos vagy meddő energiát áttereli. A központi terhelosztónak már ezen kezdetleges műszaki berendezése is lehetővé teszi a villamosenergia gazdaságosabb termelését és a tartalékok jobb kihasználását, de az üzemzavarok kiterjedésének csökkentésére és gyors kiküszöbölésére kevés lehetőséget nyujt.

Minél kiterjedtebb az együttműködő rendszer és minél nagyobb energiaigényeket kell kielégíteni, annál kevésbbé alkalmas e laza központi irányítás a feladatok megoldására, át kell tehát térni a tényleges és folyamatos távmérésre, az önműködő távjelzésre és a mérési értékeknek, valamint a kapcsoló állomások mindenkori kapcsolási állapotának könnyen áttekinthető sémán való feltüntetésére.

A távmérés

A távmérés problémája abban áll, hogy a helyszínen a műszerek működtetésére alkalmazott fizikai jelenségeket át kell alakítani olyan jelenségekké, amelyek hangfrekvencián, illetve rádiófrekvencián továbbíthatók, majd a terhelosztóban e jelenségeket vissza kell alakítani mutató és regisztráló műszerek működtetésére alkalmas jelenségekké. Minthogy a központi terhelosztókat elvileg a legnagyobb fajlagos terhelésű fogyasztói területen helyezik el, nálunk Budapesten, a központi terhelosztó környezetében lévő állomások és erőművek mérései hangfrekvencián és telefonvezetéken átvihetők.

Biztonsági szempontból azonban a távbeszélő-vezetékek mégsem megfelelők, mert az elosztó-szekrényekben és távbeszélő-központokban az átmenő kapcsok által való gyakori megszakítás lehetősége nem elégíti ki ama maximális biztonsági igényeket, amelyeket a távméréssel és a távjelzéssel szemben támasztunk, s így üzemi hálózat lefektetése szükséges.

A távméréssel szemben támasztott műszaki igény abból áll, hogy a távmérésnek folyamatosnak kell lennie és a mérés megengedett hibahatárain túlmenő hamis mérési értékeket feltétlenül ki kell küszöbölnie.

Ezen igény kielégítésére a legváltozatosabb megoldások születtek. Ezek közül az európai gyakorlatban leginkább az impulzus gyakoriságának elvén felépített műszerek terjedtek el. (1 ábra.)

Az impulzus-gyakoriság elvének alkalmazása ugyanis nagyfokú biztonságot jelent a mérési értékek átvitelénél, mert csaknem teljesen független az összekötő vezetékek villamos tulajdonságainak átmeneti változásaitól. Amennyiben ugyanis az impulzus a vevőkészülékig olyan áramerősséggel jut el, hogy a vevő jelfogók meghúznak, a folyamatos és hibátlan mérés biztosítva van.

Mind hasznos, mind meddő terhelés mérésére alkalmas adóműszer az indukciós számláló, amelynél a tárcsa fordulatszáma arányos a terheléssel. Ha a tárcsa tengelyére kollektort szerelünk, annak segítségével áramot szaggathatunk, és így a terheléssel arányos impulzusokat létesíthetünk.

Az energia áramlási irányát pedig úgy jelezzük, hogy a kollektor keféit adott alapimpulzusnak megfelelő állandó fordulatszámmal forgatjuk. Gyakorlatilag válasszuk az alapimpulzusok számát 6 imp./sec.-ra. Ha a tárcsa + forgásiránya mellett a változó impulzusok száma szintén 6 imp/sec., akkor pozitív irányú maximális energiaáramlás mellett az eredő impulzus 12 imp/sec., negatív irányú maximális energiaáramlás mellett pedig 0 imp/sec. A vevőműszer középállása, tehát az alapimpulzus számának megfelelő 0 osztás, a két szélső állása pedig a 0 impulzus számának és a 12 impulzusszámnak megfelelő negatív, illetve pozitív áramlási irányú maximális osztás lesz.

A kollektoros adó műszaki problémája a másodpercenként létesíthető impulzusok száma, melynek határt szab a kefe kopása, tehát a kollektor kerületi sebessége, illetve a kis kerületi sebességnél az elhelyezhető segmensek száma és az adó, illetve vevő jelfogó teljesítménye, melytől évi 300 000 000 kapcsolást követelünk meg.

A kollektor problémája elektronikus módszerrel megoldható olymódon, hogy az adó tárcsáját kerületén kilyukgatjuk és a lyuknak alá fényforrást, föléjük pedig fotócellát helyezünk. A fotócella által szaggatott áramot annyira felerősítjük, hogy képes legyen a mechanikus jelfogót működtetni. A jelfogók problémája szintén áthidalható azáltal, hogy mechanikus jelfogó helyett elektronikus jelfogót alkalmazunk. Ilyen megoldások hátránya, hogy nagy az üzemi költségük.

A központi teherelosztóba befutó impulzusoknak visszaalakítása mérési értékekre legegyszerűbben úgy oldható meg, hogy az adó impulzusainak ütemére működő fogadó jelfogóval kondenzátorokat töltünk és sütünk ki és mérjük a töltő áramot.

A vevőkészülék műszaki problémáját abban foglalhatjuk össze, hogy egyrészt a mutató, illetve regisztráló műszerek működtetésére elegendő nyomatékot kell létestíeni, másrészt az egyes mérési értékekből tetszés szerinti csoportosításban összegeket és különbségeket kell tudni képezni. Az említett kondenzátoros vevőkészülékeken kívül ezen követelmények kielégítésére különböző műszaki megoldások alkalmasak.

Az indukciós számláló elve megfelelő tekercsek ráhelyezésével nemcsak teljesítménytávmérésre, hanem feszültség távmérésre is alkalmazható.

Áramerősség mérésére egyenirányított váltakozó árammal működő egyenáramú számláló használható fel.

A távjelzés

A távjelzőberendezések működése impulzusok átvitelével ugyancsak megoldható, ez esetben a készülékek a gépesített telefonközpontok készülékeiből alakíthatók ki.

A távbeszélő forgalomhoz viszoyítva azonban, itt teljes biztonságot követelünk, tehát a távjelzés problémája abban áll, hogy a téves jelzések létrejöttét teljesen ki kell zárnunk. Minthogy az átvitelnél idegen impulzus belépése vagy impulzusok kiesése és a gép belső meghibásodása elkerülhetetlen, olyan biztosító áramköröket kell a folyamatba beiktatni, amelyek hiba esetén a jelátvitel létrejöttét megakadályozzák és helyette hibajelet adnak.

Az összeköttetés

Míg a helyi (városon belüli) mérésnél és jelátvitelnél a telefonkábel minden tekintetben kielégítő, addig távolsági (városon kívüli) átvitelnél a telefonkábel vagy a szabad vezeték biztonság szempontjából nem kielégítő. Az ilyen üzemi összeköttetés létesítési és karbantartási költségei is olyan nagyok, hogy ez a megoldás egyáltalán nem gazdaságos.

Távolsági átvitelre legcélszerűbb megoldás (2. ábra) a meglevő nagyfeszültségű távvezeték felhasználása rádió frekvenciájú vivő hullám részére. Műszaki és rádiószervezeti okokból erre a célra azonban csak az 50 kH—300 kH-ig terjedő sáv áll rendelkezésre. Ez a körülmény a megoldandó műszaki problémák egész tömegét veti fel.

Áthallás miatt ugyanis a vivő frekvenciáknak egymástól való távolsága a 10 kH alatt nem lehet, ami azt jelenti, hogy a terhelosztó környezetében 25-nél több vivő frekvencia nem találkozhatik. Ennyi vivő frekvencia pedig a terhelosztó, az erőművek, valamint az állomások között a közvetlen távmérési távjelzés, és parancsadás céljaira nem elegendő. Az igényeket tehát a szoros központi irányítás rovására le kell szállítani és meg kell elégedni

1. az erőművekben a hasznos és a meddő teljesítmény,
2. a kooperációs csatlakozásokban az áramerősség,
3. az összekötő hálózatban az áramerősség méréseivel,
4. az erőművek és az állomások sínrendszerének távjelzésével,
5. az erőművek és az állomások közötti telefon-összeköttetéssel.

E leszállított igények sem teljesíthetők azonban közvetlen kapcsolattal, tehát folytonos egyidejű adással, hanem csak ciklikus adással, amely a folyamatok idejét megnyújtja, a berendezés biztonságát csökkenti, és lényegesen bonyolultabb adó- és vevőkészüléket igényel.

A séma

A teherelosztóban mind a helyi, mind a távolsági összeköttetések révén átvitt mérési adatokat és jelzéseket oly módon kell feltüntetni, hogy a terhelés eloszlásáról és az összekötő hálózat kapcsolási állapotáról a szolgálatot teljesítő személyzet bármely pillanatban teljes áttekintést nyerjen. Erre szolgál a főséma. (3. ábra)

A kezdetleges teherelosztás igényeit kielégíti a kézzel állítható vakséma is, korszerű teherelosztóban azonban a gyors áttekinthetőség érdekében a mérési adatokat és a távjelzéseket is fel kell a fősémán tüntetni, tehát az áttekinthetőség szempontjából fontos műszereket a sémába be kell építeni és a kapcsolók állásváltozásait a kapcsoló szimbólumok megvilágítása révén fényjelezni.

A legtökéletesebb áttekintést akkor nyerjük, ha nemcsak a kapcsolókat, hanem a mindenkori táplálási helyzetnek megfelelően, az összekötő vezetékeket is megvilágítjuk. A sémának ilyen kivitele a világító séma.

A teherelosztó fősémájának műszaki problémái abban állanak, hogy

1. a séma méreteit a kezelhetőség és áttekinthetőség szempontjából helyesen kell megállapítani, mert magassági méretét a kapcsolók szimbolumainak kézzel való elérhetősége, szélességi méretét pedig a láthatóság távolsága, illetve a még kényelmes láthatóság szöge korlátozza,

2. a folyamatos fejlődés miatt a sémának könnyen átalakíthatónak kell lennie.

Minél nagyobb az együttműködő rendszer terjedelme, annál nehezebb a kezelhetőség és áttekinthetőség feltételeinek kielégítése; minél nagyobb a fejlődés üteme, annál alkalmatlanabb a fejlődés követésére a világító séma. Az utóbbi nehézséget azonban jól átgondolt tervgazdálkodás lényegesen csökkkenti, mert a tervek ismeretében, a sémán megfelelő tartalékhelyről lehet gondoskodni.

Befejezés

A teherelosztás az erősáramú és gyengeáramú műszaki tudományok ölelkezési területe, s e hozzászólás célja az volt, hogy az erősáramú tudományok szempontjából rámutassunk azon igényekre, amelyeket a gyengeáramú tudománnyal szemben támasztunk. Mint láttuk, a gyengeáramú megoldások mai formái még igen sok korlátozást tartalmaznak, amelyek a központi irányításban lazaságot eredményeznek. Ez gyakorlatilag abban nyilvánul meg, hogy a kooperáció területi felosztását nem lehet teljesen elhagyni.

Kérdés, hogy mind az erősáramú, illetve kalorikus oldalon, mind a gyengeáramú oldalon milyen lehetőségek állanak még rendelkezésünkre.

Az erőművek és az állomások villamos berendezéseinek átalakításával, önműködő szinkronizáló berendezések felszerelésével megvalósítható a kapcsolókat

műveleteknek a telherelosztóból való végrehajtása. Az »egy gép egy kazán« közös egység megvalósításával és a kalorikus folyamatok önműködővé tételével lehetséges a teherelosztásnak a teherelosztóból távkormányzás útján való szabályozása és üzemzavar esetén a tartalékegységeknek a teherelosztóból való megindítása is.

Ilyen mértékű automatizáláshoz azonban még több mérési adat, jelzés és parancsátvitel szükséges, amelyre a vivőfrekvenciás rendszer a rendelkezésre álló keskeny frekvenciasáv miatt nem megfelelő.

A távmérés megoldása a teljes áttérés az elektronikus elven felépülő készülékekre. Ez az impulzusoknak fotocellás előállításával, a mechanikai jelfogónak elektronikus jelfogókra való kicserélésével, illetve a frekvenciaváltozás elvén felépülő adó és vevőműszerrel elérhető.

A frekvenciaváltozás elvén felépülő távmérőkészülék (1. ábra) elvileg úgy működik, hogy az adó és vevő műszer olyan mutató műszer, melynek tengelyére rezgőkör varióméterének mozgó tekercse fixen fel van erősítve. Frekvenciaváltozás esetén a vevőkészülék rezgő köre hangolatlanná válik, melynek következménye, hogy a feszültség összegező rendszeren keresztül a rádiócső vezérlő rácsa eredő feszültséget kap és az anódáram erőssége emiatt megváltozik. Az áramerősség váltakozásának megfelelően a vevő műszer addig tér ki, amíg a rezgőkör a varióméter tekercslének elmozdításával az új frekvenciának megfelelően ismét hangolttá válik s így a vezérlő rácsra jutó eredő feszültség ismét nullává lesz. Az új egyensúlyi helyzet az adóműszer megváltozott kitérésétől függ.

Az elektronikus elvre való áttérés, mint már említettem, a távmérőberendezések mechanikus megoldásainak nehézségeit kiküszöböli.

A távjelző és a távkormányzó berendezés felépítése elektronikus elv alapján, a gépkapcsolású távbeszélőközpontok korszerűsítése révén, kísérlet alatt áll. Megoldása a folyamatokat rendkívül meg fogja gyorsítani.

Az összeköttetések számára két lehetőség áll még rendelkezésre éspedig :

1. az egy-oldal-sávos rendszer, amellyel a csatornák száma megkétszerezhető.

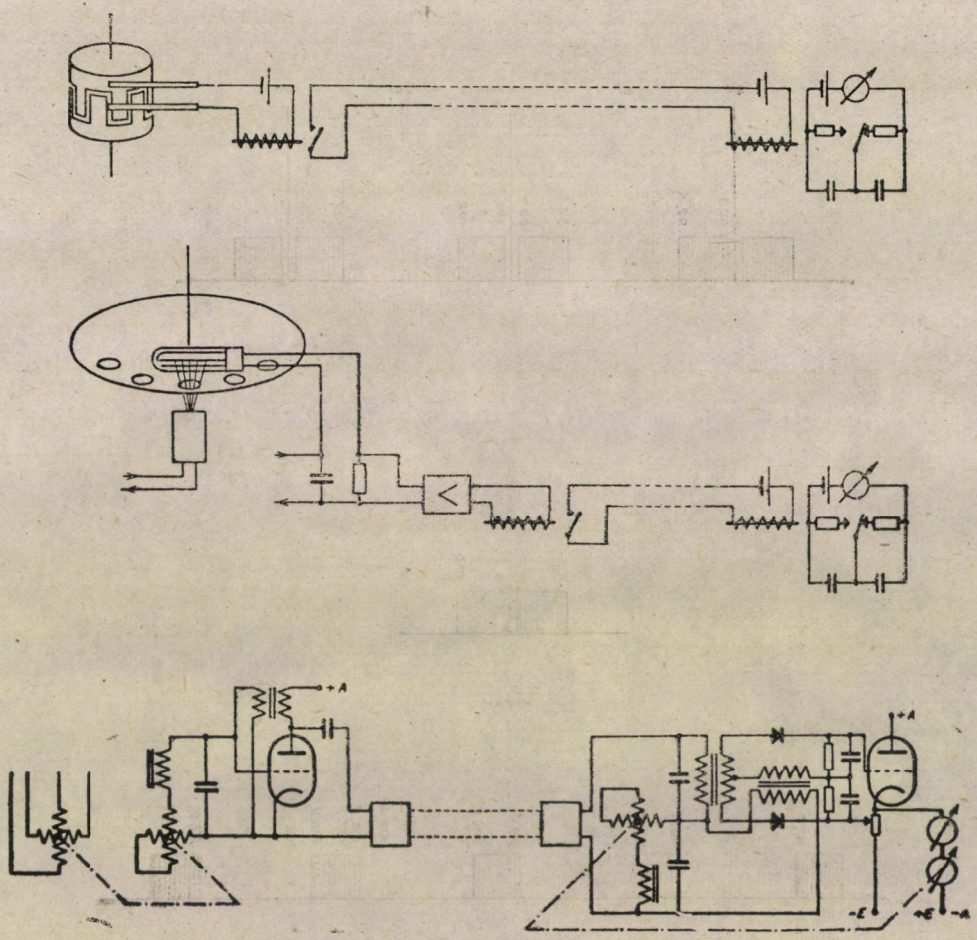
2. az ultrarövid hullámok, amelyekkel a csatornák szinte korlátlan számban képezhetők ki.

Ha az egyoldalsávos rendszernél is az áthallás miatt az oldalsávok szélének egymástól való távolságát 5 kH-re vesszük fel, a lefoglalt sáv 7,2 kH lesz. A rendelkezésre bocsátott sávban tehát 25 vivő frekvencia helyett 35-öt helyezhetünk el, amely szám a szűrők tökéletesítésével még tovább növelhető.

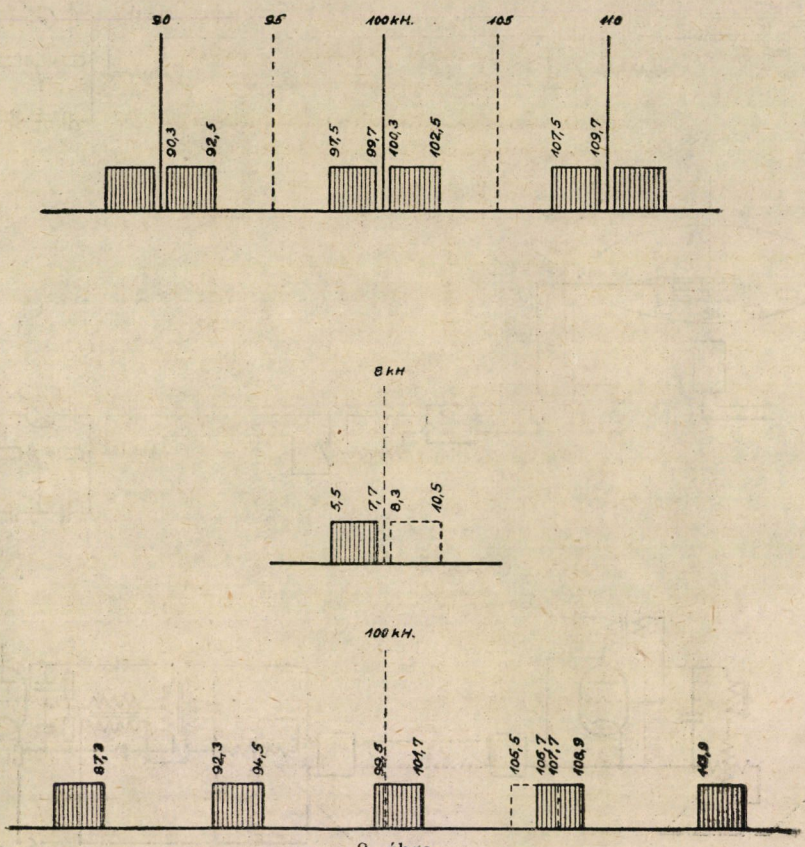
Összehasonlításképpen válasszuk az ultrarövid hullámú összeköttetésnél a vivőfrekvenciák egymástoli távolságát 100 kH-re, amely távolság ezen rendszernél áthallás miatt feltétlen szükséges, úgyhogy 10 000 kH sávra csak 100 vivőfrekvencia jut. Egy vivőfrekvenciára azonban 6 beszédcsatorna helyezhető el, tehát a 100 vivőfrekvenciával 600 beszédcsatorna, illetve 6000 önálló jelzőcsatorna képezhető.

Tekintettel arra, hogy terhelosztó céljára 1 000 000 kH-től 16000 000 kH-ig terjedő sáv ma még rendelkezésre áll, az ultrarövid hullámú átvitellel a problémák akadálytalanul megoldhatók lesznek, azonban a berendezések költségei a gyártás jelenlegi fokán rendkívül nagyok.

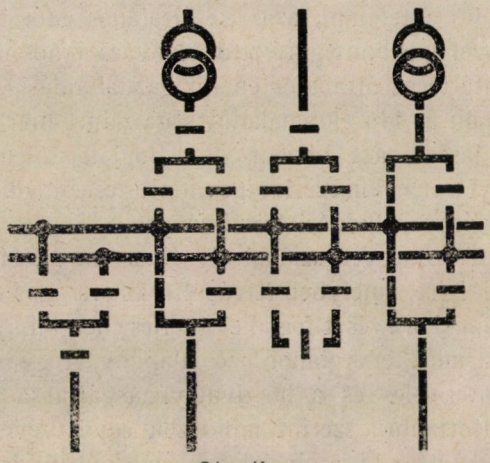
Az előadottak szerint a technikai tudományoknak e része fejlődésének még csak kezdetén van, s valószínű, hogy csak a közel jövőben fog nagy lépésekkel előrehaladni.



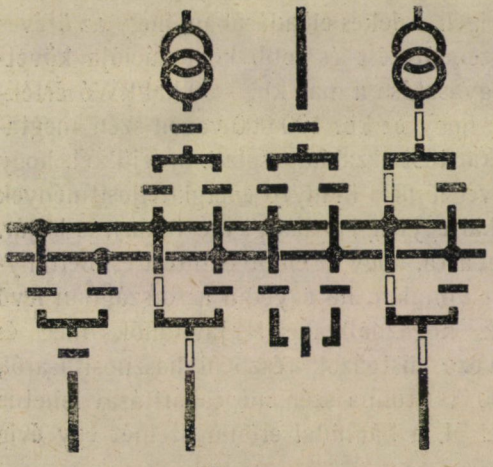
1. ábra.


90
95
100 kH.
105
110
90,3
92,5
97,5
99,7
100,3
102,5
107,5
109,7
8 kH
5,5
7,7
8,3
10,5
100 kH.
87,8
92,3
94,5
98,5
101,7
105,5
107,7
109,9
109,9

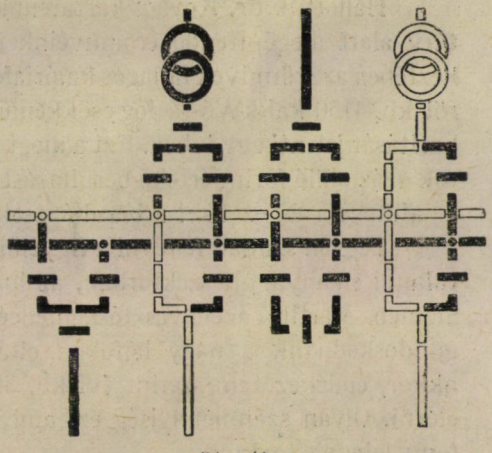
2. ábra.



3/a. ábra.



3/b. ábra.



3/c. ábra.

LÉVAI ANDRÁS gépészmérnök

Az idő rövisdége miatt legszűkebbre szabott hozzászólásom olyan témát fog érinteni, amely nem annyira a mai előadás, azaz a villamosenergiagazdálkodás, hanem inkább a tegnapi, azaz az általános energiagazdálkodás tárgykörébe tartozik. Mivel azonban egyrészt dr. Kovács akadémikus kartársunk mai előadásában is érintette az általános energiagazdálkodási szempontokat, másrészt a tegnapi napon az idő előrehaladottsága miatt már nem volt alkalom a hozzászólás elmondására, azt hiszem, nem fogják tőlem rossznéven venni, ha rámutatok egy, véleményem szerint igen fontos és eddig nem eléggé figyelembe vett általános energiagazdálkodási körülményre.

Ennek megértésére legyen szabad hivatkoznom dr. Heller kartárs tegnapi előadásának bevezetésére, amelyben felvázolta az országos energiaforgalom körvonalait, jelezvén, mekkora részt foglal el a teljes energiaforgalomban a villamosenergiatermelés — mint energiahordozó alapanyagfogyasztás — továbbá a hidraulikus energiatermelés és a hőszivattyúzás által a környezetből átvett energia. A bemutatott ábra szerint mindezek együttvéve az energiaforgalom egészének egy részét tették ki, aminek igazolását kaptuk dr. Kovács kartársunk mai előadásán bemutatott első ábrájából, amely szerint az ipar és a közlekedés együttvéve az energiaforgalom egészének kb. 60%-át teszik ki. Ez az a terület, amelyről az Akadémia Műszaki Osztályának az energiagazdálkodással kapcsolatos előadásain nem esett szó, amely pedig megérdemli, hogy vele közelebbről foglalkozzunk.

Hallottuk dr. Kovács kartársunk igen érdekes előadásában, hogy az ötéves terv alatt megépítendő erőműveink üzemeltetése és jobb kooperációja következtében az erőművek fajlagos kalóriafogyasztása a mai, kb. 5000 kal/kWó értékről kb. 4150 kal/kWó-ra fog csökkenni s hogy ez kb. 100 000 vagón szén megtakarítását jelenti egy évben. Ezt a megtakarítást azzal kapcsolatban érjük el, hogy sok százmillió forint értékű beruházást végzünk a hiányzó energiateljesítmények előállítására és ezekkel a beruházásokkal együtt gazdasági megtakarítás is jár.

Legyen szabad felhívni a figyelmet arra, hogy az előbb említett és méltánytalanul elhanyagolt szektorban, az ipar vonalán, ha egyedül az országban levő Siemens-Martin acélolvasztó-kemencék hőgazdálkodását javítanók meg és gondoskodnánk a nagy hőfokon eltávozó füstgázok részbeni hasznosításáról, akkor, emlékezetem szerint évi kb. 300 000 tonna szén megtakarítását lehetne elérni. Olyan szénmennyiség ez, amivel pl. a bánhidai erőmű üzemét egy évig fenn lehetne tartani.

Hasonló jellegű megtakarítást több helyen lehet elérni az iparban, csak foglalkozni kell ezekkel a kérdésekkel. Ha pedig mi nem foglalkozunk ezekkel eléggé, annak oka véleményem szerint az, hogy a könnyebb utat választjuk és a kisebb ellenállás vonalán járunk. Könnyebb ugyanis erőműveket építeni és racionalizálni, mert azoknak tervezése, építése és üzemeltetése egy gazdasági

szektor kezében van — amelyhez magam is tartozom — az ipar szerteágazó technológiai és gazdasági problémái mellett azonban az energiagazdálkodási kérdések eltörpülnek. Ezekhez hozzányulni csak a technológiai kérdések és folyamatok ismeretében szabad, mert különben a hibás intézkedések többet rontanak, mint amennyit használni akartunk. E berendezéseket jól kell tervezni és azután jól is kell üzemben tartani. Mindkét vonalon keveset tettünk eddig, pedig mint az említett példa is mutatja, rendkívül nagy lehetőségeink vannak.

Hozzászólásomat azzal a szándékkal tettem meg, hogy felhívjam a Tudományos Akadémia Műszaki Osztálya vezetőinek figyelmét arra, hogy itt olyan munkaterülettel állunk szemben, amelyet eddig — mint az elmúlt két nap előadásai is igazolják — igen nagy mértékben elhanyagoltunk, ahol pedig rendkívül sok tennivaló van, és ahol sürgősen cselekednünk is kell. Ha ugyanis a Párt és a kormányzatunk ma központi kérdéssé tette a széncsatát, és minden lehető segítséggel igyekszik a széntermelést fokozni, akkor nem szabad elhanyagolni a szénfogyasztás csökkentésének a lehetőségeit sem. Ilyenek fennállanak — mint az elhangzott értékes előadásokból és hozzászólásokból láttuk — a villamosenergia termelésének vonalán, de fennállanak az ipar vonalán is, és ez az a munkaterület, amelynek az eddiginél sokkal fokozottabb mérvű figyelembevételére a Tudományos Akadémia illetékeseinek figyelmét felhívni bátorkodom.

HÁLÓZATI KISMINTA A VILLAMOSÍTÁS SZOLGÁLATÁBAN

VAJTA MIKLÓS gépészmérnök

Hurkolt hálózatok

A villamos energiaszolgáltatás elterjedésével együttjárt az energiaelosztó hálózatok műszaki fejlődése is. A régebben egymással semilyen kapcsolatban nem lévő erőművekből kiinduló *sugaras hálózatok* üzembiztonsága nem volt megfelelő, mert hiszen a hálózatot tápláló fontosabb tápkábelek vagy tápvezetékek meghibásodása kiterjedt vagy az egész hálózatra, vagy legalább is annak nagyobb részére. Ugyanígy az erőmű hibája az egész hálózaton éreztette hatását. A műszaki fejlődés elég régen, még az egyenáramú kisfeszültségű elosztóhálózatoknál megvalósította az ú. n. *hurkolt hálózatot*. Ennek lényege abban áll, hogy sűrűn lakott területeken az egymást keresztező utcákban mindenütt lefektetett elosztókábelekről ágaznak le az egyes házakat, vagy különálló ipari fogyasztókat ellátó csatlakozások, az egymást keresztező kábelek a keresztezési pontokban egymással össze vannak kötve (ezek a csomópontok) és ezt az egész hálózatot több helyen: a táppontokban, az oda befutó és az erőműből kiinduló nagy keresztmetszetű tápkábelek látják el energiával. Ennek a hálózatnak megfelelő védelemmel ellátott megszakítói és olvadóbiztosítói gondoskodnak arról, hogy a meghibásodott fogyasztói csatlakozás, vagy meghibásodott kábel-

szakasz szelektíven választassék le a hálózatról anélkül, hogy az üzemzavar a fogyasztók nagyobb körére kiterjedne.

A váltakozóáramú és elsősorban a háromfázisú energiaátviteli rendszer elterjedésével igyekeztek az egyenáramú hurkolt elosztóhálózat előnyeit főkép városokban és ipartelepeken a háromfázisú elosztó hálózatokban is kihasználni, azonban ez csak bizonyos, erre a célra külön kifejlesztett olvadóbiztosítók és megszakítók segítségével, az 1920. és 1930. év közötti évtizedben sikerült. Nálunk Magyarországon a 30-as évek közepén létesült egy ilyen kisérleti, v. á. hurkolt elosztó hálózat az Új-Lipótvárosban. Az itt nyert jó tapasztalatok alapján ezt a rendszert a Fővárosi Elektromos Művek tervei szerint az ötéves terv során minél nagyobb mértékben igyekeznek a főváros áramellátásának biztonsága érdekében kifejleszteni.

Mindaddig azonban, amíg egy ilyen hurkolt elosztóhálózat tápkábelei *egyetlen erőműből* indulnak ki, az erőmű hibája esetén az üzembiztonság semmivel sem jobb, mint sugaras hálózat esetén. Az erőműveknek ezért kellő számú tartalékegységgel és berendezéssel kellett megépülniök. Hamarosan rájöttek azonban arra, hogy ugyanolyan módon, ahogy egy erőműben több generátor tud egymással párhuzamosan járni, és egy gépegység meghibásodása esetén a többi gépegység, ha nem volt teljesen megterhelve, a kieső gépegység terhelését részben, vagy egészen át tudja venni, ugyanígy *több erőművet egymással párhuzamosan járatva*, a tartalékok lényegesen csökkenthetők és az üzembiztonság mégis növekszik. Ezenfelül a különböző terhelési görbéjű fogyasztók, vagy fogyasztási körzetek közös ellátása a különböző időben jelentkező csúcsokkal azt eredményezi, hogy az eredő csúcsterhelés kisebb, mint a különálló csúcsok összege. Ez nemcsak az üzembiztonságnak, hanem az egész rendszer gazdaságosságának is további hatékony növelését segíti elő. Természetesen erőművek párhuzamos járása számos műszaki nehézséget jelentett az egy erőműben, egyszerű gyűjtősinen keresztül párhuzamosan járó generátorok üzeméhez képest. Amíg egy kisebb erőmű gyűjtősinje üzembiztos és gyakorlatilag semilyen impedanciát nem képviselő összeköttetést, tehát szoros villamos kapcsolatot jelent a párhuzamosan járó gépek között, addig a több, párhuzamosan járó erőművet összekötő kábel-, de kiváltképen szabadvezeték-hálózat: a *kooperációs hálózat* egyrészt jelentős impedanciát képvisel, tehát lazítja az együttműködő erőművek közötti villamos kapcsolatot, másrészt meghibásodásnak lényegesen nagyobb mértékben van kitéve, mint az egyszerű gyűjtősín; ezért a párhuzamosjárás üzemében ismételten előfordulhatnak ebből eredő zavarok. Meg kell itt említeni, hogy nagyobb ipari, vagy városi erőművek, amelyeknél a zárlati áramok csökkentése érdekében a gyűjtősineket a fojtótekercsekkel kell két vagy több szakaszra bontani, villamos szempontból semmiben sem különböznek az egymással kooperáló erőművek rendszerétől, üzembiztonság és a fentemlített zavarok szempontjából azonban természetesen jobb helyzetben vannak.

A fogyasztók igényeinek növekedésével és az áramszolgáltató vállalatoknak

a gazdaságosabb energiaellátásra irányuló törekvéseivel együtt a nagyobb ipari államokban az egymással kooperáló erőműrendszerek mérete mind teljesítményben, mind pedig kiterjedtségben egyre növekedett. Ezeket sokszor igen bonyolult és erősen hurkolt nagyfeszültségű távvezetékhálózat köti össze egymással.

Hálózatok vizsgálata, méretezése

Akár az egyszerű, kisfeszültségű, hurkolt elosztóhálózatról, akár pedig egy ilyen bonyolult kooperációs rendszer távvezeték- vagy kábelhálózatáról van szó, a tervezés és üzemvitel során rendkívül sok olyan probléma merül fel, amelyet előre meg kell tudni vizsgálni ahhoz, hogy a hálózat egyes elemeinek méretezése egyáltalán megoldható legyen. A hálózatokkal kapcsolatos vizsgálatokat két nagy csoportba oszthatjuk. Az egyik csoportba az üzemi és üzemzavari állapotok vizsgálata tartozik, a másikba pedig a meghibásodások vizsgálata.

Az üzemi állapotokat illetően az érdekel bennünket, hogy a felmerülő különféle szélsőséges üzemi állapotok, mint pl. legnagyobb csúcsterhelés és az éjtszakai, vagy vasárnapi legkisebb terhelés hatására bekövetkező *árameloszlási viszonyok* a távvezetékeknek, kábeleknek, transzformátoroknak és maguknak a generátoroknak milyen terhelését idézik elő ; továbbá, hogy az ilyen szélsőséges állapotban a hálózat különböző pontjain milyen *feszültségviszonyok* fognak uralkodni és milyen hosszirányú feszültségszabályozás szükséges a különböző szabályozási helyeken ahhoz, hogy a feszültségek az előírt tűréseken belül maradjanak. A terhelés eloszlása során természetesen nemcsak a wattos, hanem a meddő teljesítmények eloszlásának megismerésére is szükségünk van, annál is inkább, mert az utóbbi elsősorban befolyásolja a feszültségviszonyokat. Előfordul hurkolt hálózatokban az is, hogy a wattos terhelések természetes eloszlása nem megfelelő és azon változtatnunk kell. Ilyen esetekben keresztirányú feszültségszabályozásra van szükség, s a feladat : megkeresni, hogy a hálózat mely pontjain és mekkora keresztirányú szabályozó transzformátorokat kell felállítani. Mindezen üzemi vizsgálatokhoz tartozik ezen felül az együttműködő erőművek *statikus stabilitásának* kérdése is.

Minthogy az egyes erőművek közötti teherelosztás a normális karbantartások, de egyes erőműrészlegeknek vagy egész erőműveknek véletlen meghibásodása miatt a hálózat meglévő terhelését sokféle módon tudja ellátni, a fenti vizsgálatokat az ilyen különleges *üzemi vagy üzemzavari esetekre* mind ki kell terjeszteni. Ezek a vizsgálatok képezik a *központi teherelosztás* üzemviteli teendőinek egyik műszaki alapját.

A másik vizsgálati csoportba tartozó esetek a hálózat egyes elemeinek *meghibásodása* során következnek be. Az ilyen tiszta villamos jellegű hibákat két csoportba oszthatjuk, ú. m. : sönthibák és soroshibák. Az előzőkhöz tartoznak a zárlatok különböző fajai, az utóbbiakhoz a vezetékszakadások, ill. nem háromsarkúlag működő hibás megszakítók, vagy szakaszolók okozta üzemzavarok.

E hibák vizsgálata legalább olyan fontos, ha talán nem fontosabb, mint a fent említett üzemi esetek vizsgálata. A legkülönbözőbb helyen fellépő és különféle jellegű *sönthibákkal, zárlatokkal* kapcsolatban ugyanis ismernünk kell a zárlati áram nagyságát, időbeli lefolyását és a hálózaton való eloszlását ahhoz, hogy a zárlatvédelmi berendezéseket, (fojtótekercseket, reléket, megszakítókat, olvadó biztosítókat), de magukat a zárlati áramnak kitett hálózati elemeket (transzformátor, kábel, távvezeték, kapcsolóberendezés) is helyesen tudjuk méretezni, ill. kiválasztani. A zárlat fellépése ezenfelül még lengésbe is hozza az együttműködő generátorokat és erőműveket. Hogy a zárlatnak a védelem következtében várható gyors megszűnése után ezek a lengések csillapodnak-e, vagy pedig odáig növekednek, hogy az erőművek szétesnek a párhuzamos járásból, arra a zárlati vizsgálattal egybekötött *dinamikus stabilitási vizsgálat* ad feleletet.

Soros hibák lényegesen ritkábban jelentkeznek, mint zárlatok. Azonban éppen a legutóbbi időben 100 kV-os távvezetékek üzemfolytonosságának növelését célzó *fázisonkénti megszakítású és gyors visszakapcsolású* védelem, valamint az ezzel kapcsolatban felmerült és a Szovjetunióban már gyakorlatban is bevezetett az a rendszer, amely az ilyen távvezetékek üzemére bevezette *a fázisonkénti karbantartás* rendszerét is, tulajdonképpen soros hiba. Ha ugyanis a 3 fázisú rendszer valamely ágában az egyik fázisvezető meg van bontva és ki van iktatva, az nyilvánvalóan ilyen soros hiba jellegével bír. Nem kétséges tehát, hogy gondosan meg kell vizsgálni az ilyen védelem és az ilyen karbantartási rendszer alkalmazása előtt azt, hogy a hálózat mely ágában és milyen üzemi körülmények között engedhető meg és tartható fenn másodpercekig, vagy órákig, sőt esetleg egy-két napig a két vezetéken át való energiaátvitel.

Szimmetrikus összetevők, helyettesítő kapcsolások

A hálózaton fellépő sönt- és soros hibák legnagyobb része *aszimmetrikus jellegű*, tehát olyan, amely a három fázist különbözőképpen érinti. Ismeretes dolog, hogy az ilyen aszimmetrikus hibákat szabatosan és egyszerűen csakis *a szimmetrikus összetevők módszerével* lehet megvizsgálni. A szimmetrikus összetevők módszere abban áll, hogy az aszimmetrikus háromfázisú vektormennyiségeket (feszültség, áram, impedancia) felbontja három szimmetrikus, háromfázisú összetevőre:

egy — a vizsgált rendszerrel azonos forgásirányú (fázis-sorrendű) — ú. n. *pozitív-sorrendű*,

egy ellenkező forgásirányú: azaz *negatív sorrendű* és

egy mindhárom fázisban azonos vektorirányú, azaz: *zérus sorrendű* összetevőre.

A szimmetrikus összetevők módszerével az erősáramú elektrotechnika tudományos művelői közül számosan igen behatóan foglalkoztak, és az 1917—35. évek közötti időszakban nagyjában lezártnak tekinthető fejlődési folyamatban

a hálózatokon felléphető legkülönbözőbb aszimmetrikus hibákra kidolgoztak olyan vizsgálati eljárásokat, szabályokat, amelyek segítségével ezek a hibák minden különösebb fejtörés nélkül, mechanikus számítási eljárással oldhatók meg. E mechanikus eljárásoknak alkalmazására a lehetőséget a szimmetrikus összetevők módszerében az ú. n. *helyettesítési kapcsolások* adták meg. A helyettesítő kapcsolások lényege abban áll, hogy minden hálózat *három különböző hálózatot* egyesít magában : egy olyant, amelynek minden eleme csak *pozitív sorrendű*, egy olyant, amelyben csak *negatív sorrendű* és egy olyant, amelyben csak *zérus sorrendű impedanciái* szerepelnek azoknak a villamos hálózati elemeknek, amelyekből a tényleges hálózat fel van építve. Ez a háromféle különböző impedancia a hálózati elem azon villamos sajátságát jellemzi, amellyel az illető elem pozitív, negatív, vagy zérus sorrendű áramokra reagál az Ohm-törvény szerint. A három fázisban szimmetrikus impedancia ezen különböző viselkedése a háromféle árammal szemben nem tévesztendő össze valamely, a három fázisra vonatkoztatva különböző : tehát aszimmetrikus impedanciával, amely az analízis során természetesen felbontható pozitív, negatív, és zérus sorrendű szimmetrikus impedanciákra. Ezek önmagukban külön-külön szintén háromféleképpen viselkedhetnek aszerint, hogy milyen sorrendű áram járja át őket. Hibáról lévén szó, a hálózatnak mindig van egy kitüntetett pontja ; az, ahol a hiba fellépett. Ezt a *hibapontot* a hálózaton *h*-val jelöljük. A hálózatnak van egy másik ilyen kitüntetett pontja : valamennyi csillagba kapcsolt elemében a csillagpont. A fenti háromféle hálózat önmagában mind szimmetrikus a három fázisra vonatkoztatva, ha — s rendszerint ez az eset — az eredeti hálózat is szimmetrikus volt, s azért a csillagpont potenciálja ezekben a hálózatokban a földhöz képest mindig egyben nulla potenciálú helyet jelent. Tehát ez azt jelenti, hogy ezek a csillagpontok egy képzelt, ú. n. *nulla-sínnel* egymással összeköthetők és az így képzett galvanikus pont a hálózat másik kitüntetett pontja, amelyet *n*-nel jelölünk.

Minthogy a szimmetrikus összetevők — amint nevük is mutatja — a három fázisban külön-külön szimmetrikusak, elegendő egy fázist vizsgálnunk. A helyettesítő kapcsolások maguk is már egy fázisra vonatkoznak.

Az 1. ábra tünteti fel valamely hálózatnak pozitív, negatív és zérus sorrendű szimbolikus jelölését a fenti két kitüntetett pontjával. A leggyakrabban előforduló és megvizsgálandó zárlati esetek a következők :

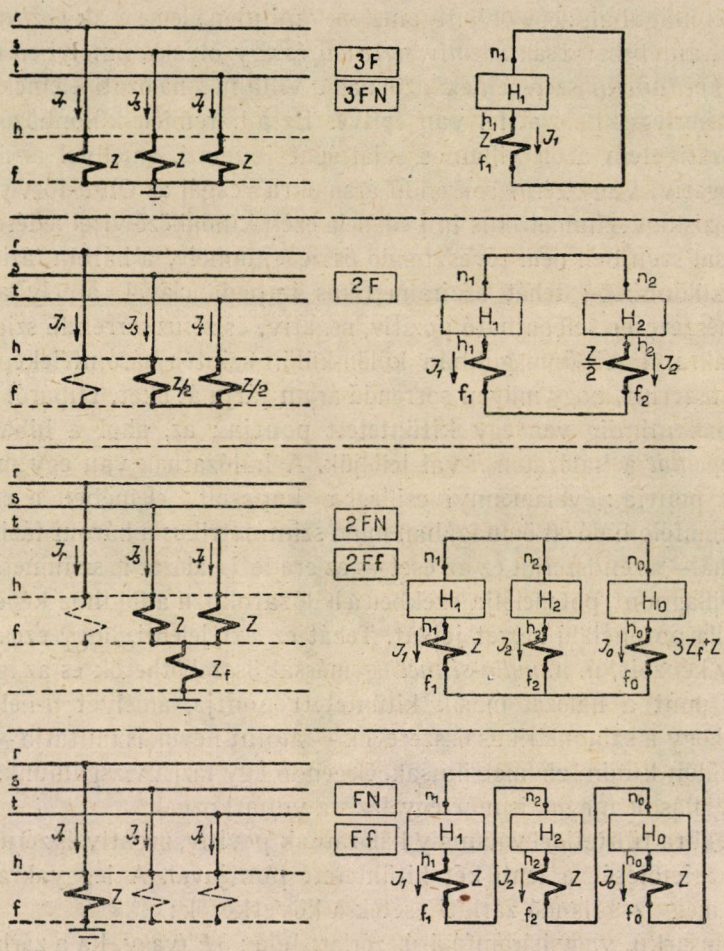
Háromsarkú, vagy háromfázisú zárlat. Jele : 3*F* (vagy, ha a zárlat földet is érint : 3 *FN*).

Kétsarkú vagy kétfázisú zárlat. Jele : 2 *F*.
Kettős föld-rövidzárlat. Jele : 2 *FN*.
Egysarkú föld-rövidzárlat. Jele : *FN*.
Egyszerű földzárlat. Jele : *Ff*.

Az első két eset teljesen azonos jellegű bármilyen csillagpont-földelésű rendszer esetén ; a harmadik és a negyedik hiba csak közvetlenül vagy közvetve

földelt csillagpontú rendszerben, az utolsó hiba pedig csak földeletlen vagy kompenzált csillagpontú hálózatban léphet fel.

Természetesen ezen ötféle hibán kívül elméletileg és gyakorlatilag is előfordulhatnak ú. n. *szimultán hibák*, mégpedig elsősorban *szimultán sönthibák*.



1. ábra. Induktív T-vonal és vele egyenértékű *Π*-vonal.

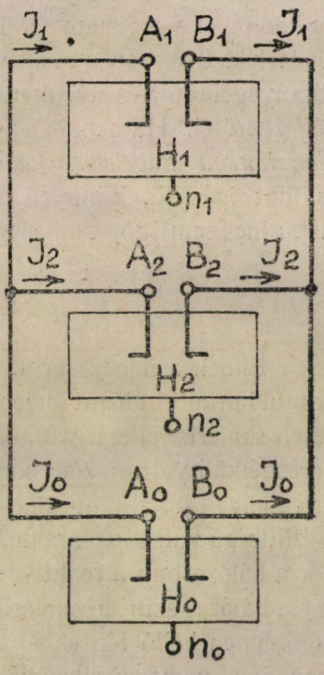
Ilyenkor a hálózat két különböző helyén egyidejűleg lép fel valamilyen zárlat. Minthogy ezek különfélék is lehetnek, az ilyen szimultán sönthibáknak igen sok változata jöhet tekintetbe, ezeknek vizsgálatára azonban éppen emiatt — egészen különleges esetektől eltekintve — nem szokott sor kerülni.

Ezek között a szimultán sönthibák közül van egy olyan, amelyik a gyakor-

latban legtöbbször gondos vizsgálatot igényel. Ez pedig nem más, mint földeleten vagy kompenzált csillagpontú hálózatban két különböző helyen és külön fázisban fellépő, ú. n. *kettős földzárlat* (jele : 2 *Ff*), amely különösen szelektív védelmi kérdésekben okoz súlyos gondot a védelmi berendezéseket és reléket tervező mérnököknek.

Az 1. ábra baloldalán a hibahely kapcsolási vázlatát tünteti fel azzal az általánosítással, hogy az *f*-fel jelölt tulajdonképpeni fémes zárlati pont és a hálózat *h* hibahelye közé valamilyen tetszőleges impedancia van beiktatva.

Az 1. ábra jobb oldalán látjuk ezeknek az általánosított hibáknak megfelelő, az említett szabályok szerinti *helyettesítő kapcsolásokat.* A szimmetrikus hibáknál a pozitív sorrendű hálózat kapcsaira rá kell kapcsolnunk egy olyan impedanciát, amelyet a negatív és esetleg a zérus sorrendű hálózatból építünk fel a hiba jellegének megfelelő módon. Ez a rákapcsolt, ú. n. *hiba-impedancia* természetesen e. m. e.-ket nem tartalmaz, mert háromfázisú rendszerben a generátorok csak pozitív sorrendű e. m. e.-ket állítanak elő, ezeket tehát csak a pozitív sorrendű hálózat tartalmazza.



2. ábra. Egyfázisú soroshiba helyettesítő kapcsolása.

A soros hibák közül, mint elöljáróban már említettem, különösen jelentős az egy vezeték szakadásának, ill. megbontásának esete. Ennek helyettesítő kapcsolását a 2. ábrán látjuk. Az ábrán az *A* és *B* pontok — mint kitüntetett pontok — a hálózaton azt a két pontot jelképezik, amelyek a megbontási helyen a megbontás következtében jelentkeznek.

A gyakorlatban előfordulhatnak szimultán *soros-* és *sönthibák* is; ilyen pl. a vezetékszakadás következtében összecsapódó vagy földre eső vezetékek zárlata. A szimmetrikus összetevők módszere erre is ad megoldást. Az ilyen esetek nek is megvan a maguk helyettesítő kapcsolása, de túllépnők ezen hozzászólás kereteit, ha itt ezekre a különleges esetekre is kitérnénk.

Hálózatok egyszerűsítő összevonása

Bármilyen hibáról van is szó, a feladat megoldása abban áll, hogy a helyettesítő kapcsolásból adódó, sokszor rendkívül bonyolult hálózatképet le kell egyszerűsíteni, össze kell vonni addig, amíg csak egy e. m. e-t és arra rákötve egyetlen eredő impedanciát nem kapunk. Az így kapott eredő áramot a hálózat újra-

felépítésén végigmenve szét kell a hálózatban osztani. Ezzel megkapjuk először is a hibahely áramának pozitív, negatív, és zérus sorrendű összetevőjét, továbbá a három összetevő hálózaton ezen összetevő áramok eloszlását. Ez utóbbiak viszont megadják a hálózat bármely pontjában a három fázis tényleges áramvektorát. A feszültségviszonyokra vonatkozólag ugyanezt a módszert lehet alkalmazni. A hálózat egyszerűsítését a két-, három- és négysarkú csillag-poligon átalakítások ismert módszerével lehet elvégezni.

A hálózatot alkotó elemek impedanciái általában vektormennyiségek, ezért egy ilyen hálózatkép összevonása, egyszerűsítése, az eredő áram és feszültség kiszámítása, majd utána az eredő áram szétosztása a hálózat egyes ágaiban csakis a vektormennyiségek számítására egyedül alkalmas komplex számok módszerével végezhető el. Ez alól csak a fojtótekercsnélküli kábelhálózatok kivételek. Ezekben a reaktív tag az ohmos ellenállás mellett elég jó közelítéssel elhanyagolható, és ilyenkor a számítás skaláris mennyiségekkel, elég egyszerűen végezhető el. Ha azonban a hálózatkép bonyolult, mint amilyen pl. *kisfeszültségű hurkolt kábelelosztóhálózatnál*, akkor a skaláris számítás is oly sok munkát és időt igénylő, könnyen elhibázható feladat, hogy annak elvégzésére rendszerint nincs sem idő, sem elegendő munkaerő.

Egyenáramú hálózatminta

Ennek a nehézségnek áthidalására alkalmazták már régen, még az egyenáramú hurkolt hálózat idejében az ú. n. *egyenáramú hálózatmintát*, amely természetesen skaláris jellegű váltakozóáramú feladatok (mint pl. a fentemlített fojtótekercsnélküli váltakozóáramú, kisfeszültségű hurkolt elosztóhálózat) vizsgálatára, ugyanolyan jól alkalmazható. Közelítő, tájékoztató zárlati vizsgálatokhoz nagyfeszültségű váltakozóáramú hálózatok esetében is lehet és szokás használni. Ilyenkor a hálózatban a reaktív elemek mellett az ohmos tagokat kell elhanyagolni; így a hálózat szintén skalárissá válik. Egy ilyen egyenáramú hálózatminta tulajdonképpen kellő léptékben megváltoztatva hűen leképezi a vizsgálandó hálózat elemeinek vagy az ellenállását, vagy a reaktanciáit kis ellenállások segítségével. A tápláló áramforrás lehet ugyan egyfázisú váltakozóáramú, azonban egyszerűbb és pontosabb az egyenáramú táplálás, mert ilyenkor a méréseket a pontosabb Deprez-rendszerű műszerekkel tudjuk lebonyolítani. A hálózatminta természetesen a hálózatnak egy fázisát ábrázolja szimmetrikus háromfázisú hálózat esetén. Ha valamilyen szimmetrikus hiba vizsgálatáról van szó, akkor külön le kell képezni a hálózat pozitív, negatív és zérus sorrendű képét, és ezeket a helyettesítő kapcsolások módszerével kell egymással összeköt ni. Minthogy a Deprez-műszerek igen kis áramerősségek és feszültségek pontos mérését teszik lehetővé, az ilyen egyenáramú hálózatminta léptéke igen nagyra választható. Ennek következtében a benne szereplő ellenállás-elemek terhelése és mérete kicsi, s így az egész hálózatminta kicsi és olcsó lesz.

Az ilyen hálózatmintát meg lehet építeni valamely adott hálózat gondos kivizsgálására, az illető hálózatra méretezett, nem változtatható elemekből. Nem sokkal nagyobb költséget jelent azonban, ha az ellenállásokat dekádrendszer szerint változtathatóra építjük, és akkor az ilyen, ú. n. *univerzális hálózatmintán* tetszés szerinti adatokkal rendelkező hálózat vizsgálatát tudjuk lebonyolítani, az egyes elemek megfelelő beállítása és csomópontokon keresztül való összekapcsolása útján.

Ez az egyszerű és olcsó egyenáramú hálózatminta azonban még a kisfeszültségű fojtótekercsnélküli, hurkolt elosztóhálózatok vizsgálatánál is bizonyos hibalehetőségeket rejt magában, amennyiben a tápponti transzformátorok belső fázisszöge igen erősen eltér a kábelek ohmos jellegű belső szögétől, s ennek következtében valamely táppont közelében fellépő zárlati áramnak az illető táppontból eredő összetevője is fáziseltérést fog mutatni a hálózatból jövő és a többi táppont által táplált összetevőhöz képest. Ezeknek az áramoknak a hálózatmintán jelentkező leképzett értékei nem fogják pontosan fedezni a valóságot, ezeknek skaláris összegezése pedig már csak elvben is helytelen. Nagyfeszültségű hálózatok üzemi és pontos hibavizsgálataihoz pedig ez a hálózatminta teljesen alkalmatlan, mert a terhelések ohmos és reaktív tagja közel egyforma nagy, s azok közül egyik sem hanyagolható el.

Váltakozóáramú hálózatminta.

Nagyfeszültségű hálózatokban a transzformátorok, távvezetékek, fojtótekercsek, kábelek és maguknak a generátoroknak impedanciái egymástól oly nagymértékben eltérő fázis-szöggel rendelkeznek, hogy — mint említettem, számítani ezeket csak komplex számokkal lehet.

Hogy egy aránylag egészen egyszerű, csak néhány elemből álló hálózatnak komplex számokkal való megoldása is milyen időtrabló és mennyi hibaforrást magában rejtő munka, azt csak az tudja igazán,aki már csinált ilyesmit. Egyszerű zárlatnál és egyszerűbb hálózatnál még csak megy valahogy a dolog, de bonyolultabb, több erőművet tartalmazó hálózatnál minden feladat, de kivált a dinamikus stabilitás vizsgálata *a lépésről-lépésre* módszerrel, amely egymaga megkívánja a hálózategyszerűsítésnek 20—30-szor egymásután való megoldását, számítással a gyakorlat számára járhatatlan út. Ezért e hálózatokat és feladatokat csakis hálózatmintán lehet tanulmányozni, mégpedig az ilyen egymástól erősen eltérő belsőszögű elemeket tartalmazó hálózatokat csak ugyanilyen ohmos, induktív és kapacitív elemekből felépített *váltakozóáramú hálózatmintán.* A váltakozóáramú hálózatmintát természetesen ugyanúgy lehet valamely adott hálózat méretére készített, nem változtatható elemekkel kialakítani, de minthogy a központi drága mérő berendezés és az áramforrás költségei ezáltal nem válnak olcsóbbá, a gyakorlatban ilyennel seholsem találkozunk. Mindenütt *univerzális, beállítható hálózatmintákat* használnak.

Az ötéves terv és a tízéves villamosítási terv során ipartelepeink, városaink, a vidék és a falu, a mezőgazdaság és az egész ország átfogóan oly nagyszabású villamosítási fejlődés elé néz, hogy e hálózatoknak műszakilag helyes és gazdaságos tervezéséhez, a helyes üzemvitel kialakításához a legsürgősebb szükség van arra, hogy a hálózati viszonyokat korszerű, univerzális váltakozóáramú hálózatmintán lehessen tanulmányozni. Ezért a Villamosítási Kutatási Bizottság egyik fontos súlyponti feladatának tekintette ennek a kérdésnek kimunkálását. Az ezzel foglalkozó szakbizottság Ignácz Pál kartársnak, a VKB vezetőjének személyes irányítása mellett közel egy esztendei munkával már alaposan kivizsgálta mindazokat a műszaki követelményeket és részletkérdéseket, amelyek a hazai gyáripar teljesítőképességének ismeretében lehetővé teszik egy ilyen hálózatminta hazai gyártásának megkezdését. A hálózatminta az erre vonatkozó elgondolások szerint a jövő év folyamán gyártásra kerül és az év végére összeszerelve és felállítva megkezdődhet rajta elsősorban a legfontosabb hálózatnak, a 120 és 100 kV-os országos hálózatnak minden részletre kiterjedő vizsgálata. Amidőn az alábbiakban a korszerű, univerzális váltakozóáramú hálózatminták felépítésével és működésével fogok röviden foglalkozni, párhuzamosan a külföldön elterjedt rendszerek ismertetésével — mint a VKB fentemlített szakbizottságának tagja — érinteni fogom mindig azokat a szempontokat, amelyek a mi hálózatmintánk valamely műszaki kérdésének elbírálásában szerepet játszottak.

A hálózat felépítésénél a méretek, a súly és az ár csökkentése érdekében kívánatos a minél nagyobb *lépték* alkalmazása. A nagy léptéknek azonban határt szab feszültségben, áramban és impedanciában az a követelmény, hogy ha a mérőműszerekkel a hálózatba belépünk, fogyasztásuk ne legyen nagyobb, mint a hálózat valamely közepes fogyasztói terhelésének néhány százaléka. Ellenkező esetben magával a méréssel hamisítanók meg a mérendő adatokat.

A váltakozóáramú mérések fogyasztása szempontjából természetesen nem annyira a wattos, mint inkább a látszólagos teljesítmény az, amely mint nagyobb érték itt tekintetbe veendő. És itt lép fel a váltakozóáramú hálózatminta egyik nehézsége az egyenáramúval szemben: itt vektormennyiségeket kell mérnünk. Ismernünk kell a hálózat valamely pontján a feszültség és az áram nagyságán kívül az általuk bezárt φ szöget is, mégpedig két okból Először azért, mert a hálózaton a wattos- és meddőteljesítmények eloszlásának alakulását ismernünk kell; másodszor azért, mert a dinamikus stabilitási (lengési) vizsgálatokban az áram- és feszültségvektorok irányának is döntő szerepük van. És éppen ez utóbbihoz sokkal nagyobb (legalább 10') pontosságú szögmérésre van szükség, mint a teljesítményméréshez. A pontos szögmérésre kétféle módszer ismeretes: a közvetlen elektrodinamikus (wattmetrikus) műszer, és a mechanikus műszeregyenirányítóval kombinált nullázó galvanométer.

Az első módszernél az a nehézség, hogy az elektrodinamikus műszereknek — lévén az egyik tekercsük a hőhiba csökkentésére nagy előtétellenállással ellátott

feszültségtekercs — nagy a fogyasztásuk, s így a léptéket nem lehetne elég nagyra választani. Magánál a feszültségmérésnél ez nem probléma, mert ahhoz közönséges cső-voltmérőt is lehet használni. Az elektrodinamikus műszer fogyasztását azonban csak úgy lehet kellőképpen leszorítani, ha igen pontos *fázishű erősítőt* használunk táplálására. Külföldön erre a célra szerkesztettek is ilyen különleges negatív visszacsatolású elektroncsöves erősítőket, amelyekkel a teljesítmény vagy szögmérés egy cső-voltmérőszerű műszerre egyszerűsbödik. Nálunk azonban ilyennek a kifejlesztése a távközlési kutatásból fontosabb feladatoktól vonna el káderekat, s ezért mi inkább a másik utat választottuk.

Ez a másik módszer abban áll, hogy a mérendő szögű feszültséget vagy áramot rezgőnyelves műszer-egyenirányítón át kapcsoljuk rá érzékeny Deprez-galvanométerre. A műszer-egyenirányító gerjesztőtekercsét fázisforgatón keresztül tápláljuk az egész hálózatmintát tápláló áramforrás kapcsairól, az ú. n. koordináta-feszültségről. Ha most a fázisforgatót olyan helyzetbe hozzuk, hogy a galvanométer nem ad kitérést, akkor a fázisforgató elfordulási szöge (villamos fokokban értve) közvetlenül adja meg a mérendő villamos vektormennyiség és a koordináta-feszültség között bezárt szöget. Ilyen rezgőnyelves műszer-egyenirányítót a multban Siemens készített, most azonban nem lehetett beszerezni, megcsináltuk hát magunk.

Itt megjegyzendő, hogy a Szovjetunióban, a moszkvai Molotov Energetikai Intézetben lévő hálózatmintánál ugyanezt a szögmérést egyenirányító és erősítő nélkül végzik el, egy erre a célra kifejlesztett különleges elektrodinamikus műszerrel. E műszernek igen kis fogyasztású forgótekercse és nagyfogyasztású, erős mágnesmezőt előállító, vaszáródású állótekercse van. A forgótekercset a mérendő áram vagy feszültség táplálja, az állótekercset pedig egy fázisforgatón keresztül a már említett koordinátafeszültség. Nullázó módszerrel itt is közvetlenül leolvashatjuk a fázisforgatóról a mért vektornak a koordinátafeszültséggel bezárt szögét. Mi ezt a módszert azért nem választottuk, mert a hozzá szükséges dinamikus műszer kifejlesztése sokkal nehezebben ment volna, mint a műszer-egyenirányítóé.

Egy másik fontos jellemzője a hálózatmintáknak az alkalmazott *feszültség-* és *periódus-szám*. A feszültségről az áramforrás során fogunk még szólni ; általában 200—400 *V* határok közötti tápfeszültséggel dolgoznak a külföldi hálózatminták, de ez a kérdés nem különösen jelentős. Túl kicsi feszültség a minta elemeinek rossz kihasználását okozza, túl nagy feszültség a kezelést teszi veszélyessé.

Sokkal fontosabb a *periódus-szám* kérdése. Megállapítható, hogy mindaddig, amíg a hálózatmintán stacioner jelenségeket vizsgálunk, a minta periódus-száma tetszésszerinti lehet. Minthogy pedig a minta elemeinek készítése során a legtöbb problémát a reaktív-elemnek, a fojtótekercsnek elkészítése okozza, ajánlatos a leképzendő erősáramú hálózat periódus-számánál (Európában: 50 és 16 2/3, Amerikában : 60 és 25) a mintában nagyobbat alkalmazni. Ennek kettős előnye

van. Először a fojtótekercs mérete és súlya növekvő periódus-számmal csökken, másodszor ez hatásos eszköz a fojtótekercs r/x viszonyának csökkentésére. A legkényelmesebb volna ugyanis olyan fojtótekercsekkel dolgozni, amelyeknek ellenállása nulla. Minthogy ilyent gyakorlatilag nem tudunk készíteni, azért legalább az r/x viszony csökkentésére törekszünk. A periódus-szám növelésének azonban határt szab az, hogy növekvő periódus-számmal az egyes elemek és összekötő vezetékek közötti kapacitív csatolás bizonytalan, változó és nem követhető hibákat visz be a rendszerbe. Ezért azután külföldön az a gyakorlat alakult ki, hogy a kisminta periódus-számát 300—500 *Hz* határok között célszerű tartani. Ettől felfelé csak egy amerikai minta ismeretes: 10 000 *Hz*-el; ez azonban felépítésében és használatában annyira eltér az általánosan elterjedt rendszertől, hogy inkább csak érdekes kísérletnek lehet tekinteni, nem pedig követendő példának. A megnövelt periódus-szám azonban egyben további problémákat vet fel. Először is a fojtótekercs méretei és r/x viszonya a kb. tízszeres periódus-számon csak akkor csökkenthetők, ha különleges, rendkívül kis vasveszteségű lemezzel dolgozunk. Minthogy mi ilyent nehezen tudnánk beszerezni, számunkra a nagyobb periódus-szám — az erre vonatkozó részletes számítások szerint — majdnem semilyen előnyt nem nyujtana. De azért sem tudnánk lényegesen az 50 periódus fölé menni, mert ott már a műszer-egyenirányítós szögmérésünk nem lenne használható. Ezért mi az 50 periódus mellett döntöttünk. Ennek további előnye, hogy az áramforrás kérdése is sokkal egyszerűbbé válik. Egyébként a berlini Siemens[11]. és a már említett szovjet[1]. hálózatminták, valamint a bécsi Österreichische Elektrizitätswirtschaft A. G. 1950-ben elkészült hálózat mintája is 50 periódusúak.*) Az egyenirányítós szögmérést a Siemens-mintánál alkalmazták.

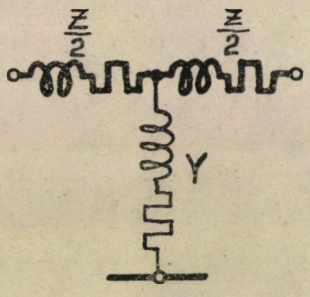
Az *áramforrásnak* háromfázisú sinusgenerátornak kell lenni, annak ellenére, hogy maga a minta egyfázisú. Erre azért van szükség, mert az egyes generátorokat, illetve erőműveket leképező generátorszekrények belső e. m. e.-jét egymástól függetlenül tetszésszerinti nagyságban és fázisszögben kell tudnunk beállítani. Hogy ez hogyan történik, arról a generátorszekrény leírásánál fogok szólni. A periódus-számnak és a generátor kapocsfeszültségének természetesen a mérések alatt igen állandónak kell lennie. Többek között már csak ezért sem lehet az 50 periódusú mintát közvetlenül a világítási hálózatról táplálni. A legegyszerűbb módszer (külföldön is ezt teszik, és mi is így döntöttünk): a generátort akkumulátorról táplált egyenáramú söntmotorral hajtani (3. ábra).

*) Ennek a hálózatmintának tervezői az ŐZE 1950. évi 11. számában megjelent ismertetés szerint nem gondoltak arra, hogy aszimmetrikus hibákat a szimmetrikus összetevők módszerével vizsgáljanak, hanem a mintát úgy építették meg, hogy az egyfázisú elemek háromszoros felhasználásával háromfázisú hálózatminta is kialakítható vele. Az itt elmondottak alapján talán nem kell külön hangsúlyozni, hogy ez teljesen elhibázott felfogás két okból. Egyrészt azért, mert így csak harmadrész akkora hálózatot lehet a mintával leképezni, mint az általános szabatos módszerrel, amelyet mi is követünk, másrészt azért, mert ezek a háromfázisú impedanciák azonosan viselkednek a pozitív-, negatív- és zérus sorrendű áramokkal szemben, ami a valóságban a legfontosabb hálózati elemeknél nem így van. A vizsgálat eredményeibe tehát ellenőrizhetetlen nagyságú hamisítást visz be aszimmetrikus hibák esetén, éppen akkor, amikor alkalmazására sor kerül.

A hálózati elemek leképezésére szolgáló impedanciákat négyféle kivitelben készítik mindenütt. Mi is így készítjük. E négyféle impedancia-típus mindegyike egymástól független fémvázra vagy szekrénykébe szerelve (ezért nevezzük »szekrény«-nek) előlről tízlépésű forgatógombokkal állítható be a kívánt értékre. E négyféle szekrénytípus:

1. a generátorszekrény,
2. a vonali szekrény (a távvezeték- és kábelvonalak, valamint transzformátorok és fojtótekercsek leképzésére),
3. a terhelésszekrény (a fogyasztói terhelések leképzésére),
4. a kapacitás-szekrény (egymással egy helyen összekapcsolt rövid távvezetékek kapacitásának és fázisjavító kondenzátoroknak a leképzésére).

Minden szekrényen két vagy három tizes nagyságrendben külön állítható be a reaktív tag és külön az ohmos tag; kivétel csak a kapacitásszekrény, amelyben nincs ohmos ellenállás. A generátorszekrényben és a vonali szekrényben a reaktív és az ohmos tag sorba, ezzel szemben a terhelés-szekrényben párhuzamosan van kötve. Lássuk most közelebbről ezeket a szekrényeket!



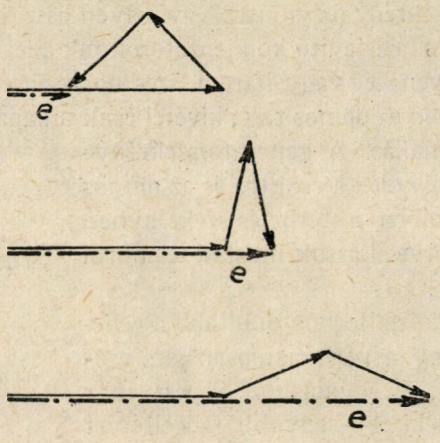
3. ábra. Elforgatás nélküli a hossz-szabályozás indukciós szabályozóval.

A minta elemei közül legbonyolultabb a *generátorszekrény*. Minthogy a párhuzamosan járó erőművek pólus e. m. e.-je egymáshoz képest már stacionér üzemben is kisebb-nagyobb szögeltérést mutat, amely szög zárlatok okozta lengések esetén egész nagyra is megnőhet, a generátorszekrényben kell gondoskodni — amint már említettem — a betáplált egyfázisú feszültség elforgatásáról. Erre a célra szolgál a háromfázisról táplált fázisforgató transzformátor. Külföldön, ahol a laboratóriumi célokra szolgáló pontos és szinuszos indukciós szabályozók gyártása ki van fejlesztve, ilyent használnak. Előnye az egyszerű kezelés és folytonos szabályozás. A mi számunkra ez sem járható út, s azért mi különleges, sok megcsapolású transzformátort fejlesztettünk ki; kapcsolási vázlatát a 3. ábrán láthatjuk. Az ennek kerületéről levehető 36-szor 10°-os eltolású feszültséget a transzformátor csillagpontjával együtt (amely az egész minta nullasínjével van összekötve) minden generátorszekrényhez elvisszük. A generátorszekrények mindegyikében van egy 10-szer 1°-os és egy 10-szer 0,1°-os megcsapolásokkal ellátott kis transzformátor a finom szögbeállítás céljára. A hosszirányú szabályozást egy-egy 2 · 100, 10 · 10, 10 · 1 és 10 · 0,1 *V*-os megcsapolású kis transzformátor teszi lehetővé a kellő pontossággal. A generátorban és a szabályozókon fellépő hossz- és keresztirányú dropok kellő mértékű csökkentésére a generátort és a közös fázisforgatót megfelelően túlméretezzük.

Meg kell itt jegyezni, hogy a közös fázisforgató gondolatát a szovjet irodalomból merítettük, és ez sokkal jobb módszernek látszik, mint a generátor-

szekrényenkénti fázisforgatás. Ez utóbbit a nyugati államokban használják, s amint említettem indukciós szabályozóval. Nem egy mintánál még a hossziranyú szabályozást is indukciós szabályozóval végzik, mégpedig a közös tengelyre szerelt, ismeretes *V* kapcsolású kettős szabályozóval (4. ábra).

Az így kellőképpen szabályozott feszültség adja a leképezendő generátor, illetve erőmű belső e. m. e. -jét, amely a vizsgálat jellege szerint többféle értéket vehet fel. Ugyanígy az az impedancia is, amelyet a generátor képvisel, a vizsgált jelenségnek megfelelően más és más. Az impedancia valós összetevője gyakorlatilag változatlan, ezzel szemben reaktív összetevője tág határok között változik.



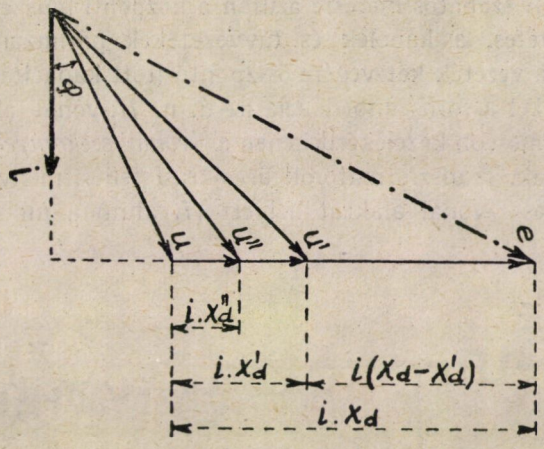
4. ábra. Kapacitiv *Π*-vonal.

A generátorszekrénybe beépített ellenállást és fojtótekercset ennek figyelembevételével kell méretezni. Az 5. ábrán látjuk egy ideális szinkrongenerátor vektorábráját stacioner állapotban. Az *e* pólus-e. m. e. a gerjesztéssel arányos mennyiség és a forgórész pólus-tengelyének irányába esik. Az *i* terhelő áram azonban az x_d szinkron reaktancián akkora feszültségesést hoz létre, hogy a gép kapcsain csak az *u* kapocsfeszültség marad. A gép belsejében ugyanekkor van egy olyan képzelt pont, ahol az u'' és egy olyan pont, ahol az u' e. m. e-k lépnek fel. Ezeket a kapocsfeszültséghez képest az x''_d szubtranziens, illetve az x'_d tranziens-reaktancián átfolyó *i* áram hozza létre. Az u'' e. m. e. a gép hirtelen zárlatakor a szubtranziens zárlati áram, míg az u' a tranziens zárlati áram meghatározásához szükséges. A lengési vizsgálatokat szintén az u' e. m. e-vel hajtjuk végre.

Az 5. ábrával jellemzett ideális gépnek az a sajátsága, hogy pólusirányú és keresztirányú reaktanciái egymással egyenlők, azaz:

szinkron-reaktancia: $x_d = x_q$
tranziens-reaktancia: $x'_d = x'_q$
szubtranziens-reaktancia: $x''_d = x''_q$

Meg kell említeni, hogy a Ganz-gyártmányú turbógenerátorok viselkedése ettől csak annyiban tér el, hogy a keresztirányú x_{aq} armatúrareakció kisebb, mint a pólusirányú x_{ad}. Ki képzett pólusú gépek ezzel szemben még az x'_q, x'_d, valamint az x''_q, x''_d között is mutatkozó kisebb-nagyobb eltérésükkel csak kevésbbé pontos vizsgálatot teszn ek lehetővé. Statikus, tehát nem forgó gépekből előállított generátorszekrén yes hálózatmintán ugyanis csak az 5. ábrában vázolt



5. ábra. Szinkrongenerátor belső feszültségeinek vektorábrája.

ideális gép viszonyai állíthatók elő. A gyakorlat igényeit azonban ez teljesen kielégíti.

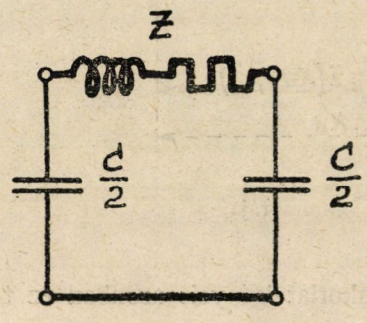
Az 5. ábrából látható, hogy az e lényegesen nagyobb, mint u. A mi mintánkon a minta névleges feszültségét 100 V-ra választottuk. Minthogy a Ganz-generátoroknál az x_d 200% nagyságrendű, erősen induktív terhelésnél e megközelítheti a 300 V-ot. Ennek megfelelően választottuk meg a generátorszekrények hosszirányú szabályozóját a normális 3. 380/220 V-os generátorhoz. Természetesen a fázisfeszültség nem képezhető a generátor csillagpontjából, mert az ismeretesen sok harmadik harmonikust tartalmaz.

A generátorszekrénybe beépített r és x tagok úgy vannak méretezve, hogy ha az erőmű blokkrendszerű, akkor a transzformátorok soros impedanciáját a generátoréval együtt tudjuk itt beállítani. Mind ezeknél az impedanciáknál, mind pedig a vonali szekrényeknél az x beállításával együtt egy bizonyos r-et is kapunk, s így az r beállításakor ezt az x-hez kényszerkapcsolt részt le kell vonni Meg kell itt jegyezni, hogy ez alól a kényelmetlenség alól a 400—500 periódus számú minták sem mentesek, csupán az a levonandó rész kisebb ott, mint nálunk. Egyedül a generátor-impedanciáknál jelent ez a kérdés problémát, mert a generátorok ohmos ellenállása oly kicsi, hogy azt 50 Hz-es mintában csak felfelé torzítva

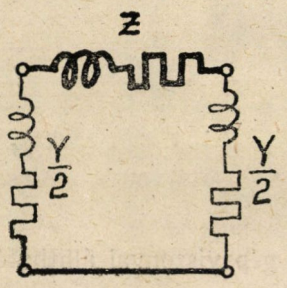
tudjuk leképezni. Ez azonban a minta használatának pontosságát csak egészen jelentéktelenül befolyásolja.

A generátor-szekrényekben a leképezett erőmű wattos és meddő terhelésének gyorsabb beállítására — amelyet az *e* feszültségvektornak kereszt- és hosszirányú szabályozásával végezünk el — kapcsolótábla-műszer pontosságú, kisfogyasztású állandóan beépített elektronikus watt-mérő és meddőteljesítménymérő műszereket használunk. A szabatos mérésre azután a központi műszercsoport szolgál.

Amint ismeretes, a kábelek és távvezetékek párhuzamos kapacitását a legcélszerűbben a vezeték két végére összpontosított kapacitásokkal helyettesíthetjük, amelyekkel a soros impedancia az ú. n. Π.-vonal alakzatot alkotja (6. ábra). A kényelmesebb kezelés érdekében a »*vonali szekrények*« ilyen Π-vonal elemeit tartalmazzák. Transzformátorok üresjárási teljesítménye és soros impedanciája a szokásos T-vonal alakzat helyett (7. ábra) a mi szempontunkból



6. ábra. Sönthibák (zárlatok) helyettesítő kapcsolása



7. ábra. V. á. hálózatminta elemeinek kapcsolási vázlata.

szintén egyszerűbben képezhető le Π-vonallal, amelynek párhuzamos ágai természetesen induktívek, azonban a gyakorlatban ezek a párhuzamos ágak legtöbbször figyelmen kívül hagyhatók. Ha mégis figyelembe kell őket venni, akkor egy-egy vonali szekrényt kell hozzájuk felhasználni. Még erre sincs szükség, ha a transzformátor egy megfelelő hosszú távvezetékhez, vagy kábelhez csatlakozik. Ekkor ugyanis az utóbbit leképező vonali szekrény megfelelő oldalán a kapacitív szuszceptanciából levonjuk a transzformátor Π-vonal induktív szuszceptanciáját. Maguknak az egyes szekrényekben alkalmazott fojtótekercseknek kivitelére vonatkozóan megemlíthetjük, hogy azok kellő linearitás biztosítása érdekében természetesen légréses vasmaggal készülnek. A légrés állandósága érdekében egy darabban kivágott köpenymagot használunk, ahol a légrés a középső oszlop egyik végén van. Nehézséget okoz a linearitás biztosításában a kis áramerősségek tartománya, ahol tudvalevően a permeabilitás elég kicsi, ami egyenértékű a légrés növekedésével. A szovjet irodalomból[1] igen ügyes módszert merítettünk ezen nehézség kiküszöbölésére: a légréses

vasmag-köteg mellé elhelyezünk egyetlen légrés nélküli, nagy kezdő permeabilitású lemezt, amely kis áramerősségeknél kompenzálja az egész vasmag kis permeabilitását, nagyobb áramerősségeknél pedig telítődik és úgy viselkedik, mintha ott sem lenne.

A fogyasztói impedanciákat leképező *terhelés-szelvényeknél*, amint már említettem az ohmos és reaktív tagot nem sorba, hanem párhuzamosan kapcsoljuk. Ezt azért tesszük, mert amidőn egy terhelést be akarunk állítani, akkor annak wattos- és meddő teljesítmény-összetevőjét ismerjük. S mivel a teljesítmény — adott feszültség esetén — az admittanciával arányos, a beállítást párhuzamosan (és nem sorba) kapcsolt konduktanciával és szuszceptanciával tudjuk a legkényelmesebben eszközölni. További gyakorlati szempont azt kívánja hogy valamely üzemi állapot vizsgálata során a vonali feszültségek változása az egyes fogyasztók előre felvett és beállított teljesítményét ne változtassa meg, mert a valóságban a fogyasztói táppontokban feszültségszabályozó transzformátorok gondoskodnak arról, hogy a fogyasztói feszültség a primer hálózat ingadozásait ne vegye át. A mintán ezt a követelményt úgy elégítjük ki, hogy a terhelésszekrényekbe beépítünk egy-egy kb. 80—120% határ közt beállítható boostert és az impedanciát ezen keresztül csatoljuk a hálózathoz. A booster hibátokozó mágnesező áramának alaphullámát egy kis kondenzátorral kiegyenlítjük. Ha a mintán a terhelés folytán a feszültség megváltozik, akkor a boostert mindig úgy kell beállítanunk, hogy annak szekunder oldalán a feszültség változatlan maradjon. E célból ide kisfogyasztású voltmérő is be van építve.

A *kapacitás-szekrények* oly egyszerűek, hogy azokról nem sok mondanivaló van. Minthogy tízállású átkapcsolónk — amelyet jó minőségben és olcsón be tudtunk szerezni — nem alkalmas arra, hogy a mindenkori állásától egyik irányban a nulla-helyzetig lévő összes kapcsát egymással összekösse, azért egy-egy kapacitás dekádot nem lehet tíz egyforma nagy egységből kiképezni — mint ahogyan azt a sorba kapcsolt ohmos ellenállásokkal tesszük a generátor- és vonali szekrényekben — hanem 1-től 9-ig, kilenc különböző egységből kell felépíteni, amelyek közül mindig csak egy van bekapcsolva. Ez ugyan némi költségtöbbletet okoz, de sokkal kisebb baj, mintha az átkapcsoló volna megbízhatatlan. Különleges még ki nem próbált szerkezetnél ugyanis ennek lennénk kitéve.

Az egész hálózatminta szerkezeti felépítése olyan, hogy az egyforma elemek egymás mellett és egymás alatt vannak elhelyezve, egy többmezős kapcsolótábla jellegű állványban. Elől vannak a forgatógombok. Minden elem szekrényéből a két vég ki van vezetve egy-egy olyan dugasz-véges zsinórhoz, mint amilyeneket a manuális telefon-központokban használnak. Külön tábla-részlegekben foglalnak helyet a csomópontok. Ezek olyan többszörös dugaszoló aljazatok, amelyekbe be lehet dugaszolni 4—6 soros vagy párhuzamos impedanciát. A csomópontok mellett van elhelyezve a sok dugaszoló aljazattal ellátott nullasín is, amelyhez a párhuzamos impedanciák (fogyasztói terhelés, vonalak kapacitása, transzformátorok üresjárási teljesítménye) másik végét kell kötni. A csomópontok

minden leágazásától két vezeték megy a *központi műszertáblához*, ahol a mérést végző személy egy tabulátor kapcsolóinak segítségével bármely csomópont bármelyik leágazásába be tud lépni a méréssel. Magának a központi műszertáblának mérő eszközeiről már szó volt, itt külön csak a nagypontosságú, rendszeresen ellenőrzött fénymutatós műszerekre kell a figyelmet felhívni. A központi műszertáblán a már említett szabatos szögmérésen kívül igen pontos cső-voltmérővel mérjük a feszültség- és áramvektorok abszolut értékét és a tájékoztató teljesítménymérés céljára ugyanolyan elektronikus watt- és meddőteljesítménymérő műszereket használunk, mint amilyenek a generátor-szekrényekben vannak.

A *minta használatával* kapcsolatban ki kell emelni azt a körüménet, hogy aszimmetrikus hibák vizsgálatához nincs szükség arra, hogy a minta szekrényeiből *egyidejűleg* képezzük le a pozitív, a negatív és a zérus sorrendű hálózatot. Elegendő ugyanis a negatív és a zérus sorrendű hálózat *h* és *n* kapcsai között egymás után kimérni ezeknek az eredő impedanciáját (és még egy néhány más dolgot, amelynek részletezése nem fér el a hozzászólás keretében) és e két mérés alapján a hiba természetének megfelelő helyettesítő kapcsolás szerinti *hiba-impedancia* már egyetlen vonali szekrénnyel leképezhető. Következő lépésként beállítjuk a mintán a pozitív sorrendű hálózatot, s ennek *h* és *n* kapcsai közé beiktatva a fenti hiba-impedanciát, feladatunk már csak a mérések elvégzésében áll.

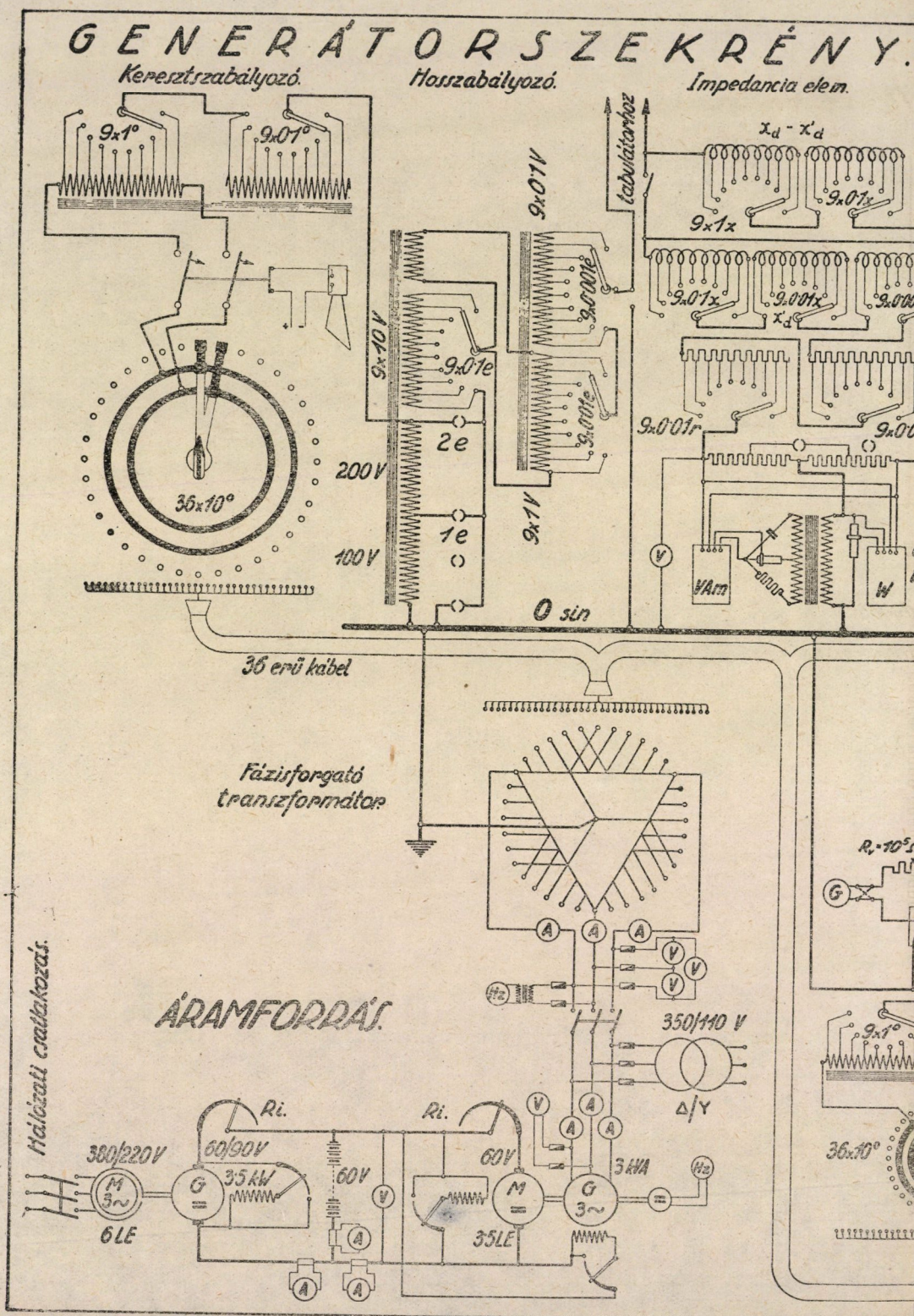
Egy ilyen minta megépítésének költsége kb. 1 millió forint összegre tehető. Ha segítségével csak egyetlen 50 km-es távvezeték megépítését lehet feleslegessé tenni — erre külföldön számos példa ismeretes — akkor az itt jelentkező 10—15 millió forint összegű megtakarításhoz képest ez csak 6—10% befektetést jelent. De ha nem is sikerül ilyen szembeszökő megtakarítást kimunkálni, a minta az elöljáróban mondottak szerint nélkülözhetetlen és ára a villamosítás évi többszáz millió forintos beruházásai mellett nem játszik szerepet.

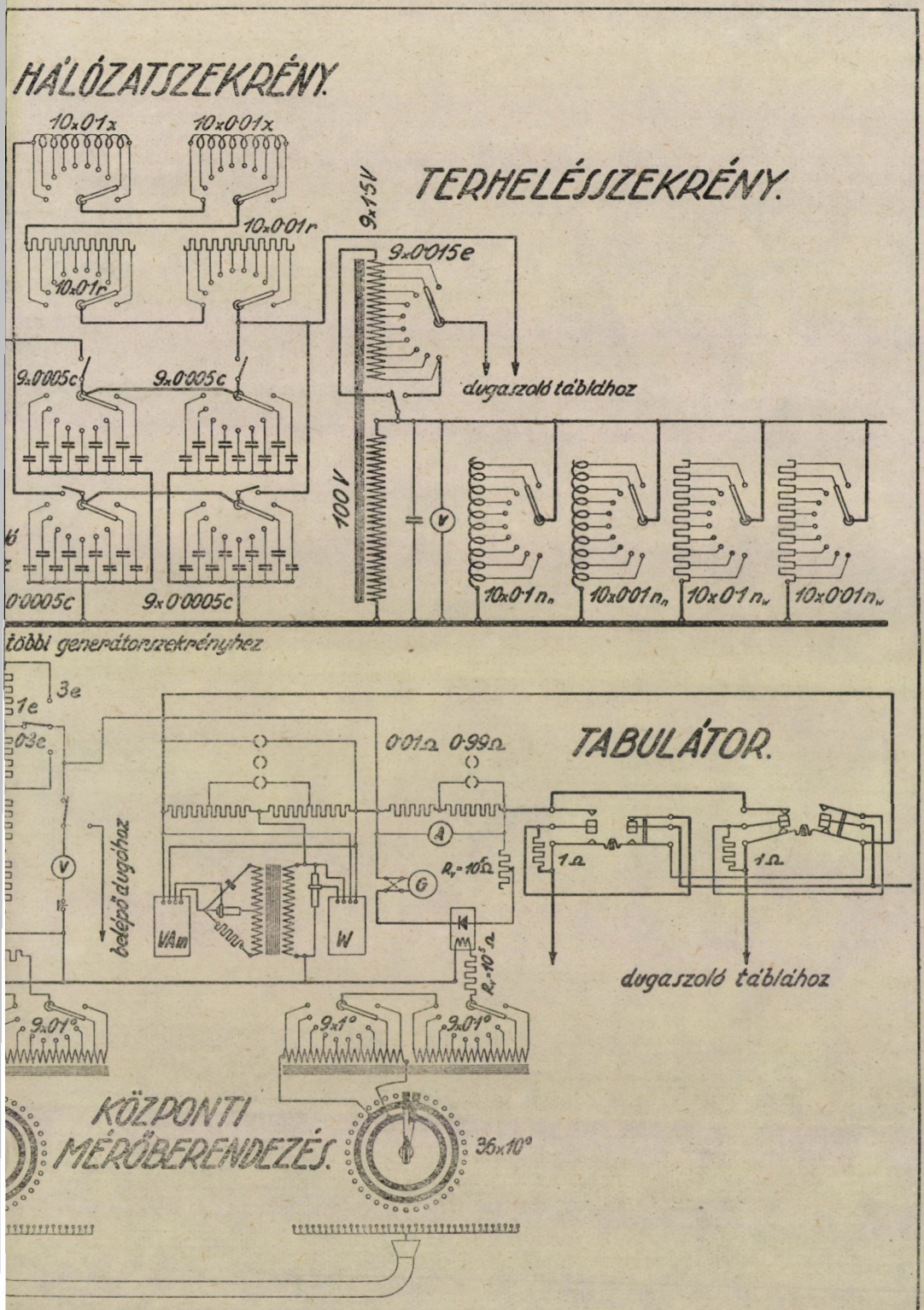
Befejezésül meg kell még említeni, hogy a minta mint számológép is használható minden olyan matematikai feladat gyors megoldására, amely a hurkolt hálózat egyenletrendszerének : az *n* változós elsőfokú egyenletrendszernek — esetleg komplex változokkal — felel meg.

Külföldön azért az utóbbi időben jobban alkalmazzák a műszaki feladatok időtrabló és sokszor számítással meg sem oldható matematikai problémáinak megoldására. Ilyen feladatok pl. :

hő továbbterjedése heterogén közegben,
légáramlás repülőgép-szárnyak mentén,
Schrödinger-féle többváltozós függvény,
rácsszerkezetekben az egyes rudak igénybevétele,
mechanikai rendszerek lengéseinek és csillapításának vizsgálata,
nem lineáris többváltozás differenciál-egyenletek közelítő megoldása a lépésről-lépésre módszerrel stb.

Ezt a legutóbbi módszert alkalmazzák — amint már említettem — a dina-


GENERÁTORSZEKRÉNY.
Keresztszabályozó.
Hosszabályozó.
Impedancia elem.
9x1°
9x0·1°
9x0·1V
tabulátorhoz
$x_d - x'_d$
9x1x
9x0·1x
9x0·1x
9x0·01x
x'_d
9x10V
9x0·1e
9x0·01e
9x0·01e
9x0·01r
2e
200V
1e
100V
9x1V
36x10°
VAm
W
0 sin
36 erű kábel
Fázisforgató transzformátor
ÁRAMFORRÁS.
Hálózati csatlakozás.
350/110 V
Δ/Y
Ri.
Ri.
380/220V
60/90V
3·5 kW
60V
60V
3 kVA
6LE
3·5LE
36x10°


HÁLÓZATSZEKRÉNY.
10x01x
10x001x
10x001r
10x01r
9x0005c
9x0005c
9x0005c
9x0005c
TERHELÉSSZEKRÉNY.
9x15V
9x0015e
dugaszoló táblához
100V
10x01n
10x001n
10x01n
10x001n
többi generátorszekrényhez
3e
1e
03e
TABULÁTOR.
0·01Ω 0·99Ω
belépő dugóhoz
VAm
W
A
G
1Ω
1Ω
dugaszoló táblához
9x01°
9x1°
9x01°
KÖZPONTI MÉRŐBERENDEZÉS.
36x10°

3. ábra.

mikus stabilitási vizsgálatoknál is Ilyen vizsgálat kettőnél több együttműködő erőmű esetén csak ezzel a közelítő módszerrel oldható meg, ez azonban terjedelménél fogva számítással a gyakorlat számára nem járható út.

Rendkívül alkalmas továbbá egy ilyen hálózatminta fiatal mérnököknek és technikusoknak az erősáramú hálózati tudományok gyakorlati feladataiban való továbbképzésére. Ennek jelentőségére, úgy vélem nem kell külön rámutatnom, mert az öt- és tízéves villamosítási tervekben előirányzott, hazánkban soha nem látott méretű villamosítást csak sok lelkes és jólképzett erősáramú elektrotechnikussal lehet megvalósítani. Meg vagyunk róla győződve, hogy a VKB által most építendő hálózatminta nagy segítségünkre lesz e nagyszabású feladatok megoldásában.

IRODALOM

1. *Жданов П. С.:* Устойчивость електрических систем. Госенергоиздат, Москва Ленинград. 1948.

2. *Азариев Д. Н.:* Модель електрических систем. Електричество. 1947. стр. 17.

3. *Cahen M. M., Magnien, Satche :* La table à calcul à courant alternatif de l'Electricité de France. Rev. d'Elctr. et de Mecanique, Alsthom kiadvány 1949. évf. 7. sz. 16. o.

4. *Morgan W. A., Rethe F. S., Winsnens I. I.:* An Improved A. C. Network Analyser. A. I. E. E. Trans. 1949. évf. 891. old.

5. *Erbacher W.:* Aufbau und Anwendung des österreichischen Netzmodelles. ÖZE. 1950. évf. 357. old.

6. *Moraw K.:* Ein Wechselstrom Netzmodell für Österreich. ÖZE. 1948. évf. 17. old.

7. *Ryder J. D., Boast W. B.:* A new A. C. Design for the A. C. Network Analyser A. I. E. E. Trans. 1946. évf. 674. old.

8. *Concordia C.:* Network and Differential Analyser. Solution of Torsional Oscillation Problems Involving Nonlinear Springs. Journal of Applied Mechanics. 1945. évf. 1943. old.

9. *Peterson H. A., Concordia O.:* Analysers... For Use in Engineering and Scientific Problems. Gen. El. Rev. 1945. évf. 29. old.

10. *Kron G.:* Tensorial Analysis and Equivalent Circuits of Elastic Structures. Journal of the Franklin Institute. 1944. évf. 238. old.

11. *Koch W.:* Das Wechselstromnetzmodell der S. S. W. Siemens Zeitschrift 1940. évf. 1. sz. 20. old.

12. *Thompson H. A.:* A stabilized Amplifier for Measurement purposes. A. J. E. E. Trans. 1938. évf. 379. o.

13. *Kuehni H. P., Lorraine R. G.:* A New A. C. Network Analyser A. I. E. E. Trans. 1938. évf. 67. old.

14. *Kimbark E. W.:* Experimental Analysis of Double Unbalances A. I. E. E. Trans. 1935. évf. 159. old.

15. *Travers H. A., Parker W. W.:* An Alternating Current Calculating Board. The Electric Journal. 1930. évf. 226—270. old.

16. *Hazen H. L., Schuring O. R., Gardner M. F.:* The M. I. T. Network Analyser. A. I. E. E. Trans. 1930. évf. 1102. és 1113. old.

VÉDŐ- ÉS ÜZEMI FÖLDELÉSEK NAGYFESZÜLTSÉGŰ BERENDEZÉSEKBEN *

RONKAY FERENC GÉPÉSZMÉRNÖK

Tisztelt Akadémia, tisztelt Hallgatóság!

Országos villamosításunk energiaértékeinek nagymértékű növekedése miatt mind nagyobb gonddal kell a villamosberendezés üzembiztosságát és az életvédelmet szolgáló földeléseket elkészíteni. A 100, illetve 120 kV-os, közvetlenül földelt csillagpontú országos hálózatunk föld-rövidzárlati áramai rövidesen el fogják érni a 10 000 A-es értéket. Ekkora áramerősség már a földelések szétterjedési ellenállása mentén emberre és magára a villamosberendezés egyes részeire veszélyes feszültségemelkedést hoz létre. A régebben szokásos földelési rendszerekkel 1 Ohm szétterjedési ellenállásnál kisebb érték alig érhető el. Viszont 10 000 A föld-rövidzárlati áram 1 Ohm ellenálláson is 10 000 V feszültségemelkedést hoz létre.

Az életbiztonsági szempont mellett az üzem folytonosságának biztosítása, illetve föld-rövidzárlat esetén a zavar minél szűkebb területre való korlátozása volt a kutatások célja. Ugyanis valamely 120 kV-os állomáshoz tartozó távmérő, távjelző, szakaszvédelmi kisfeszültségű vezetékek és készülékeik a föld-rövidzárlatból eredő többezer Volt feszültségemelkedés miatt megsérülhetnek és a védelem esetleg működésképtelenné válik éppen akkor, amikor arra szükség van.

E kérdések időszerűségére jellemző, hogy a külföldi folyóiratokban is napjainkban kezdenek megjelenni azok a közlemények, amelyek az egyre nagyobb energiaátviteli teljesítmények hatására megnövekedett föld-rövidzárlati veszélyekre hívják fel a figyelmet. E cikkeknek a veszély elhárítására vonatkozó javaslatai még nagyrészt csak a feltevések és próbálkozások állapotában vannak, míg mi komoly elméleti megfontolásokkal, valamint számításokkal előkészített, továbbá kismintán és a valóságban kiépített rendszereken végzett hazai kísérleteinkkel már a gyakorlatban használható kiviteli megoldásokhoz jutottunk.

Rendeltetésük szerint a földeléseket védő- és üzemi földelésekre szokás felosztani.

A *védőföldelés* a villamosberendezésnek üzemszerűen feszültségmentes, ennélfogva érinthető fémrészei és a talaj között létesít jól vezető összeköttetést. Ezzel azt igyekszik biztosítani, hogy az említett fémrész még abban az esetben is megközelítőleg földpotenciálon maradjon, ha valamely rendellenesség, pl. átívelés következtében az üzemszerű vezetőkkel vezető összeköttetésbe jut. Sok esetben a védőföldelés a villámcsapások okozta túlfeszültségek levezetésére is szolgál és így kettős célt lát el. A szabad vezetékek oszlopainak földelése védőföldelés.

Az *üzemi földelés* az üzemi áramkörök valamely alkalmas és e célra kijelölt pontját köti össze a földdel. Rendszerint a transzformátorok csillagpontját

*) Hozzászólás *Kovács K. Pál: A villamosenergiatermelés és elosztás időszerű kérdései hazánkban* című előadásához

szokás földelni. Aszerint, hogy a csillagpont és a földelés közé beiktatunk-e valamely impedanciát vagy sem, közvetett, illetve közvetlen földelésről beszélünk. Az üzemi földelések további két csoportra oszthatók : üzemszerűen áramot nem vezető és üzemszerűen áramot vezető földelésekre. Ez utóbbiak az újabban gyakorlatba vett föld-visszavezetéses rendszerek üzemi földelései.

A hazai 100, illetve 120 kV-os nagyfeszültségű, közvetlenül földelt csillagpontú villamosenergia-átviteli rendszer földzárlatai tulajdonképpen egyfázisú rövidzárlatok, illetve föld-rövidzárlatok. E föld-rövidzárlatok 10 kV körüli értékei a földelések tekintetében különleges feladatokat támasztanak. A földelés mentén létrejövő feszültségesés legnagyobb része a földelőt körülvevő talajban keletkezik, így a földelés közelében veszélyes lépésfeszültség jön létre. Ugyanekkor a föld-rövidzárlatos fémrész és a környező talaj közötti ú. n. érintési feszültség is veszélyes értékű lehet.

A földelő körül kialakuló potenciáltér analitikus vizsgálatát a legegyszerűbben a talajszinten lévő középpontú félgömb-földelővel lehet elvégezni. Az ilyen elektróda felületéről merőlegesen kilépő áramok a földelő környezetében homogén talajban radiálisan terjednek tovább. A földelő középpontjától x távolságban lévő végtelenül kis dx vastagságú félgömbhéj belső és külső felülete közötti ellenállás

$$dR = \varrho \frac{dx}{2\pi x^2} \tag{1}$$

ahol a ϱ a homogénnek feltételezett talaj fajlagos ellenállása. E differenciálegyenletnek a földelő félgömb-elektróda r_0 sugara és a ∞ közötti integrálásából a földelés szétterjedési ellenállása

$$R = \frac{\varrho}{2\pi r_0} \tag{2}$$

A földbe folyó I áramerősség esetén a földelő potenciálja :

$$\varphi_0 = \frac{I\varrho}{2\pi r_0} \tag{3}$$

míg a földelés középpontjától tetszőleges x távolságban lévő talajpont potenciálja

$$\varphi = \frac{I\varrho}{2\pi x} \tag{4}$$

A lépésfeszültség a potenciáltér gradiense, amely — az előjeltől eltekintve — az előbbiből :

$$E = \frac{I\varrho}{2\pi x^2} \tag{5}$$

Természetesen e kifejezésnek csak az r_0-nál nagyobb x értéknél van értelme.

Félgömb-földelés a gyakorlatban nem szokásos. A különböző geometriai alakú cső, lemez, szalag stb. földelések ellenállására vonatkozó integrálási ered-

mények a gyakorlati irodalomban találhatók. A nem félgömbszerű földelő is sok esetben potenciálgradiens vizsgálatnál helyettesíthető olyan »egyenértéksugarú« félgömb-földelővel, amelynek azonos szétterjedési ellenállása van. A földelő közvetlen közelében kialakuló erőtérre az egyenértékű sugárral számított értékek természetesen nem lehetnek megbízhatók.

Valamely földelést egyenértékű sugarú félgömb-földeléssel helyettesítve, a potenciáleloszlás hiperbolikus görbével ábrázolható. Ennek egyenlete:

$$\varphi = \varphi_0 \frac{r_0}{x} \tag{6}$$

ahol r_0 az egyenértékű sugár és

$$\frac{I\varrho}{2\pi r_0} = RI \tag{7}$$

a földelés teljes feszültségesése.

A potenciálgradiens, amelyből a lépésfeszültség határozható meg:

$$E = -\frac{d\varphi}{dx} = \varphi_0 r_0 \frac{1}{x^2} \tag{8}$$

Az r_0 egyenértékű sugár független a ϱ fajlagos talajellenállástól, illetve azonos méretű földelőknél ugyanakkora értékű, bármilyen is az egyébként homogénnek feltételezett talaj vezetőképessége.

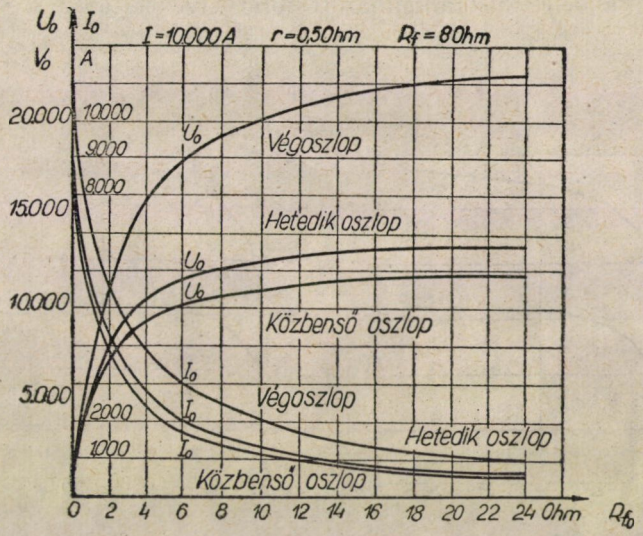
A 100 és 120 kV-os távvezetékeink villámcsapás és légköri túlfeszültségek elleni védelmére a fázisvezetők fölött elhelyezett egy vagy két földelt védővezető szolgál. A védővezetők az oszlopsor egyes oszlopait egymással fémesen kötik össze. Ennek következtében valamely oszlop vasszerkezete és a föld közötti szétterjedési impedancia több mellékág eredője. Így valamelyik oszlopon keletkező föld-rövidzárlat áramát nemcsak a zárlatos oszlop saját földelése vezeti le, hanem az áram egy része, mégpedig a nagyobb része, mintegy 80—90%-a, a védővezetéken és a szomszédos oszlopok földelésein át fut le a földbe.

Amint az 1. ábra görbéi szemléltetik, az oszlopsor valamelyik oszlopán keletkező föld-rövidzárlat I áramerősségének hatására az illető oszlop földelése mentén keletkező teljes feszültségesés (U_0) csak korlátolt mértékben függ az illető oszlop földelésének minőségétől. Ugyanis a védővezeték kiegyenlítő hatására a rosszabb vezetőképességű földelésen át kevesebb áram (I_0) folyik le a földbe. Az 1. ábra görbéi 10 000 A teljes föld-rövidzárlati áramerősségre készültek, annak feltételezésével, hogy az egyes oszlopok közötti védővezeték ellenállása 0,5 Ohm és a vizsgált zárlatos oszlop kivételével a többi oszlop földelésének szétterjedési ellenállása egyenként 8 Ohm. Az abszcisszára a vizsgált oszlop szétterjedési ellenállásának mérőszáma van felmérve.

Ezek szerint földvezetővel ellátott oszlopsor valamelyik oszlopának földelése mentén kialakuló feszültségesés csak kis mértékben függ a földelés ellen-

állásától, illetve minden egyes oszlop földelésén — azonos föld-rövidzárlati áramot feltételezve — a feszültségesés közel azonos. Ezekből közvetlenül következik, hogy az oszlopok környezetében a potenciáltér minden egyes oszlopnál megközelítően azonosan alakul ki, amint ezt a Mátra—Budapest közötti távvezetéken végzett kísérleti mérésekkel is sikerült igazolni.

Az érintési feszültség általában a földelő szélétől mért első méterre eső potenciálgradienssel vehető azonosnak, így analitikus meghatározása az előbbiek



1. ábra.

szerint könnyen elvégezhető, de az így számított értékek csak tájékoztató jellegűek, mivel az erőtér kialakulása a félgömb-földelőktől eltérő rendszereknél a földelő közelében általában nem tisztán sugárirányú.

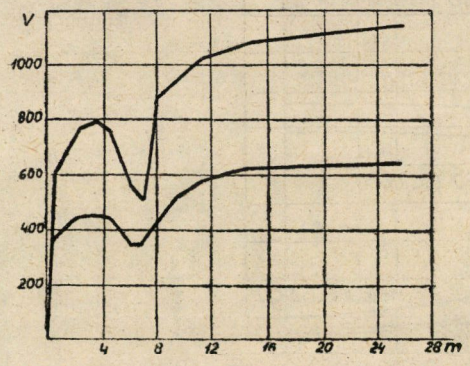
A távvezeték-oszlopoknál az eddigi gyakorlat szerint alkalmazott keretföldelés erőterének analitikus vizsgálata igen bonyolult és esetleg bizonytalan eredményeket ad, ezért a tévedéseket kizáró mintamérések célravezetőbbek. Ilyen mérések eredményeit tünteti fel a 2. ábra, ahol a föld színének az oszlop vastestéhez mért feszültsége az ordinátán olvasható le, míg az illető talajpontnak az oszlop szélétől mért távolsága az abszcisszára van felmérve. E jelleggörbékből világosan megállapítható, hogy a földelő keret felett, tehát az oszloptól viszonylag távol, veszélyes lépésfeszültségek keletkeznek. Ezt az 1 : 1 léptékű mintamérést elektrolitba mártott 1 : 35 léptékű kisminta-mérés előzte meg, amely hasonló jellegű potenciálteret mutatott, de a mennyiségi értékekre csak a természetbeni 1 : 1 léptékű mintán végzett mérések adtak megbízható eredményeket.

E keretföldelés helyett a javasolt földelési rendszer 1 : 1 léptékű mintáján végzett kísérletek eredményei a 3. ábrán láthatók. Az ábra jelleggörbéi szerint

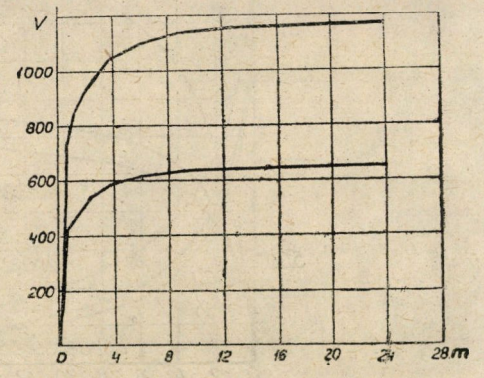
a veszélyes potenciálgradiensek az oszlop közelébe esnek, ez a terület viszonylag kicsi és így elkeríthető.

A műszaki és gazdasági lehetőségek összeegyeztetésével dolgoztuk ki az oszlopok földelésére javasolt rendszert és a kivitelezésekre részletes leírást, illetve utasítást adtunk ki. E rendszer lényege az oszlop tengelyében függőlegesen elhelyezett, lehetőleg mélyre lenyúló elektróda. Ha ez nem valósítható meg, akkor az oszlop sarkainál ugyancsak mélyre leérő elektródák alkotják a földelést, és ugyanakkor a veszélyességi határ mentén — a sűrűn lakott területeken — az oszlopot körül kell keríteni.

Az oszlopföldeléseknél alkalmazott főbb elveket, azaz a veszélyes sáv



2. ábra.



3. ábra.

minél kisebb területre korlátozását és sűrűn lakott, illetve forgalmas helyeken a veszélyes sáv elkerítését, állomások földeléseinél alkalmazni nem lehet, mivel e helyeken éppen a veszélyes sávokban kell a kezelőszemélyzetnek hivatásszerűen dolgoznia, tehát szükséges, hogy a kezelők személyi biztonságáról, valamint az állomás szekunder jellegű, kis feszültségre szigetelt villamos berendezéseinek védelméről megfelelő gondoskodás történjék.

A közvetlenül földelt csillagpontú hálózatok állomásain alkalmazandó védőföldelésekkel a multban keveset foglalkoztak, illetve nem vették tekintetbe azt a veszélyt, amelyet az állomás területén keletkező föld-rövidzárlat nagy áramerőssége, az egyébként földelt szerkezeti részeken előálló többezer Volt feszültségemelkedés okozhat. Mivel az állomásokon keletkező föld-rövidzárlatok valószínűsége kicsi s az eddigi kooperációs teljesítmények a jövőben várhatónak csak kis részét teszik, a multban, hazai gyakorlatban, a védőföldelés elégtelenségéből balesetek, illetőleg károk még nem keletkeztek. De az országos 100 és 120 kV-os hálózatunk bővülése a kooperáló erőművek és alállomások számát,

ezáltal pedig a föld-rövidzárlati áramerősség értékét rohamosan növeli, tehát feltétlenül szükséges, hogy e kérdéssel részletesen foglalkozzunk.

Már a mult évben kimutattuk elektrolitikus kismintán végzett kísérletekkel, hogy megfelelően elhelyezett védőhálóval igen nagy föld-rövidzárlati áramok esetén is lehet érintés- és lépésfeszültség-védelmet nyujtani. E védőhálót a talajszint alatt kb. 0,8 m mélyen elhelyezett és az érinthető fémrészekkel kapcsolatban lévő vezetőrendszer képezi. A háló így a földáramokkal szemben mintegy árnyékoló rács szerepét tölti be, vagyis korlátozza a talajszinten álló személy talppontja és az érinthető fémrész között — föld-rövidzárlat esetében — bekövetkező potenciálemelkedést. Legtökéletesebb árnyékolást a talajszintre helyezett összefüggő fémlemez-réteggel lehetne elérni, ez azonban túlzott gazdasági terhet jelentene. A védőháló az állomás területén a talajszintet és a fémszerkezet potenciálját is megközelítően azonos potenciálon rögzíti, azaz valamely távoli nulla földpotenciálhoz képest az állomás fémszerkezetét és a talajszintet egységesen emeli fel. Ebből az is következik, hogy a háló szélétől kezdődően a távoli nulla földpotenciál felé potenciálesés következik be, amelynek a távolság szerinti változása az

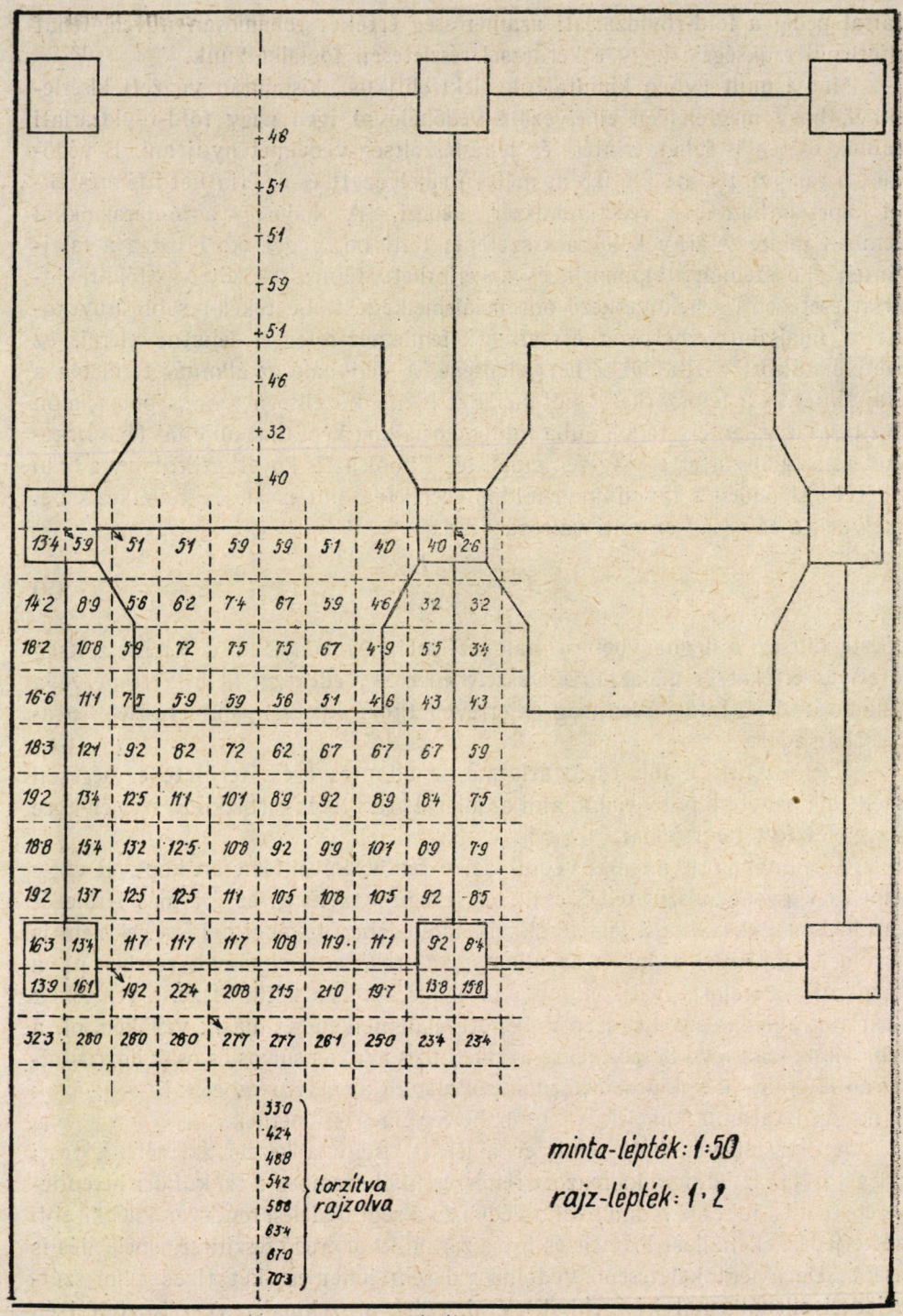
$$E = -\frac{\partial U}{\partial s} \tag{9}$$

lépésfeszültség a legnagyobb a háló szélénél. Amennyiben e lépésfeszültség veszélyes értéket ér el, akkor e veszély ellen is védekezni kell. Erre nézve a Villamosítási Kutatási Bizottság az errevonatkozó kiadványában részletes utasításokat adott.

Ezek szerint a föld-rövidzárlatnál az állomás egész területe egységesen emelkedik nagyobb potenciálra, ami az állomás területén tartózkodó személyekre nézve veszélyt nem jelent.

Amennyiben az állomás védőföldelési rendszerével fémesen kapcsolt vagy attól csak gyengén szigetelt szekunder jellegű vezetékek az állomás területét nem hagynák el, akkor a földelésekkel kapcsolatban további nehézségek nem is merülnek fel. Mivel azonban az állomásokat részben egymással, részben pl. a Központi Teherelosztóval szekunder jellegű vezetékek kötik össze, a vezetékek a zárlatos állomás egy-két ezer Volt potenciálemelkedését másik végükön, pl. a Teherelosztóban lévő készülékekre átvihetik, és azokon súlyos és csak hosszadalmasan javítható károkat okozhatnak, sőt maguk az átvivő kábelek is — ha azok ú. n. gyengeáramú kábelek — több helyen megsérülhetnek.

A javasolt védőháló rendszer amellett, hogy a kezelő személyzet testi épségét óvja, az eddig alkalmazott rendszerekkel szemben a szekunder berendezés épségét is jobban védi, mivel a védőháló a régi földelési rendszereknél kisebb szétterjedési ellenállást biztosít és így a zárlatokból eredő feszültségemelkedés is kisebb. De a legtökéletesebb védőhálóval sem lehet egy-két tized Ohm szétterjedési ellenállásnál kevesebbet elérni, ezért a szekunder veszélyeztetettség


48
51
51
59
51
46
32
40
134 59 51 51 59 59 51 40 40 26
142 89 56 62 74 67 59 46 32 32
182 108 59 72 75 75 67 49 55 34
166 111 75 59 59 56 51 46 43 43
183 121 92 82 72 62 67 67 67 59
192 134 125 111 101 89 92 89 84 75
188 154 132 125 108 92 99 101 89 79
192 137 125 125 111 105 108 105 92 85
163 134 117 117 117 108 119 111 92 84
139 161 192 224 208 215 210 197 138 158
323 280 280 280 277 277 281 250 234 234
330
424
488
542
588
634
670
703
torzítva rajzolva
minta-lépték: 1:50
rajz-lépték: 1:2

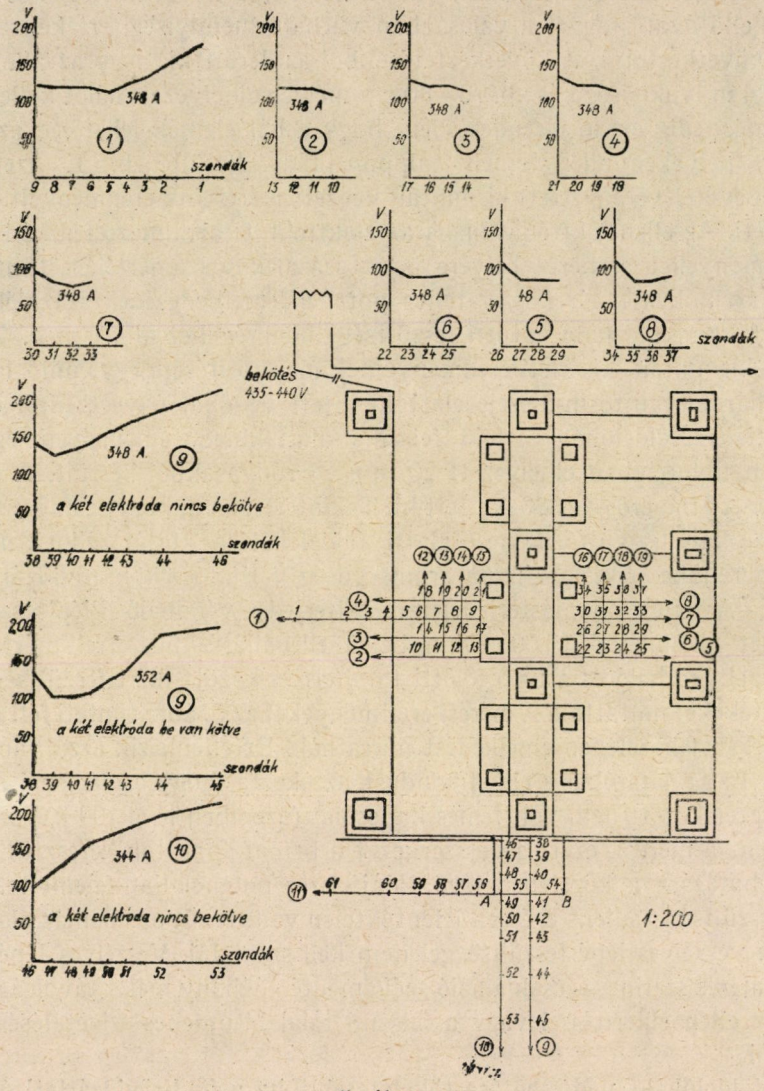
4. ábra.

elhárítására is folytattunk vizsgálatokat. E vizsgálat eredményeként kialakult kiviteli megoldásokat részletes leírásban közöltük az illetékes tervező irodával.

A háló célszerű és lehető legkisebb költséggel elérhető kialakítására vonatkozó kutatásokat kismintán végzett előkészítő mérésekkel kezdtük meg. E kisminta-mérésekből elsősorban qualitatív jellegű következtetéseket vontunk le, bár kellő óvatossággal a valóságban várható mennyiségi értékekre is lehet belőlük következtetni. A következtetésekből az derült ki, hogy az állomásokon mintegy 4 m lyukbőségű és kb. 70—80 cm mélyen elhelyezett hálót kellene alkalmazni, mégpedig olyan elrendezésben, hogy a hálóelemek lehetőleg az érintésveszélyes helyeken álló személy talppontja alá kerüljenek. E szempontok figyelembevételével készített kismintán végzett méréseink eredményeit a 4. ábra szemlélteti. Az ellenelektródát maga az elektrolitot tartalmazó fémkád képezte. Az eredményeket a mérés helyére beírt százalékos számértékek tüntetik fel. A beírt számok a hálórendszer teljes potenciálemelkedésének százalékaiban a folyadékfelszín és a háló közötti feszültségkülönbségeket adják meg.

A kisminták kísérleti eredményeinek megerősítésére egy épülő 100 kV-os állomás három gyüjtősín-mezeje alatt készített védőhálón végeztünk ellenőrző méréseket. E földelőháló a föld felszíne alatt kb. 80 cm mélyen, egymástól max. 4 m távolságban elhelyezett 20 mm ⌀ rúdvasakból készült. A mérésnél alkalmazott áramerősség 350 A-t tett ki. Tekintettel arra, hogy ez az áramerősség mindössze három gyüjtősín-mező alatti földelőhálóra korlátozódott, már abba a nagyságrendbe esik, amekkora áramsűrűség várható a föld-rövidzárlati áramoknál — teljes állomásterjedelemre kiterjedő védőháló kiépítése esetén. A kísérlet alkalmával 10 000 Ohm belső ellenállású műszerrel mért érintési feszültségek (a háló és a háló fölötti talajfelszín között mért feszültség) 100 V körüli értékeket mutattak. A mérési eredményeket az 5. ábra tünteti fel. A görbék a vasszerkezet közelében emelkedést mutatnak. Ez ellenkezik azzal, amit várni lehetett. Ezt a látszólagos ellentmondást az okozta, hogy a mérésnél a háló és vasszerkezet között nem volt fémes kapcsolat (üzemben lévő 100 kV-os állomáson történt a mérés), ezért a vasszerkezet a betontalpazaton keresztül szivárgó áramok hatására a közelében lévő talajfelszín potenciálját felemelte. A háló fölötti feszültséggradiens egészen jelentéktelen volt, tehát az állomás aláhálózott területén veszélyes lépésfeszültséggel nem kell számolni. Veszélyes lépésfeszültség — e mérés szerint — csak a háló széle mentén néhány méter távolságig lehetséges. Ez ellen elkerítéssel vagy a felszíni talaj bitumenes szigetelésével lehet védekezni.

A földelőháló védő hatása tökéletesebb, ha a föld-rövidzárlati áram egy részét a hálóval párhuzamosan kapcsolt egyéb földelőkön vezetjük le. Így igen célszerűen össze lehet kapcsolni a hálóval a túlfeszültség-levezetők részére készült mélyföldeléseket és az állomáshoz csatlakozó távvezetékek védőföldelő rendszerét. A meredekhomlokú légköri áramhullámok részére a háló — nagy reaktanciája miatt — önmagában nem lenne alkalmas földelés, míg a kis reaktanciájú


V
szandák
348 A
bekötés
435-440 V
a két elektróda nincs bekötve
352 A
a két elektróda be van kötve
344 A
a két elektróda nincs bekötve
A
B
1:200

5. ábra.

mélyföldelések erre a célra kiválóan megfelelnek. Ugyanakkor e mélyföldelések és a távvezetékek védőföldelései, a védőhálóval fémesen összekapcsolva, a hálóhoz viszonyított szétterjedési vezetőképességük arányában a föld-rövidzárlati áram tekintélyes részét elvezetik. A mélyföldeléseknél ügyelni kell arra, hogy a hatásos felület csak 1—2 m mélységben kezdődjék, mert ellenkező esetben a környezetükben lévő felszínen veszélyes feszültséglépcsők keletkezhetnek.

A szekunder berendezések átütési sérüléseinek elkerülésére az állomás földelési rendszerének a távoli abszolút földpotenciálhoz viszonyított feszültségemelkedését kell a szekunder berendezések szigetelését még nem veszélyeztető érték alatt tartani. E feszültségemelkedést meghatározó egyik tényező a földelési rendszer szétterjedési ellenállása, amely védőhálóval a régebben szokásos rendszerekhez képest kisebb értékre szorítható le. De a legtökéletesebb védőháló ellenére is mindig lesz egy-két tized Ohm szétterjedési ellenállás, ezért indokolttá válik a feszültségemelkedés másik tényezőjének, a védőföldelésen lefolyó földrövidzárlati áram értékének csökkentése is, ami a védő- és az üzemi földelés egyesítésével érhető el.

Hazai 120 kV-os országos energiaszolgáltató rendszerünkben a transzformátorok 120 kV-os gombolyításának csillagpontjai mind az erőműben, mind a transzformáló állomáson közvetlenül földeltek, így a vonalon, illetve az állomáson bekövetkező egyfázisú zárlat árama megközelítően a nullaimpedenciákkal fordított arányban oszlik meg.

Vegyük pl., hogy egy 60 km hosszú, kettős távvezeték mindkét oldalán szimmetrikusan 120 MVA transzformátor-teljesítmény van üzemben. A transzformátor + generátor, tehát a transzformátor állomás reaktanciái:

$$\varepsilon_1 = 27\% \quad x_{T1} = \frac{27}{100}\,\frac{120^2}{120} = 32{,}4 \text{ Ohm}$$

$$\varepsilon_2 = 21\% \quad x_{T2} = \frac{21}{100}\,\frac{120^2}{120} = 25{,}2 \text{ Ohm}$$

$$\varepsilon_0 = 10\% \quad x_{T0} = \frac{10}{100}\,\frac{120^2}{120} = 12 \text{ Ohm}$$

A 60 km hosszú két párhuzamos távvezeték reaktanciái:

$$x_{v1} = x_{v2} = 0{,}4 \cdot 60 \cdot \frac{1}{2} = 12 \text{ Ohm}$$

$x_{v0} = 1{,}05 \cdot 60 = 63$ Ohm (a két párhuzamosan kapcsolt rendszer eredő értéke). Az egyik állomás gyüjtősínén bekövetkező föld-rövidzárlatnál az eredő reaktanciák:

$$x_1 = \frac{(x_{T1}+x_{v1})\ x_{T1}}{x_{T1}+x_{v1}+x_{T1}} = \frac{(32{,}4+12)\ 32{,}4}{32{,}4+12+32{,}4} = 18{,}8\ Ohm$$

$$x_2 = \frac{(x_{T2}+x_{v2})\ x_{T2}}{x_{T2}+x_{v2}+x_{T2}} = \frac{(25{,}2+12)\ 25{,}2}{25{,}2+12+25{,}2} = 15{,}1\ Ohm$$

$$x_0 = \frac{(x_{T0}+x_{v0})\ x_{T0}}{x_{T0}+x_{v0}+x_{T0}} = \frac{(12+63)\ 12}{12+63+12} = 10{,}35\ Ohm$$

A föld-rövidzárlati áram a valós ellenállások elhanyagolásával:

$$I_z = 3\,I_o = 3\frac{U}{\sqrt{3}(x_1+x_2+x_0)} = \frac{3\cdot 120}{\sqrt{3}(18{,}8+15{,}1+10{,}35)} = 4{,}7\ kA$$

E zárlati áramnak a saját állomás által termelt összetevője megközelítően:

$$I'_z = 3\,I'_o = 3\frac{U}{\sqrt{3}(x_{T_1}+x_{T_2}+X_{T_3})} = \frac{3\cdot 120}{\sqrt{3}(32{,}4+25{,}2+12)} = 3\ kA$$

a teljes zárlati áramnak 64%-a.

Míg ugyanekkor a vonal felől jövő zárlati áram:

$$I''_z = 4{,}7-3 = 1{,}7\ kA$$

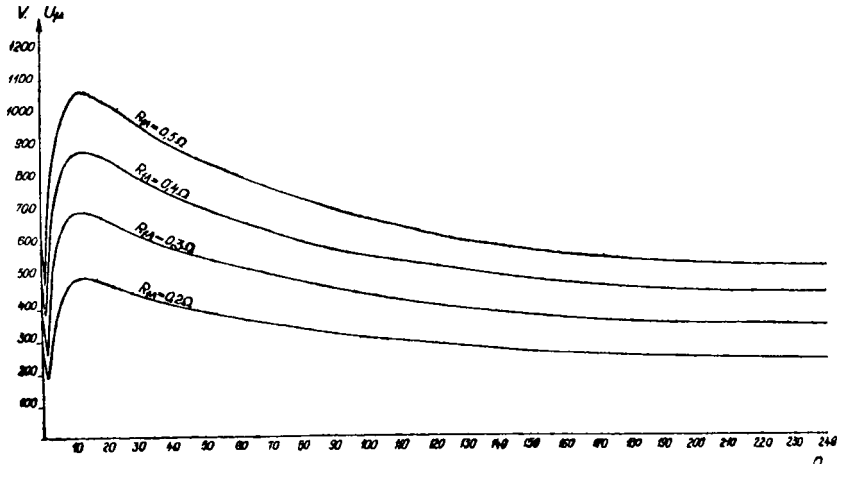
ami a teljes zárlati áramnak csak 36%-a.

Tehát a föld-rövidzárlati áramnak mintegy $^2/_3$-át az állomás saját transzformátorai termelik. Nyilvánvaló ebből, hogy a védő és az üzemi földelés fémes összekötése eredményeként a zárlati áramnak ez a kb. $^2/_3$ része a fémes összekötésen át fog folyni és a védő földelés potenciálját csak a mintegy $^1/_3$ részt kitevő, földben folyó zárlati áram emeli fel. Ugyanekkor a földelések összekapcsolásával az eredő földelési ellenállás is csökken, s ez szintén hozzájárul a zárlati feszültségemelkedés csökkentéséhez. Tegyük fel, hogy a fenti példában kiszámított áramerősségnek kb. a kétszerese, tehát 10 000 A a föld-rövidzárlati áram. Ennek $^1/_3$-a 3330 A, amely pl. 0,3 Ohm eredő ellenállású földelésen 1000 V potenciálemelkedést okoz. Mivel a szekunder berendezések általában 1000 V-ra vannak szigetelve, e potenciálemelkedés még nem okoz kárt.

Figyelemmel kell lenni ugyanekkor a vonalon fellépő és általában gyakoribb föld-rövidzárlatokra is. Amennyiben a távvezeték oszlopsorán elhelyezett földelő védővezetékek nem csatlakoznának az alállomás vasszerkezetéhez, és a távvezetéken az alállomás közelében lépne fel föld-rövidzárlat, akkor az állomás védőföldelésén átfolyó áram az egész áramerősség nagyobb részét, az előbbi példa szerinti 64%-át tenné ki. Ez nagyon előnytelen lenne, de a földvezeték és az állomás védőföldelés fémes összekötésével a helyzet javul.

Az előbb már említett példára vonatkozó részletes vizsgálatok eredményeit a 6. ábra szemlélteti. A függőleges tengelyen az állomás védőföldelő-rendszerének feszültségemelkedése olvasható le aszerint, hogy a vízszintes tengelyen megjelölt hányadik oszlopon keletkezik a föld-rövidzárlat. Az egyes görbék az állomás földelő hálózatának különböző értékeihez tartoznak.

Az előbbiekben a földeléssekkel kapcsolatos kutatásokról és azok eredményeiről csak rövid tájékoztató képet szándékoztam adni. E felszólalás célja



6. ábra.

elsősorban, hogy felhívjam a tisztelt Akadémia és az illetékes szakkörök figyelmét erre, az országos villamosítással kapcsolatban fontos szempontra, és egyben jelezhessem, hogy e földelésekkel kapcsolatos kutatásokról rövidesen részletes tudományos közlemény fog megjelenni. E közleményben az érdeklődő felvilágosítást kap a kutatás módszereiről, az elméleti meggondolásokról és számításokról, a kísérleti eredményekről, s megtalálja benne az egyes kivitelezésekre vonatkozó pontos gyakorlati útmutatásokat is.

Remélem, hogy ezeknek, — a Villamosítási Kutatási Bizottság által irányított — kutatásoknak eredményei mind az életbiztonság fokozása, mind az energiaszolgáltatás üzembiztosabbá tétele terén komoly előrehaladást fognak jelenteni.

GÉP-GYÁRTÁSUNK ANYAGMEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEI A KORSZERŰ TECHNOLÓGIAI MÓDSZEREK RÉVÉN

BIRÓ FERENC lev. tag előadása az 1950 november 28-i osztályülésen

A Magyar Népköztársaság kormánya az ötéves terv célkitűzéseit a következőképpen foglalja össze:

»Népgazdaságunk feljesztése, a dolgozó nép életszínvonalának további emelése, valamint az ország függetlenségének biztosítása céljából a Magyar Népköztársaság első ötéves népgazdasági terve egyik főfeladatául tűzte ki, hogy Magyarországot agrár-ipari országból ipari-agrár országgá alakítsa át. E feladat megvalósításának elengedhetetlen feltétele, hogy ipari, elsősorban nehézipari termelésünk mennyiségének fokozása mellett a termelés műszaki színvonalát is jelentős mértékben emeljük.«

Ennek a hatalmas feladatnak megvalósítása céljából dolgoztuk ki és fogadta el kormányzatunk a nehéz- és a könnyűipar ötéves műszaki fejlesztési tervét, közöttük a gépiparét is.

Bármennyire törekednénk is, az Akadémiai Nagyhét keretében betartani bizonyos határvonalakat népgazdaságunk egyes szektorai problémáinak taglalásában, mégis abból a tényből kell kiindulnunk, hogy a gépiparnak elsősorban az ötéves tervben előirányzott gépberuházások teljesítését kell biztosítani a bányászat, az energiatermelés, a kohászat, a gépipar, a vegyipar, a mezőgazdaság, az építészet, a közlekedés, a honvédelem stb. terén. Feladata továbbá, hogy a gép-export emelésével külkereskedelmünk további fejlesztéséhez megfelelően hozzájáruljon.

Ez röviden azt jelenti, hogy a gépiparnak óriási mennyiségű s a legkülönbözőbb féle és fajta anyagot kell feldolgoznia, hogy népgazdaságunk mindjobban növekvő gépszükségletét biztosíthassa.

Éppen ebből a feladatból adódik az, hogy a gépipar ötéves tervének középpontjában a szerszámgépgyártás gyorsütemű fejlesztése áll.

*Viszonylagos számokban kifejezve, a szerszámgépgyártás az ötéves tervben 170%-ra emelkedik előirányozva, az egész gépipari termelésen belüli részesedése pedig 4,68%-ról 7%-ra nő.

Az említettek egyáltalán nem jelentik a gépgyártás többi szektorainak — mint pl. a bányászat gépesítése, szállítási és közlekedési eszközök gyártása, a kohászat és az energiatermelés stb. növekvő gépszükségletének biztosítása — elhanyagolását avagy másodrendűségét, hiszen éppen a szerszámgépipar gyorsütemű fejlesztése s csakis ez szolgálhat biztos alapul a felsorolt döntő fontosságú gépipari ágazatok szükséges ütemű fejlesztéséhez.

* Ezek az adatok a megemelt ötéves terv szerint módosultak.

Az egész gépipar termelésének növekedése az ötéves tervben 138%-kal van előirányozva. Ebből nyilvánvaló, milyen hatalmas az a feladat, amely előtt a gépipar áll az ötéves terv célkitűzéseinek megvalósításával kapcsolatban.

A gépipar fejlesztésének az ötéves tervben rögzített számai, még viszonylagos kifejezésükben is, minden műszaki és tudományos munkatárs előtt világosan mutatják azt az óriási mennyiségbeli növekedést, amelynek eléréséhez a felszabadulás előtt hosszú évtizedek kellettek; ugyanakkor nyilvánvaló mindenki előtt az a tény is, hogy ezt a hatalmas mennyiségbeli növekedést csak az egész gépipar munkájának megfelelő minőségbeli változása útján lehet megvalósítani. Vagyis, röviden szólva, az előttünk álló feladat távolról sem csupán a gépipari kapacitás egyszerű, mennyiségbeli meghatványozásából áll, hanem egyben és nem kevésbbé a kapacitásnak sokkal minőségesebb, magasabb hatásfokkal való kihasználásából is, az egész munkaerő és anyaggazdálkodás sokkal magasabb színvonalú megszervezéséből.

A gépipar előtt álló óriási feladatok komplex megoldása távolról sem egyszerű műszaki avagy szervezési kérdések megfejtésében nyilvánul meg. A gépipar ötéves műszaki fejlesztési tervének megvalósítása elsősorban magábanfoglalja ennek a tervnek helyes felparcellázását az iparágon belül, az egyes vállalatokon és az egyes üzemrészeken belül. Már magának ennek a feladatnak a sikeres megoldásához sem elégséges a szűk értelemben vett műszaki felkészültség, hanem döntő mértékben fontos az, hogy műszaki és tudományos munkatársaink mennyire képesek megérteni és felmérni a felszabadulásunk következtében beállott forradalmi politikai és gazdasági változásokat, ezzel kapcsolatban mennyire tudják megérteni a szocializmus építésének megfelelő műszaki politika szükségszerűségét és helyesen kijelölni annak kiinduló pontjait.

A Tudományos Akadémia komoly segítséget tud nyujtani felső kormányzati szerveinknek az ötéves műszaki fejlesztési terv tudományos kutatási feladatainak helyes meghatározásában, de emellett nem hanyagolható el egy másik igen fontos feladat sem, nevezetesen az, hogy az Akadémia a műszaki osztályon keresztül hasson oda, hogy a műszaki tudományok által már elért és nagyszerű eredményeket produkáló vívmányok minél előbb, minél gyorsabban, minél szélesebb méretekben terjedjenek el a konkrét termelés gyakorlatának mindennapos életében.

Az ötéves terv konkrét feladataival kapcsolatban világosan kell látnunk az az óriási változást, különbséget, melyet a szocialista tervgazdaság idézett elő a kapitalizmus anarchisztikus gazdasági rendszerével szemben. Ez a probléma állandóan napirenden van, függetlenül attól, hogy országos jelentőségű nagy ipari vállalat létrehozásának szükségességét tárgyaljuk, tudományos kutató intézet munkatervét vitatjuk, avagy egyéb műszaki tudományos kérdések megoldását illetőleg határozunk.

A szocializmus perspektívájának átérzése, az új iránti érdeklődés, a régihez, megszokotthoz való ragaszkodásnak s a fétisek előtti feltétlen meghajlás-

nak felszámolása elkerülhetetlen előfeltétele annak, hogy az ötéves terv megvalósításának ügyében eleget tudjunk tenni annak a nagy feladatnak, amely a magyar dolgozó nép bizalmából reánk hárul.

Amikor mi, műszaki tudományos és általában műszaki dolgozók, valamilyen új probléma kidolgozásához hozzáfogunk, tapasztalnunk kell, hogy jelenleg nem korlátoz bennünket a megoldások megtervezésében és végrehajtásában a kapitalizmus anarchisztikus gazdasága. Adva van a világos perspektíva, nem nyugtalanít bennünket a válságok réme, pontosan számításba vehetjük a népgazdaság egyéb szektoraival kapcsolatos kölcsönös kihatást. Meg van adva a lehetőség arra, hogy az egész ország szükségletét (sőt gyakran még a nemzetközi együttműködést is) szem előtt tartva, dolgozzuk ki és valósítsuk meg a lehető legkorszerűbb és legcélszerűbb megoldást.

Nem fékezi többé sem a tudóst, sem a mérnököt a problémák helyes és racionális megoldásának kidolgozásában a munkanélküli tömegek (kapitalista kizsákmányolás szempontjából) minden gépesítésnél olcsóbb munkaereje. Ma az ember a legdrágább tőke.

Nincs már kényszerítve sem a tudós, sem a mérnök arra, hogy kapitalista reklámcélok érdekében agyonkomplikálja avagy agyonnyomorítsa a helyesen, észszerűen elgondolt avagy megszerkesztett gépet, műszert stb.

Bátran tervezhet már bárki a modern technika összes vívmányainak, a maximális hatásfoknak figyelembevételével.

Ugyanez áll és nem kisebb mértékben a termelés szervezeti problémáival foglalkozó tudományos és műszaki dolgozókra is. Kormányzatunk és Pártunk mint döntő fontosságú feladatot tűzte elénk ipari vállalataink elavult termelési szervezeteinek gyors ütemű modernizálását, átszervezését.

A műszaki tudományos tevékenység bármely terére tekintünk, mindenütt végtelen lehetőségek nyílnak minden becsületesen dolgozni akaró ember előtt.

Az ötéves terv műszaki problémái rendkívül nagyszámúak, változatosak és sokoldalúak még a szűkebb keretekbe foglalt tisztán gépezeti, illetve gépipari vonatkozásban is.

Az anyagokkal kapcsolatos tudományos kutató munka, új szerkezetek és gépek korszerű konstrukciója, a termelés folyamatos megszervezésének és végrehajtásának tudományos kérdései, az anyagmozgatás, a nehéz, egészségtelen munkák gépesítése, a gazdaságos anyaggazdálkodás, a szabványosítás, a profilírozás és sok más egyéb — igen fontos probléma, s nem utolsó sorban, hanem döntő mértékben a tudományos és műszaki munkaerők kiképzésének, fejlesztésének kérdése.

II.

A fentiekben már említettem azt a tényt, hogy a gépiparnak óriási mennyiségű és számtalan fajtájú anyagot kell feldolgoznia az ötéves terv megvalósításának folyamán. Éppen ezért az anyaggazdálkodás, az anyagtakarékosság nem

mellékkérdés, nem csupán egy probléma a sok közül, hanem döntő fontosságú feladat, a melynek. helyes megoldása érdekében mozgósítani kell a műszaki tudomány erőit.

Az észszerű üzemi anyaggazdálkodás, a rendszeres anyagtakarékosság problémája nem elszigetelt, magában álló kérdés, hanem szoros kapcsolatban van az üzemek, sőt mi több, az egész ipar egyéb igen fontos műszaki és szervezeti ügyeivel.

A helyes anyaggazdálkodás lényegében az üzemek belső erőforrásainak felfedésének és azok mozgósításának legfontosabb része.

Eklatáns példaként legyen szabad hivatkoznom a Rákosi Mátyás Vas- és Fémművek adataira.

Közismert, hogy ez az ipari kombinát magában foglalja az acél- és fémkohászat teljes skáláját, egy egész sor gépgyárat, az előbbiekhez szükséges karbantartó, regie-erőmű és anyagmozgatás üzemeit. A kombinát bruttó-kiadásainak több mint 50%-át a különböző anyagok költségtételei teszik ki. Mindenki előtt világos tehát, hogy mily nagy horderejű probléma az anyaggazdálkodás helyes, célszerű megszervezése.

Az anyagmegtakarítás lehetőségeinek technológiai módszerekkel való kiaknázása magában foglalja egy egész sor különféle műszaki és szervezeti intézkedésnek megvalósítását.

Rendszeresen kiépített anyaggazdálkodásról csak jól megszervezett és pedig a szocialista üzemszervezési elvek alapján megszervezett vállalatnál lehet szó. Minthogy ezen a téren a gépipari üzemek még igen kezdetleges stádiumban vannak, igen nagyok az anyagmegtakarítás lehetőségei.

Minthogy a technológia kérdései szoros és elválaszthatatlan kapcsolatban vannak az üzemszervezési problémákkal és egymásra igen jelentékeny, kölcsönös hatást gyakorolnak, a szűk értelemben vett technológián kívül kénytelen vagyok a szervezeti kérdéseket is érinteni.

A célszerű anyaggazdálkodást, az anyagmegtakarítás állandóan működő folyamatosságát szervezetileg kell biztosítani. Vagyis szükséges olyan vezetőszerveknek a léte és jól beágyazott munkája, amelyeknek ha nem is egyedül az anyagmegtakarítás a feladatuk, de egyik legfőbb feladatuk.

Melyek ezek a szervek?

Először is a szerkesztő osztály, amelynek már a gyártmányok megtervezésénél abból kell kiindulnia, hogy a szerkezetek minél kevesebb anyagot emésszenek fel, minél kevesebb alkatrészből álljanak, minél kevesebb deficites és drága anyag legyen beépítve, minél több egyforma, illetve tipizált alkatrész legyen beépíthető a különböző szerkezetekbe, és nem utolsósorban, hogy az egyes alkatrészek és géprészlegek minél egyszerűbb műveletekkel legyenek legyárthatók, vagyis a konstrukció technológiai szempontból is, a lehetőségek szerint, jól legyen kidolgozva.

Például álljanak a mi szerkesztőink előtt a szovjet gépek konstrukciói,

amelyek kivitelükben igen egyszerűek, az alkatrészek jelentékeny része, az armatura, sőt egész szerelvényrészlegek szabványosítottak, céltudatosak, nincs rajtuk semmi felesleges megmunkálás, erőátvitel szempontjából nem túlméretezettek, egyszóval célszerűen megszerkesztett gépek. Ezek a szerkezetek híven tükrözik a szocialista tervgazdaság lényegét a gépek szerkesztése terén.

Az ilyképpen megtervezett gép felépítésekor igen jelentékeny anyag-, szerszám-, energia- és, ami nem kevésbbé fontos, időmegtakarítás jön létre.

A magyar gépiparban is találkozunk ilyenirányú eredményekkel. A R.M. Szerszámgépgyár gyártotta vízszintes HF—21, függőleges VF—21 és egyetemes UF—21 marógép alkatrészei, egyes szerelvény részlegei több mint 70%-ban tipizált alkatrészből állnak. Az új modernizált vízszintes, függőleges és egyetemes F—22/*a*.típusú marógépeken a tipizálás már az alkatrészek több mint 80%-át öleli fel. A nagy öntött állványokat, asztalokat úgy alakították ki, hogy kielégítsék a gépformázás és a nedves formákban való leöntés követelményét. A célszerű szerkesztési megoldások lehetővé tették a megmunkálások jelentős egyszerűsítését. Ennek eredményeként a drága, magas képzettséget követelő, és rengeteg időt fölemésztő horizontális esztergaművelet helyett egyszerű fúró-operációk alkalmazása vált lehetővé. Mindez a termelékenység meghatványozását, rengeteg idő, energia és segédanyag megtakarítását eredményezte.

Egy másik szemléltető példája a célszerű konstrukciónak a Csepel Autogyár gyártotta teherautó, Ennek jól átgondolt, egyszerű és technológiailag nagyszerűen megoldott kivitele nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a gyár egyébként is jól dolgozó kollektívája viszonylag igen rövid idő alatt mind mennyiségi, mind minőségi viszonylatban fel tudta futtatni a termelést. A helyes konstrukció lehetővé tette az indítási és felfuttatási idő igen jelentékeny csökkentését, ami pedig anyag, szerszámozás, energia, munkaerő és egyéb ráfordítások vonatkozásaiban sok milliós megtakarítást jelentett.

Az említett példákból mindenki számára nyilvánvaló, hogy az anyagtakarékosságnak a szerkesztő irodákban kell kezdődnie, és hogy ez feltétlenül megköveteli a szerkesztők és a technológusok szoros együttműködését.

Az anyagmegtakarításnak, az anyaggal való takarékos gazdálkodásnak egy másik, a technológiával szoros kapcsolatban levő, de mégsem közvetlenül a gyártási műveletekből fakadó módja, a termelés folyamatában egy időben megmunkálás alatt levő anyagok és félkész alkatrészek mennyisége eszközölhető.

A mi gépgyáraink túlnyomó többségében egy bizonyos paradoxális jelenség állandósult. Egyrészt a műhelyek tömve vannak csak részben megmunkált alkatrészekkel, másrészt ugyanakkor és ugyanott állandóan az anyag- és az alkatrészhiány paralizálja a termelés tervszerű menetét.

Egyrészről rengeteg anyag van felhalmozva a műhelyekben, hatványozottan több, mint amennyire a termelési programm megvalósításához feltétlenül szükség volna. Ez a szükségesnél sokkalta több anyag, vagyis felesleges forgótőkebefagyasztást jelent. Továbbá sokkal több anyag

mozgatása sokszorosan növeli az anyag-, az energia- és a munkabérköltséget, jelent. A szükségesnél sokkal nagyobb mennyiségű alkatrész megmunkálás közbeni és végső műszaki ellenőrzése sokkal több ellenőrt, mérőszerszámot követel meg, és minthogy ez igen gyakran nem áll rendelkezésre, a selejt szintén hatványozottan több, mint normálisan megengedhető volna, végül, de nem utolsósorban éppen amiatt, hogy sokkal több az üzemben az anyag, mint szükséges, a termelés áttekinthetetlen, rendszertelen ; senki sem tudja pontosan, miből mennyi van és milyen megmunkálási stádiumban. Tervfelbontást ilyen körülménye között a munkahelyig nem képesek megvalósítani. Az eredmény a ciklikus sturmolás a hónap második felében. Ez ismét rengeteg selejtet, túlórát, energia- és anyagpazarlást hoz magával.

Tehát a termelési, a dispátcher-osztályok rossz munkája avagy azok nemléte következtében jelentős mennyiségű anyagfölösleg gyülemlik össze az üzemekben, amely elkerülhetetlenül hatalmas anyag-, munkaerő- és energiaveszteség egyelő. Elrettentő példa volt az ilyenfajta gazdálkodásra az RM. Motorkerékpárgyár és Varrógépgyár, ahol hosszú hónapokon keresztül minden szükséges tárgyi adottság mellett, óriási anyagpazarlás közepett s a megengedettnél hatványozottabban több selejt mellett, a programmteljesítés a tervvel szemben állandóan lemaradt.

A dispátcher-szolgálat megerősítése, a zárt ciklusok következetes és bátor megvalósítása rövid pár hónap alatt teljesen megváltoztatta ennek az üzemnek arculatát.

De nemcsak a RM. Művekben volt fellelhető az anyaggazdálkodásnak a fentiekben ecsetelt sajnálatos állapota. A gépiparban igen sok helyen az még a helyzet, hogy a termelés szervezete egyáltalán nem felel meg a termelés méreteinek. Ennek végső fokon az egész termelési folyamat dezorganizáltsága és hatalmas anyagpocsékolás és veszteség a következménye.

Ennek a problémának helyes megoldása hatalmas anyagmegtakarítást és forgótőkecsökkentést jelent gépiparunk számára.

Az elhangzottakhoz még azt kívánom hozzáfűzni, hogy a gyártás szempontjából gazdaságos szerkezeteket, valamint jól beágyazott dispátcher-szolgálatot csak ott lehet megvalósítani, ahol rendszeres és jól kidolgozott technológia alapján folyik a termelés. Ugyanez áll természetesen a Műszaki Ellenőrzési Osztály, a MEO eredményes működésére is. Azt hiszem, nem kell bizonyítgatnom azt az axiómát, hogy a MEO célszerű munkája igen hatalmas anyag-, energia- és időmegtakarítást biztosít üzemeinknek.

Mielőtt rátérnék magából a korszerű technológiából közvetlenül adódó anyag- és egyéb megtakarítások lehetőségeire, hadd szólok röviden még egy pár szót a gépgyártás technológiájáról.

Amennyiben mi komoly. állandó hatású, folyamatosan növekvő és nem kampányszerű eredményeket akarunk biztosítani a modern technológia alkalmazásával, úgy elsőrendű és halaszthatatlan feladatunk a gépgyártás technoló-

giájának mint rendszeres tudománynak a kialakítása, illetve létrehozása. Én azt hiszem, hogy ez a Tudományos Akadémiához méltó feladat, és ennek oroszlánrészét a Gépészeti Szakosztály van hivatva elvégezni. E feladat megoldása igen nagy és komoly, a szó szoros értelmében vett tudományos munka elvégzését követeli meg.

Először is el kell dönteni, mit értünk a gépgyártás technológiáján, mint önálló tudományon, és meg kell határozni e tudomány kereteit.

Másodszor össze kell gyüjteni és szisztematizálni mindazt a nagyszámú és sokoldalú anyagot, amelynek alapján a gépgyártás technológiája, mint önálló tudomány felépülhet.

Csak így biztosíthatjuk, hogy műegyetemeinken s a műszakiakat továbbképző tanfolyamokon gépgyártás technológiája néven ne véletlen, önkényesen traktált anyagot tálaljanak a hallgatók elé, hanem komoly műszaki tudományt adjanak elő, melynek elsajátítása képessé teszi őket a gépgyártás gyakorlatában felmerülő sokoldalú feladatok megoldására.

A gépgyártás technológiájának mint önálló tudománynak kialakítását parancsolóan követeli a mi szocialista építkezésünk, az ötéves terv megvalósítása, mert csakis ennek az alapján honosítható meg és állandósítható gépipari üzemeinkben a feltétlenül szükséges műszaki fegyelem, csakis a tudományos technológia alapján leszünk képesek megfelelő pontossággal tervezni és a gépipari kapacitásból maximális eredményeket kihozni.

A gépgyártási termelés közvetlen folyamatában nagyjában és egészében három nagy csoportra lehet osztani a gyártási műveleteket, éspedig:

1. előkészítő műveletekre: leszabó operációk, kovácsolás, hideg és meleg sajtolás, öntés;

2. gépi, illetve forgácsolási műveletekre (a közbeeső hőkezelési operációkkal), amelyek az egyes alkatrészek formáját, felületi és egyéb fizikai minőségét, valamint méreteinek végleges kialakítását célozzák (bejáratás, kipróbálás);

3. szerelési műveletekre, amelyek az egyes alkatrészekből a kész gépek és szerkezetek végleges összeépítését célozzák.

A gépgyártási műveleteknek ez a csoportosítása csak igen megközelítőleg és feltételesen fogadható el, mert a korszerű technológia vívmányainak eredményeképpen, az egyes csoportok között a legkülönbözőbb eltolódások adódnak.

Anyaggazdálkodás és takarékosság szempontjából azonban minden kétséget kizáróan kijelenthetjük, hogy mind a három csoportban foglalt műveleteknél hatalmas belső erőtartalékok hozhatók felszínre.

Ha csoportonként sorba vesszük az egyes műveleteket, megállapíthatjuk, hogy mindjárt az elsőnél, a leszabás operációjánál hatalmas anyagmegtakarítás eszközölhető az anyagok méreteinek helyes kiszámításával, illetve az elkövetkező operációkra való ráhagyások helyes megállapításával. Ez éppen úgy áll a forgácsolási, mint a présben való kivágási avagy sajtolási eljárásokra. A kivágás helyes kombinációja pl. rengeteg anyagmegtakarítást biztosít.

A ráhagyások pontos megszerkesztése igen fontos a melegsajtolás és a gépi kovácslás műveleteinél is. Ezen a téren gyakran tapasztaljuk, hogy a technológusok indokolatlanul nagy ráhagyásokkal törekszenek biztosítani a kovácsolás avagy sajtolás utáni méreteket. Az egyik gépgyárban pl. egy tömegcikk gyártása esetében több mint 10% ráhagyást alkalmaznak csak a kemencében történő felületi leégésre, ahelyett, hogy a kemencét folyamatos adagolásra egy kissé átalakítanák. Ezzel évente többszáz tonna acélt takarítanának meg, nem is beszélve a drága üzemanyagról, amelyet az említet 10% elégetésre pazarolnak el.

A szükségtelenül nagy ráhagyások a kovácsoló és meleg sajtoló műveleteknél nemcsak acél- és üzemanyag-pazarlást vonnak maguk után, hanem legtöbb esetben igen gyorsan el is koptatják, tönkreteszik a drága kovácsoló- és süllyesztőszerszámokat és megerőltetik magukat a gépeket, (az ilyenkor keletkező túlzott feszültséggel). Ezzel hatalmas mértékben növelik a rezsi-kiadásokat, és ugyanakkor csökkentik a gépek kihasználási lehetőségét.

Komoly anyag- és időmegtakarítást biztosít egyes alkatrészeknek függőleges préseken való sajtolás helyett horizontális kovácsoló gépeken való kovácsolása, valamint frikciós ejtőkalapácsok alkalmazása süllyesztési munkálatok helyett ott, ahol az *anyaghosszal való* nyújtást kell kieszközölni.

A kerékpár hátsó agyát például azelőtt hidraulikus présen sajtolták már egy megelőző melegsajtolási, valamint egy hideg darabolási (fűrészelési) operáció végrehajtásával.

A hátsóagy ilyképpeni meleg mechanikai megmunkálása 7,5 percbe került. Áttérve a horizontális kovácsológépre, a hátsóagy egyetlen művelettel egy perc alatt készült el a rúdanyagból, még hozzá sokkal kevesebb ráhagyással a következő műveletekre, mivel itt százezrekről van szó, ez az áttérés igen jelentős acél-, üzemanyag-, munkaerő- és időmegtakarítást eredményezett.

Nem beszélve a modern, folyamatos és semleges gázlégkörrel revementesen működő kemencéknek, az indukciós és középfrekvenciás hevítőkészülékeknek alkalmazásáról, amelyek hatalmas mennyiségű acél és fűtőanyag megtakarítását biztosítják, és jelentékenyen olcsóbbá teszik a következő operációkat azzal, hogy kiküszöbölik az egészségtelen homokfúvásnak vagy a vastag reveréteg vegyi úton való lemarásának műveleteit, a helyes méretű ráhagyásokkal és a felhevítés figyelmesebb eszközlésével országos vonatkozásban sokezer tonna acélt és rengeteg üzemanyagot lehet megtakarítani.

Természetes, hogy az új üzemek és üzemrészek megtervezése avagy a régiek rekonstruálása során mindenüvé korszerű folyamatos kemencét és elektromos hevítést kell beállítani, és ahol csak lehet, biztosítani kell a termelési processzus folyamatosságát. Tekintettel arra, hogy az ötéves terv megvalósításának folyamán egész sor új gépgyárat építünk és sok régit rekonstruálunk, tervezőinknek arra kell törekedniök, hogy új és rekonstruált üzemeink teljesen korszerűen, a műszaki tudomány vívmányainak megfelelően legyenek kialakítva a kovácsolás és a melegsajtolás terén is.

Az öntési technológia terén az utolsó másfél évben megindult egy egészséges műszaki fejlesztési folyamat. A gépi formázás mindinkább kiszélesedik. Egyes helyeken rátérnek lassanként a folyamatos termelésre. Igen sikeresen alkalmazzák a nedves formákban való öntést nagyméretű és igen komplikált szürkeöntvények esetében is. Komoly eredmények mutatkoznak a homokelőkészítés terén is. Igen eredményes kísérletek folynak a szürke öntöttvas modifikálása és a gömbszemcsés szürkeöntvény széleskörű alkalmazására ott, ahol eddig acélöntvényt vagy temperöntvényt használtak.

Az öntvénygyártás egyik legelmaradottabb terén, az öntvénytisztítás egészségtelen, nehéz és piszkos műveleteinél is elkezdődött a helyes, gépesített és hidraulikus módszerrel való megmunkálás.

A könnyű- és a színesfémek öntésénél mindjobban terjed a kokillák és a fröccsöntés alkalmazása és az áttérés a folyamatos termelésre.

Az öntödei technológia vonalán továbbra is döntő feladat a műveletek sokkal nagyobb iramú gépesítése és a rátérés a folyamatos menetű termelésre. Különös tekintettel kell lennünk a nehéz, egészségtelen munkák fokozott gépesítésére, amilyen pl. a közép- és nagyméretű acél- és szürkeöntvények tisztítása. Ez utóbbinál különösképpen, de az öntőiparban általában, a munkaerőprobléma mindinkább kiéleződik. Az egyetlen helyes megoldás a gépesítés gyorsütemű fejlesztése, mert ez mind a munkaerő, mind a minőség kérdésének megoldását a leggyorsabban és a legmegbízhatóbban garantálja.

A gépesítésen kívül különös tekintettel kell lenni az öntő technológia kohászati vonatkozásainak korszerűsítésére. Itt utalok a már említett modifikálásra és hangsúlyozottan a gömbszemcsés szürke öntöttvas mind szélesebb alkalmazására. A gömbszemcsés öntöttvas mint új konstrukciójú anyag jelentkezik, amely egyesíti magában a szürkeöntvény és az acél tulajdonságainak előnyeit, hatalmas anyagmegtakarítást biztosít az acélfogyasztás vonalán, a temperöntvények terén pedig óriási üzemanyagmegtakarítást eredményez. A 180—200 órás temperidő 10—20 órára való csökkentése kb. tízszeres üzemanyagmegtakarítást jelent. Ennek a mi eléggé feszült fűtőanyag-mérlegünkben igen nagy a jelentősége. Ugyanakkor felszabadít egy sor kemencekapacitást is, ami szintén igen égető problémája a gépiparnak.

A modern öntőtechnológia új vívmányai közül az említetteken kívül rendkívüli jelentőségű még a preciziós öntés. Ez a megmunkálás mindszélesebben terjed el az ipari országokban, különösen a Szovjetunióban. Nálunk, sajnos, még nem nyert megfelelő alkalmazást, habár egyesek sikeres lépést tettek már ezen az úton. A preciziós öntés az esetek nagytöbbségében biztosítja az alkatrészek teljesen végleges konfigurációját ott, ahol azelőtt igen jelentős forgácsolási megmunkálásra volt szükség, és így teljesen megtakarítja a mechanikai megmunkálás igen költséges operációit, azonkívül nagyon jelentős anyagmegtakarítást biztosít a különösen drága, magasan ötvözött nemesacélok vonatkozásában. Ezt a technológiát különösen széles körben alkalmazzák forgácsoló-szerszámok,

turbinalapátocskák és egyéb pontos alkatrészek gyártásánál. Ezzel a módszerrel ma már nemcsak marókat, dörzsárakat, fúrókat készítenek, hanem olyan preciziós és igen munkaigényes szerszámokat is, amilyenek a Fellows-, Maág- és Gleason-késekek. Ezeket a szerszámokat így gyártják a Szovjetunió szerszámgyáraiban. Elképzelhető milyen óriási anyag-, idő-, gép- és energiamegtakarítást jelent ez ott. Ha még tekintetbe vesszük, milyen jelentős nálunk a szerszámhiány, s mennyire fékezi ez gépgyártásunk ütemét, megvilágosodik ennek a technológiának jelentősége. Bevezetését minden erővel támogatnunk kell. Mellesleg meg kell jegyeznem, hogy a preciziós öntésnél teljes mértékben felhasználják az egyéb gyártási folyamatoknál összegyülemlő gyorsacélhulladékanyagot.

A Fellows-késekek preciziós öntéssel való gyártásánál pl. hatványozottabban jóval kevesebb nemesacélanyagra van szükség, mint a kovácsolással kialakított félkészanyag esetében. A Maág-késnél kb. 50% az anyagmegtakarítás, a megmunkálás pedig egyharmada a kovácsolt félkészből gyártottnak.

Körülbelül az említett keretek között ingadoznak az anyag- és megmunkálási megtakarítások a többi forgácsoló szerszámok és egyéb alkatrészek preciziós öntéssel való gyártásánál is. Ha már a forgácsoló szerszámoknál tartunk, legyen szabad megemlítenem a nemesacél ráhegesztésével készülő fúrók, dörzsárok, marók és egy egész sor kivágó, süllyesztő- és kovácsolószerszám gyártási módját. Ez a megmunkálás általában ismert nálunk, de csak nagyon kevéssé van elterjedve, noha a drága nemes, ötvözött acélmegtakarítás itt is igen jelentékeny, s azonkívül ez a technológia állandó lehetőséget nyujt az említett modern, elkészített szerszámok regenerációjára.

Egy másik, a gépgyártás terén igen nagyjelentőségű technológiai ágazat a porkohászat. Nálunk ezt idáig leginkább kerámikus keményfém-lapocskák gyártásánál alkalmazták. Erre a célra ezt a gyártási módszert előkészítő műveletként bizonyos fenntartással el lehet fogadni. Ámde a modern gépgyártás technológiája a porkohászatot távolról sem korlátozza csupán a forgácsoló és egyéb szerszámok keményfém-lapocskáinak gyártására, hanem mind nagyobb tért hódít ez a gyártási módszer az egyes alkatrészek teljesen készre való gyártásában is. Itt a legkülönbözőbb és igen bonyolult formájú, igen precíz illesztésekkel és tűrésekkel gyártott, acélból, szürke öntvényből, bronzból és egyéb fémekből és ötvözetekből készült egészen kész alkatrészek gyártási módszeréről van szó. Ilyképpen itt már természetesen nem lehet a szó szoros értelmében csak előkészítő gyártási műveletekről beszélni, mert a porkohászat módszerével gyártott alkatrészek a legtöbb esetben teljesen kész formájukban és méretükben gyártódnak. Ennek a gyártási módszernek az anyag-, idő-, energia- stb. megtakarításon kívül igen nagy előnye, hogy igen rugalmasan alkalmazható a nagyszériában és a tömegben gyártás követelményeihez. Mivel a legkülönbözőbb ötvözési kombinációkra nyujt lehetőséget, antifrikciós, olajjal és grafittal telített csapágyak,

perselyek, fogaskerekek, armaturák s más egyéb alkatrészek gyártására igen alkalmas. Anélkül, hogy termelési módszer előnyeinek ismertetésébe bocsátkoznék, — hiszen véleményem szerint ez minden műszaki munkatárs előtt teljesen világos, — felhívom a tisztelt hallgatóságot és a Tudományos Akadémia műszaki osztályát, karolja fel a porkohászat minél szélesebbkörű alkalmazásának ügyét a gépipar minden területén.

A porkohászat széles méretekben való elterjedése nemcsak a gépiparra hat majd előnyösen, hanem a finommechanikai ipart és a műszeripart is gyorsütemben fejleszti. A finommechanikai iparnak és a műszeriparnak gyorsütemű fejlődése viszont jó szolgálatokat tesz gépiparunk fejlesztése ügyének.

A porkohászat tehát nem csupán egyik részletkérdése a modern technológia fejlesztésének, hanem sarkpontja a gépipar egész műszaki fejlesztési tervének. Eszerint kell kezelni.

Áttérve a forgácsolással történő gépi megmunkálás terére, az ötéves terv megvalósításának folyamán mindinkább háttérbe kell szorítanunk a drága és alacsony teljesítményű univerzális szerszámgépeket és revolverpadokat, típusgépeket, félautomatákat és automatákat kell alkalmaznunk helyettük. Ezen a téren mi igen el vagyunk maradva. Ennek tulajdonítható, hogy a kelleténél több anyagot, időt és munkaerőt használnak fel majdnem mindenre üzemeink túlnyomó többségében. Az alacsony kapacitású, univerzális megmunkáló- és szerszámgépek nemcsak magát a termelést drágítják meg, nemcsak rengeteg fölösleges szakmunkást követelnek, hanem jelentékeny mértékben drágítják a beruházások épületrészlegeit is, mert az univerzális gépekkel folyó termelés sokkal nagyobb alapterületet, illetve kész épületet kíván, mint a nagykapacitású, modern gépekkel való termelés.

Az univerzális gépekre alapozott gyártás eszerint jelentékenyen megnöveli a termelés generális beruházási költségeit is, ezzel túlterheli az amúgyis komoly nehézségekkel küzdő építőipart, és ezen a vonalon is jelentékeny többletkiadást okoz anyagban, energiában és munkaerőben. A mechanikai megmunkálás területén komoly műszaki számítás alá kell venni a meglevő gépparkot is, technológiai vizsonylatban az egyes műveletek koncentrálására, összevonására kell törekedni. Az úgynevezett kis mechanizálás vagy automatizálás eszközeivel ahol csak lehet, el kell érnünk, hogy minél több forgácsoló szerszámot alkalmazzunk egyidőben, minél több műveletet végezzünk egyszerre, úgy, ahogy legjobb élmunkásaink, sztahanovistáink teszik. Azon kell iparkodnunk, hogy a termelési programmot létszámváltozás, jobban mondva létszámemelés nélkül minél kevesebb műszakban végezzük el. Az ilyen irányú tevékenység megnöveli az egy műszakra eső termelés méreteit, lehetővé teszi a nagyobb szériában avagy tömeges méretben folyó gyártást, és megadja a korszerű technológia kialakulásának lehetőségeit, végső eredményként tehát hatalmas termelési kapacitást szabadít fel újabb feladatok megvalósítására, és óriási megtakarítást biztosít új gépek beszerzés vonalon.

A mechanikai megmunkálással szorosan összefüggenek az alkatrészek forgácsolási műveletei közé beiktatott hőkezelési operációk. Legtöbb üzemünkben igen elmaradt a hőkezelési technológia, emiatt rengeteg a selejt, sok drága üzemanyag pocsékolódik el, túlzott a munkaidő és a munkaerők igénybevétele. Ezen a téren a műszaki tudományok helyét nagy általánosságban a szemmérték tölti be. A hőkezelés korszerű technológiájának kialakulásához megvan minden objektív adottság, csak bátran rá kell térni a célhoz vezető útra. A Szovjetunió és Csehszlovákia szerszámgépiparában az alkatrészek hőkezelési műveleteit oroszlánrészben közép- és magasfrekvenciás hevítéssel végzik. Először is nem kell felhevíteni az egész alkatrészt, hanem csak a munka felületét kitevő részt, azaz az alkatrész anyagának csupán egy parányi töredékét (másodpercek alatt), így óriási energia- (olaj), idő- és munkaerőmegtakarítás jön létre. Másodszor a közép- vagy magasfrekvenciás hőkezelés, valamint a gázlánggal folyó igen jól bevált felületi hőkezelés — minthogy az alkatrésznek csak egy parányi részét hevíti fel – gyakorlatilag minimális alak- és méretdeformációt okoz és így az alkatrész hőkezelésre majdnem teljesen megmunkálva kerül, illetve a hőkezelés utáni köszörülő műveletre már a minimális ráhagyás is biztosítja a szükséges végső méretet és a felület finomságát. Ez ismét nagyon komoly megtakarítással jár. Sokáig lehetne még méltatnom a felületi hőkezelés előnyeit, ezúttal azonban csak arra akarok még rámutatni, hogy a magas-, a középfrekvenciás a gázlángos felületi hőkezelés berendezés és legyártás szempontjából, a magyar ipar jelenlegi színvonalán, semmiféle különösebb műszaki nehézséget nem okoz. Az a kezelés sokkal kevesebb gyakorlatot követel, mint a kemencék és mostani egy pár óra alatt elsajátítható, tiszta és egészséges munka. Magát a mechanikai megmunkálást erősen leegyszerűsíti.

Az ötéves terv megvalósításának folyamán tehát a legerélyesebb módon szorgalmaznunk kell a felületi hőkezelésnek a gépiparban való mind szélesebb elterjedését. Azon kell lennünk, hogy a szerszámgépek, autók, kerékpárok, motorkerékpárok és egyéb nagymennyiségben gyártott gépek alkatrészeinek hőkezelése közép- és magasfrekvenciás vagy gázlángos felületi hőkezeléssel történjék.

A továbbiakban fontosnak tartom felhívni a figyelmet egy jelenleg kialakulóban levő mechanikai megmunkálási műveletre, éspedig a meleg hengerléssel kialakított fogazásra. Közismert dolog, hogy a fogaskerék egyike a legelterjedtebb gépalkatrésznek. Majdnem minden gépben igen jelentős számban fellelhető. A fogaskerék fogainak eddig általánosan ismert klasszikus kialakítása (az öntés útján gyártott durva kerekeket nem számítva) különféle forgácsoló eljárásokkal, marással, véséssel vagy köszörüléssel történt. A megmunkáló szerszámok a követelményeknek megfelelően profilirozott ujj- és tárcsamarók (módul-marók), a lefejtő csigamaró, továbbá a Maág-, Fellows-, Gleason-kések, az utóbbi időben pedig a kúpos ív fogazású kerekek megmunkálásához alkalmazott különleges szerkezetű egyes késekből összetett homlokmarók voltak.

A felsoroltakon kívül az úgynevezett shavingeléshez különféle shavereket alkalmaztak. Az eddig általában közismert fogazási műveletek a műszaki követelményeknek megfelelően normális viszonyok között biztosítják az előírt feltételeket mind konfiguráció, méret, mind pedig felületi minőség szempontjából.

Mindezeknek az általában igen elterjedt módszereknek azonban van egy egész sor gyenge oldaluk, amely igen költségessé teszi a fogaskerekek gyártását mind az anyaggazdálkodás, mind a gép, a szerszám és a ráfordítási idő szempontjából. Mindenki tudja, milyen bonyolultak és drágák a fogazó gépek és a szerszámok, milyen hosszadalmas maga a fogazási művelet, és mennyi anyagveszteséggel jár. Ráadásul maguk a fogak is jelentős mértékben meggyengülnek, mert a forgácsolással átmetszik az anyagrostokat. Emiatt túl kell méretezni az egész kereket.

A jelenleg kialakulóban levő meleg hengerléssel fogazás végleges helyes megoldása az eddig ismert fogazási műveletek összes gyenge oldalaitól mentes.

Először is a szükséges hengerlőgép igen egyszerű gép, majdnem olyan, mint egy normális menetmángoló gép. Másodszor a hengerlő szerszám külső alakra teljesen azonos egy egyszerű fogaskerékkel, gyártása tehát olcsóbb bármely eddig alkalmazott fogazó forgácsoló szerszámnál.

Harmadszor a fogak kialakításának ideje (eddig 4-es modulig alkalmazva) 8—15 másodperc.

Negyedszer a fog igen pontos, anyagrostszálai híven követik a fog külső formáját, és így sokkal nagyobb a szilárdsága, mint a forgácsolással kialakított fogaké.

Nem véletlen, hogy ezzel a problémával a világ minden ipari országában komolyan foglalkoznak. Nálunk is igen közel állunk a kérdés teljes megoldásához. Igen fontos, hogy a nagyszerű eredményekkel kecsegtető, hatalmas megtakarításokat biztosító eljárás minél előbb bevonuljon a gépgyártás mindennapos életébe.

A gépipar ötéves műszaki fejlesztési tervének egyik igen jelentős programmpontja a gyorsforgácsolás problémája. Ez a kérdés állandóan napirenden van mind az üzemi gyakorlati tevékenység, mind a napi sajtó és a műszaki folyóiratok, mind pedig a különféle előadások viszonylatában. A gyorsforgácsolás módszereinek széles elterjedése szintén igen komoly anyagmegtakarítási lehetőséget biztosít. Először is az egyes munkahelyeken (gépeken) ténylegesen is, fajlagosan is hatványozottan több műveletet tudunk elvégezni. Ezzel jelentékenyen megnövekszik az üzemnek egy négyzetméterre, az egyes gépegységre eső kész termelése. Időben és épületben ez hatalmas megtakarítást jelent. Másodszor az ügy helyes megszervezése mellett biztosítható a meghajtó motorok sokkal racionálisabb kihasználása. Az ötéves terv megvalósításának folyamán a gyorsforgácsolás kérdését sokkal alaposabban és nagyvonalúbban kell kezelni, mint ezideig tettük. Igen fontos szerep vár itt a szerszámgépek szerkesztőire, akiknek feladatuk egyszerű, masszív, nagykapacitású, típusgépek megépítése, olyan

gépekké, amelyek szilárdság, merevség és fordulatszám szempontjából alkalmasak a modern forgácsoló szerszámok kapacitásának észszerű kiaknázására. Természetesen, a szerszámszerkesztőkre, illetve a szerszámkészítő iparra a megfelelő forgácsoló szerszámok biztosítása hárul.

A modern gépgyártás mind nagyobb figyelmet szentel a gépek külsejének esztétikus voltára. Ez a probléma igen élesen jelentkezik a gépexport vonalán. Nem elég általában jóminőségű gépeket gyártani, a gépeknek külsőleg tetszetőseknek is kell lenniök. Ez a helyzet a gépek festékkel és lakkal való kifogástalan befedésén kívül igen nagymennyiségű nikkelezést és krómozást, illetve galvanikus úton való megmunkálást követel. A galvanizációs, illetve elektrokémiai műveletek igen egyszerű eszközökkel automatizálhatók, és a termelés folyamatos megszervezése viszonylag egyszerű megoldásokkal biztosítható. A galvanizációs műveletekhez szükséges megelőző mechanikai megmunkálás, a nagyoló, csiszoló és polirozó operációk terén azonban a helyzet már sokkal bonyolultabb. A probléma nem magának a gépesítésnek, avagy a folyamatos termelésnek a megszervezésében rejlik, hanem abban, hogy ezek a nagyoló, csiszoló és polirozó műveletek igen nehéz, piszkos és egészségtelen munkák. Ennek következtében ezen műveletek elvégzéséhez mind nehezebb biztosítani a megfelelő munkaerőt a régi technológia folytatása mellett.

Azonkívül ezek az operációk igen nagymennyiségű drága segédanyagot emésztenek fel, és a termelékenység jelenlegi foka nem biztosítja a követelményeket.

A feladat megoldása abban áll, hogy az eddig mechanikai módszerekkel végzett nagyolást, csiszolást és polírozást elektromkémiai műveletekkel kell elvégezni. Az említett műveletek galvanisztikus úton való elvégzése külföldön, különösen a Szovjetunióban már igen elterjedt, és szinte mindennapos jelenség. Nálunk is komoly munkálatok folynak ezen a téren, de azért teljes biztonsággal még nincs megoldva a probléma. Ez a kérdés igen fontos, megoldása nagyszámú munkaerőt szabadít majd fel, és jelentős anyagmegtakarítást eredményez. Egészségtelen, nehéz és piszkos munkától mentesíti e szakma dolgozóit.

Minthogy a fémcsiszolással kapcsolatos követelmények minőségileg is, mennyiségileg is igen gyors ütemben növekednek, minden erőnkkel azon kell lennünk, hogy ezeknek a műveleteknek végleges elektrokémiai megoldása a lehető legrövidebb időn belül megtörténjék.

Amikor mi a korszerű technológia alkalmazásával gazdaságos üzemvitelre és megtakarításokra törekszünk, akkor természetesen nem minden esetben szűk értelemben vett anyagmegtakarításról van szó, hanem igen gyakran a legdrágább tőkének, a munkaerőnek s ezzel kapcsolatban a szerszámok, gépek, épületek stb. beruházásának megtakarítására törekszünk. Különösen áll ez a tétel az úgynevezett kézi munkákra. A különféle lakatosmunkák, az idomszerész-, szerszám- és készülékmunkák, a szerelési műveletek rengeteg, igen jól begyakorolt, magas szakképzettségű munkaerőt kívánnak. Ugyanakkor az ilyen munka-

erőnek kiképzése hosszú éveket vesz igénybe. A szakképzett munkaerővel való takarékosság eszerint legfőbb gondja kell, hogy legyen a technológia terén dolgozó műszakiaknak. Különösen égető sürgősségű ez a kérdés az imént említett kézi munkák terén. Azt hiszem elég, ha a szerszám- és készülékgyártás terén uralkodó munkaerőhiányra utalok. Már pedig a szerszám- és készülékgyártás szűk keresztmetszete — ami főképpen a szakképzett munkaerők hiányának következménye — egymagában is elégséges ahhoz, hogy állandóan fékezze az egész gépipar fejlődését, illetve a gépgyártás kapacitásának megfelelő hatásfokkal való kihasználását.

Sajnálattal kell megállapítanom, hogy a korszerű technológia szempontjából éppen ezeknek a kézi műveleteknek a területén vagyunk legjobban lemaradva. Ha a gépi megmunkálásokra a legtöbb esetben legalább is úgynevezett marsrutt-technológiát alkalmaznak, amely magábanvéve csak egy technológiai vázlat, de még nem a műveletek pontos megtervezése, a kézi munkáknál az esetek többségében még ez a marsrutt-technológia sem áll rendelkezésre.

Ennek a döntő fontosságú problémának megoldása sem részletkérdés, hanem elválaszthatatlan kapcsolatban van a gépgyártó-technológia megfelelő tudományos alapokra való felépítésének nagy ügyével.

Mi komoly sikereket értünk el idáig a termelés és a kapacitások felfuttatása terén. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezek a sikerek viszonylag elég könnyen jöttek létre, mert kormányunk igen bőkezűen látott el bennünket termelőeszközökkel, anyagokkal, azonkívül nem volt hiány magasképzettségű magyar szakmunkásban sem. Az ötéves terv magvalósításának már első évében erősen megváltozott a helyzet. A beruházásoknak, az új kapacitások beindításának az üteme ma sokkal gyorsabb, semhogy a múltban megszokott módszerekkel biztosítani tudnók a szakmunkaerő-szükségletet. Ez a helyzet mind általánosabbá válik a munkaerő-ellátás egész területén. Nyilvánvaló eszerint, hogy az ötéves terv megvalósításának nagy feladatát a múltban megszokott módszerekkel és eszközökkel nem leszünk képesek megoldani. Itt sürgős és gyökeres fordulatra van szükség. És ezt a fordulatot a műszaki politikában a tudományos alapokra felépített technológia segítségével kell biztosítani.

A szocializmus építése, a termékeknek nagymennyiségben, a kapitalizmusénál sokkal gazdaságosabban és racionálisabban gyártása, az ország gazdasági, ipari képének gyorsütemű megváltoztatása csakis egy ilyen magas műszaki kultúrának, a szocialista műszaki kultúrának kialakulása útján jöhet létre.

Ennek az új szocialista kultúrának egyik legfontosabb pillére a tudományos technológia.

Ez a technológia biztos alapul szolgál a mi gazdasági terveink helyes, pontos számítások alapján való megszerkesztéséhez.

Ez a technológia adja meg a bázist a műszaki fegyelem kialakításához, ez teszi lehetővé a szabványosítás és tipizálás széleskörű elterjesztését a termelési folyamatokban.

És amiről eddig még nem esett szó előadásomban: az újítási és a munkaversenymozgalom, amely a szocializmus építésének egyik legdöntőbb módszere. Ennek hatását a gazdaságos termelés, az anyagmegtakarítás, az egész ország gazdasági és politikai fejlődésének szempontjából nehéz túlértékelni. Ez a döntőfontosságú tömegmozgalom — mint a Szovjetunió példája napnál világosabban bizonyítja — a műszaki tudományok és különösen a tudományosan megalapozott technológia bázisán olyan széles méretűvé válhat, amely a jelenlegi helyzethez viszonyítva, utopisztikusnak tűnik fel.

A gépgyártás technológiája, mint tudomány, egyszerre és önmagától nem jöhet létre. Bizonyos feltételek szükségesek ahhoz, hogy ez kialakuljon. De bátran megállapíthatjuk, hogy hazánkban adva vannak az összes objektív és szubjektív feltételek ahhoz, hogy a gépgyártás tudományos technológiája a közeljövőben igen gyors ütemben kialakuljon.

Ezen feltételek között a legdöntőbbek, hogy mi népi demokratikus államrendszerben a szocializmust építjük, hogy kormányunk és Pártunk nem sajnálva erejét és fáradságát, minden segítséget megad a tudományok fejlesztésének terén, hogy szocialista tervgazdaságunk fejlődése parancsolólag megköveteli a műszaki tudományok gyorsütemű fejlődését, és — nem utolsó sorban — hogy az egész dolgozó magyar nép szilárdan el van tökélve a szocializmus mielőbbi felépítésére. Nem lehet semmi kétség az iránt, hogy mi, műszaki és tudományos dolgozók e nagyszerű feltételek közepett a Magyar Dolgozók Pártjához és népünkhöz való ragaszkodással, becsülettel végrehajtjuk az ötéves terv reánk háruló dicsőséges feladatát.

HOZZÁSZÓLÁSOK BIRÓ FERENC LEV. TAG ELŐADÁSÁHOZ

ÚJ IRÁNYOK AZ ÖNTÉSZETBEN

FRANK LÁSZLÓ gépészmérnök

Az öntvények fejlődése

Az öntőipar a gépgyártás alapja. A gépgyárak készítményei 50—80%-ban öntött alkatrészeket tartalmaznak. A gépek előállítási költségének legalább 20—25%-a az öntvényekre esik. Nyersanyagbázisunk kiszélesítésével kapcsolatban tehát kellő figyelmet kell szentelnünk az öntvények kérdésének. Különösen megvan a lehetőségünk az öntvények fokozott felhasználására akkor, ha figyelembe vesszük és alkalmazzuk azokat az új eljárásokat, melyek révén az utóbbi években ugrásszerű fejlődés indult meg az öntvények szilárdsági, kémiai, mechanikai és egyéb tulajdonságai terén.

Az öntöttvas fizikai tulajdonságai különösen az utóbbi 50 évben javultak erősen. 1900-ban csak a közönséges szürke öntést ismerték, melynek szakító szilárdsága 12—16 kg/mm² között mozgott. 1910-ben az öntöttvas szilárdsága javult, 18—20 kg/mm². Az első világháború alatt került bevezetésre az ú. n. félacél (Halbstahl, Semisteel), melyet úgy állítottak elő, hogy az öntöttvasba 10—30%-ban ócska kovácsoltvashulladékot adagoltak. Ezzel sikerült az öntöttvas szilárdságát a perlites-struktúra fokozás és a grafit finomítása révén 20 kg/mm² szilárdsági érték fölé emelni.

Az 1920-as években indult meg a vasöntvények ötvözése és hőkezelése, továbbá a Lanz- és Emmel-eljárás révén ismeretes perlites struktúrájú öntvény gyártása. Ekkor az öntvény szilárdsága már 20 és 30 kg/mm² között mozgott. Az 1930-as években a Szovjetunióban kidolgozták az ú. n. modifikált öntvényt, míg nyugaton a Meechanite-öntvény kezdett elterjedni. Így tovább javultak az öntvény szilárdsági tulajdonságai 30 kg/mm² fölé.

A második világháború alatt továbbfejlődött a vasöntvények ötvözési technikája. Így jött létre az ú. n. tűs-szerkezetű öntvény, majd később a cérium és magnésium alkalmazása révén a gömbszemcsés grafitú öntvény. Kb. 1940-től folytak kísérletek az öntvények hengerelhetőségére vonatkozólag is, de ez a kérdés csak a gömbszemcsés grafitú öntések bevezetésével indult komoly fejlődésnek. A tűs-szerkezetű öntvények és a gömbszemcsés grafitú öntvények tették lehetővé olyan szilárdsági értékek elérését, amelyek megfelelnek az ötvözetlen öntött acél szilárdsági értékének, sőt ezt meg is haladják.

A modifikált öntvények

Hogy ezen fejlődési folyamat jelentőségét felbecsülhessük, elegendő rámutatni arra, hogy 1948 kezdetén, midőn a sztálingrádi traktorgyárban megkezdték a modifikált szürke öntvények tömeges gyártását, a traktorok temperöntvény-felhasználása 90%-kal csökkent. Vagy pl. az SKF katrienenholmi öntödéjében 1947-ben 7400 tonnát öntöttek 16—20, 5000 tonnát 25—30, 2800 tonnát 35—55 kg/mm² szilárdsági érték között. Ebben a fontos svéd öntödében tehát a teljes termelés 30%-a már 1947-ben modifikált öntés volt.

A modifikált öntvény előállítása

A sztálingrádi traktorgyárban a modifikált vasöntvény előállítására kupoló-elektrokemence duplex-eljárást alkalmaznak. Az elektrokemence alkalmazása a modifikált öntöttvas előállításánál egész sor előnyt nyújt, mivel lehetővé teszi az állandó kémiai összetételt és biztosítja a szükséges magas hőfokot. Az öntöttvas hőmérséklete az elektrokemence csapolásánál eléri az 1480—1540° C-t. A betét 50%-a nyersvas, 42%-a gyártási hulladék, 8%-a acélhulladék. Az öntöttvas kémiai összetétele modifikáció előtt *C* 2,9—3,3, *Si* 1,2—1,5%, *Mn* 0,9—1,2, *P* 0,10, *S* 0,05, modifikátorként 75%-os ferroszíliciumot alkalmaznak úgy, hogy a kész öntvény *Si*-tartalma az 1,2—1,5%-ról 1,4—1,9%-ra emelkedjék.

Az elektrokemence egész mennyiségét egy nagy üstbe csapolják, de a modifikátor hozzáadását nem a nagy üstben végzik. A nagy üstből u. i. a vasat kis üstökbe öntik át és ezekbe helyezik a modifikátort. A modifikátort általában akkor helyezik be a kis üstbe, amikor az ¼ részéig megtelt. Ezután teljesen megtöltik az üstöt, letisztítják a salaktól és beöntik formába. A modifikáció és az öntés között rendszerint 1—1,5 perc telik el. A ferroszilicium modifikátort 1350° C hőfok felett adják be, csak ez esetben fejti ki hatását. A kisüstök űrtartalma, melyekben a modifikációt végzik, kb. 160 kg. A ferroszíliciumot 1—3 mm nagyságúra őrlik. A modifikátor sziliciumának kiégése 20—30%.

A modifikált öntvények tulajdonságai

Ezen öntvények szakító szilárdsága 28—36 kg/mm², nyúlása 1,5—2%, hajlító szilárdsága 71—76 kg/mm². Brinell-keménysége 220—240. Az öntöttvas mikrostruktúrája modifikálás előtt apró lemezes perlit egész kevés primergrafittal, kb. 50% cementittel. Az öntöttvas mikrostruktúrája modifikáció után apró lemezes perlit, apró temperszénszerű grafit eloszlással, cementit nincs.

A modifikált öntvényt a traktorgyárban a temperöntvények helyett használják. A modifikált szürke öntöttvasnak jobbak az öntészeti tulajdonságai, mint a temperöntvénynek. Így pl. hígfolyósabb, kisebb a zsugorodás, kisebbek

az öntési feszültségek. Az öntvényeket nem lágyítják, így nem húzódnak el és nem repednek meg a lágyításkor. Ennek következtében az öntvény sokkal olcsóbb és kevesebb selejttel gyártható. Lényegében hasonló eljáráson alapszik a Meechanite-öntvény előállítása is, de itt ferroszilicium helyett *CaSi*-t alkalmaznak.

Az alábbiakban közöljük a 0,2% *C* tartalmú ötvözetlen acélöntvény, a temperöntvény és a Meechanite-öntvény összehasonlító szilárdsági értékeit:

Megnevezés	Folyási határ kg/mm²	Szakító szilárdság kg/mm²	Folyási határ %
Acélöntvény	28	44	63
Temperöntvény	27	39	68
Meechanite-öntvény*	33	38	84

Mint a táblázatból látható, a beoltott öntöttvas szilárdsága a folyási határon magasabb, mint az ötvözetlen öntött acélé. Szilárdságtani szempontból értékesebb a folyási határon elérhető szilárdsági érték, mint a szakító szilárdság, hiszen az anyagot általában a folyási határ alatt, a rugalmas alakváltozás területén vesszük igénybe. Hiába magasabb tehát a szakító szilárdsága az acélnak, mint a modifikált öntöttvasnak, a folyási határ feletti értékeket konstrukcióknál általában amúgy sem használják ki.

A modifikáció következtében előálló, csaknem homogén állapot annak tulajdonítható, hogy az öntvény falvastagságától függő lehűlési sebességtől, kevésbé függ a grafitképződmények keletkezése. A modifikált öntöttvasnál a grafit nem a perlit megbomlása következtében áll elő, hanem a cementit megbomlása következtében. Másrészt az öntvény vegyi összetételében kevés a grafitképző elem, pl. *Si*. Ez is közrejátszik abban, hogy csökken a perlitszétbomlás veszélye, amikor is vastagabb falú öntvényekben ferrit és durva lemezes grafit képződnék, s ez mindkettő erősen csökkenti a szilárdsági tulajdonságokat.

A tűs szövetszerkezetű öntvény

Az öntvény szilárdsági és fizikai tulajdonságait nemcsak a grafit alakulása befolyásolja, hanem a fémes alapszövetszerkezet is. Lemezes grafitú öntés esetén sokáig a perlites alapszövetszerkezet túlnyomó jelenlétét tekintették a nagy szilárdságú öntöttvas nélkülözhetetlen kellékének. A legutóbbi időkben bebizonyosodott, hogy nem a perlites, hanem az ú. n. tűs szövetszerkezetű alapszövet adja lemezes grafiteloszlás esetén a legnagyobb szilárdsági értékeket. A tűs alapszövetszerkezetű öntvény tehát az öntvényeknek azon kategóriájához tartozik, amelynél a szilárdsági és fizikai tulajdonságok emelkedését a fémes alapanyagok befolyásolásával érik el.

* Hasonló szilárdsági értékeket lehet elérni a ferroszilíciumos beoltással is.

Ennél az öntöttvas fajtánál ötvöző elemekkel dolgozunk, amelyeket úgy állítunk be, hogy azok mennyisége kevesebb legyen, mint amennyi egy martenzites vagy austenites öntöttvas előállításához szükséges, mégis felette álljon annak az ötvöző mennyiségnek, ami perlites alapszövetszerkezetet biztosítana.

Az ötvöző elemeket úgy adagolják, hogy adott lehűlési sebességnél az austenit-átalakulás a megkívánt tűs szerkezetre 500° C alatt folyjék le. Így lehetséges olyan alapszerkezetet elérni, amely hasonló a martenzit struktúrához, valójában azonban ez Bainit-szövet, ami átmeneti szövetszerkezet és tűalakú kristályokból áll. Ez a szövetszerkezet, ellentétben a martenzittel, jól megmunkálható és a perlitnél sokkal magasabb szilárdságú. Ez az öntöttvasfajta nem rendelkezik magasabb szilárdsági értékekkel öntött állapotban, mint a közönséges öntvény, azonban 5—6 órai 260—370° C közötti megeresztés esetén a szilárdság jelentősen emelkedik. A tűs szerkezetű öntöttvas sokkal szívósabb, mint a lemezes perlites szerkezet. Szovjet adatok szerint addig, ameddig a modifikált öntvény Charpy szerinti ütőmunkája 20 · 20 mm-es keresztmetszetű próbapálcánál 0,6—1,2 kg/cm², ennek az öntvénynek ütőmunkája közel kétszeres: 1,2—2 kg/cm². Amennyiben a szerkezetben austenit marad vissza, ez kedvezően befolyásolja a kopási szilárdságot és ezért különösen forgattyútengelyek, ekefejek, hideg és meleg süllyesztékek, bütykös tengelyek, fogaskerekek, csapágy-perselyek, hengerperselyek, esztergapad-alkatrészek stb. számára használják. Szovjet adatok szerint szakító szilárdsága 40—50 kg/mm², hajlító szilárdsága 70—80 kg/mm².

A tűs szövetszerkezetű öntvények előállítása

A magasabb széntartalmú tűs szövetszerkezetű öntvények kupolóban is előállíthatók. Az alacsonyabb széntartalmúakat célszerűbb ívfényes vagy indukciós kemencében előállítani. A kupolóban előállítható öntvények összetétele:

C 2,7—3,1%, *Si* 1,6—2,6, *Mn* 0,6—0,9, S_{max} 0,15, P_{max} 0,15. Szükséges beoltást is alkalmazni az üstbe. Erre a célra rendszerint 75%-os ferroszíliciumot használnak, melyből 0,3—0,6%-t adagolnak. Az ötvöző elemek a következők:

Mo 0,7—1,0%, darabos állapotban vagy poralakban az üstbe, a csapolás alatt adagolják.

Ni	40 mm-es falvastagságig	0,5—1,5%
	40— 75 mm-es falvastagságig	1,5—2,5%
	75—100 « «	2,5—3,0%
	100—200 « «	3,0—4,0%
	200 mm-es falvastagságon felül	4%-on felül

A nikkelt a kupolóba is lehet adagolni vagy granália alakjában az üstbe. 40 mm falvastagságig a *Ni*-t ugyanolyan mennyiségű réz helyettesíti, ez azonban az 1,5%-ot ne haladja meg. Azoknál a falvastagságoknál, amelyeknél

több, mint 1,5% *Ni* szükséges, lehetséges az első 1,5% helyett rezet, a további mennyiséget *Ni* formájában adagolni. A rezet lehet a kupolóba is adagolni, vagy előmelegítve az üstbe.

A króm célszerűen 0,3% alatt tartandó. Az adag hematit nyersvasból és acélhulladékból áll. A beadagolt hulladék mennyiségét úgy választjuk meg, hogy a *P*-t olyan alacsonyan tartjuk, amilyen alacsonyan csak lehet. A *Si* és *Mn* mennyiségét ferroszilicium, illetve ferromangán formájában szabályozhatjuk.

Ezen ötvény öntési tulajdonságai azonosak a hasonló szén- és sziliciumtartalmú öntvényével. Az öntvényeket hidegen vesszük ki a formából, de semmi esetre sem 300° fölött.

Az öntvények hőkezelésre szorulnak. Ez úgy történik, hogy 5 óra hosszat 300—350°-on tartjuk, aztán lassan lehűtjük. A hőfokon tartás megemelendő minden 25 mm falvastagság után, ha 250 mm felett van, egy órával. A hőkezelés, révén javul a megmunkálhatóság is, anélkül, hogy az öntvény keménysége mely 300 *Br* körül van, lényegesen változnék. A hőkezeléssel biztosítható az említett magas szilárdság.

A tűs szövetszerkezetű öntvények alkalmazása a gyakorlatban

Rendkívül jó ezen öntvény szilárdsága ciklikus igénybevételnél is. Éppen ezért forgattyú-tengelyek öntésénél alkalmazzák, ahol komoly szerepet kap, emellett ezen öntvénynek jó a kopási tulajdonsága is. Említésre érdemes, hogy Cniitmas szovjet öntödében egy sorozat könyökös tengelyt öntöttek le ezen öntöttvasból 40 *Le* Diesel-traktorok számára. A tengelyeket 2000 órát próbapadon és 1500 órát üzemben próbálták ki. A tengelycsapokon az üzemi próbák végén a következő kopásokat észlelték. A főcsapágy-csapok átlagos kopása 0,011 mm, forgattyúcsapágy-csapok átlagos kopása 0,045 mm. Az öntött forgattyútengelyek előállítási ára is lényegesen olcsóbb, mint a kovácsoltaké.

Ugyancsak szovjet adatok alapján említhetjük meg egy gyorsjáratú hathengeres motor konkrét példáját. A kialakítás különleges volta miatt az előkovácsolt darab súlya 4 tonna. A készre munkált tengely súlya csak ½ tonna volt, tehát 3,5 tonna acélt kellett drága és hosszantartó megmunkálások folyamán leforgácsolni. Ezt a tengelyt ilyen nagy szilárdságú öntöttvasból is előállították a konstrukció észszerű változtatásával, figyelembevéve az öntöttvasra való áttérés adottságait. Az öntöttvasból készült nyers tengely súlya 0,8 tonna volt. Ezenkívül számottevő megmunkálást takarítottak meg.

Gömbszemcsés-grafitú öntés

Eddig a magas szilárdságú öntvények elérése érdekében az öntvényben található *C*-tartalom csökkentését, a grafit finomítást és a fémes alapszövet-

szerkezet perlites, illetve tűs szerkezetét említettük meg, mint a magas szilárdság elérésének alapfeltételét. Forradalmi változás állott azonban elő a magas szilárdságú öntöttvasak terén a gömbszemcsés grafitú öntések bevezetésével. 1950-ben 7 szovjet tudós, köztük Milman, Vasilienko, Unszkov, Cipin, Grigorjev és mások kaptak Sztálin-díjat ezen öntési eljárás kidolgozásáért. A Szovjetunióban ezen öntvényből már üreges vagon-tengelyeket is öntenek.

Az öntvényekben jelenlévő 3 súlyszázalék grafit kb. 10 térfogatszázaléknak felel meg. Nem közömbös tehát, hogy az öntöttvasban a grafit milyen *alakot* vesz fel. Kétségtelen, hogy ha a grafit gömbalakot vesz fel, ez adott térfogatnál a legkisebb felületet jelenti, a gömbszemcse szakítja meg tehát a legkevésbbé a fémes alapszövet-szerkezetet. A gömbalakú grafitnak és az ezzel párhuzamosan jelentkező perlites alapszövet-szerkezetnek tulajdonítható ezen öntöttvasfajta magas szilárdsága.

Magának a grafitnak gömbalakú kiválásáról a tudósoknak eltérő a véleménye. Mindenesetre tényként kell elfogadnunk azt, hogy gömbszemcsés grafit csak meghatározott kémiai összetétel mellett keletkezik. A legfőbb feltétel, hogy a kéntartalom kisebb legyen 0,02%-nál. A gömbszemcsés grafit előidézésére használt magnézium-előötvözet rendkívül erős kéntelenítő hatású, úgyhogy kúpoló vasnál is megvan a lehetősége annak, hogy a magnéziumelőötvözet használatával a kúpolóvasnál szokásos 0,1% kéntartalmat 0,02 alá szorítsuk le. Az is kétségtelen, hogy a magnézium igen erős gáztalanító hatású. Hogy ennek mi a szerepe a gömbszemcsés grafit előidézésében, ez még tisztázatlan. Gillemot professzor kísérletei alapján annyi kétségtelen, hogy külön-külön alkalmazott kéntelenítés és gáztalanítás a magnézium mellőzése esetén nem vezet célhoz. Eltérőek a vélemények arról is, hogy a gömbszemcsés grafit már folyékony fázisban vagy csak szilárd fázisban keletkezik. Vannak kutatók, akik azt állítják, hogy a gömbszemcsék képződése már a folyékony fázisban megindul és a cementit bomlásakor keletkező szén a már jelenlévő magokra rakódik rá. Ezt a véleményt azzal okolják meg, hogy a magnézium ötvözésével centrifugális eljárással gyártott ötvényekben a gömbszemcse-képződmények az öntvény belső felülete felé tolódnak el, ami megfelel annak a törvényszerűségnek, hogy a folyékony fázisban a megdermedt grafitszemcse fajsúlya kisebb, mint a még folyékony vasé és ezért áll elő az öntvény belső felületén a gömbszemcsés alakú grafit.

Ennek ellentmond az, hogy a nem centrifugális öntéssel végzett öntéseknél a külső falhoz közel eső részeken találjuk a legtöbb gömbszemcsét, vagyis ott, ahol a dermedés a leggyorsabb és a túlhűtés a legmélyebb volt. A nagy falvastagságú öntvények középső részei felé haladva, a grafit mindinkább lemezes formájú. Ebből az következnék, hogy a gömbszemcsés grafit képződése már a megdermedt öntöttvasban következik be, mély túlhűtés mellett, a magnézium hatására. Valószínű, hogy a gömbszemcsés grafit a temperöntvények előállításához hasonló önlágyulási folyamat következtében jön létre. Ez a folya-

mat valószínűleg a legmagasabb hőfokon, közvetlenül a megszilárdulás után megy végbe igen nagy sebességgel. Ezt igazolni látszik az is, hogy — mint ismeretes a temperöntések lágyításánál a hőmérséklet emelésével a lágyítási folyamatot meg lehet gyorsítani.

Valószínű, hogy ha a cementit bomlási sebessége nagyobb, mint a bomlási termékeknek, tehát a szénnek, a szilárd oldaton át való diffúziós sebessége, akkor temperszén helyett gömbszemcsés grafit keletkezik. Viszont az is valószínűnek látszik, hogy közvetlenül a megdermedés előtt a folyékony oldatban lévő grafit-részecskék kristályosodási centrumot képeznek, amire fokozottabb mértékben rakódik le a cementit bomlásakor keletkező grafit. Ez magyarázatul szolgálna a centrifugális öntésnél tapasztalható jelenségre is.

Más kutatók véleménye szerint a kén az öntöttvasban mangán jelenlétében mangánszulfiddá alakul. A mangánszulfidnak ugyanaz a kristályszerkezete, mint a lemezes grafité. Ezért mangánszulfid jelenlétében csak lemezes grafit keletkezhetik. Ha azonban magnéziumot adunk a vashoz, ami a ként magnéziumszulfid alakjában köti le, akkor csak gömbszemcsés grafit képződhet. Már a temperöntvények előállításánál tapasztalták ezt, hogy a temperszén különbözőképpen válhatik ki aszerint, hogy a kén hogyan viszonylik a mangánhoz. Általában, ha a temperöntvényeknél a kén 0,20—0,25% és a mangán 0,4—0,5%, akkor mangánszulfid keletkezik és a cementit bomlásából keletkező temperszén nem gömbszemcsés, hanem rendkívül finom, de lemezes szerkezetű. Ha azonban a mangántartalom a kéntartalomhoz képest igen alacsony, pl. 0,10—0,15%, akkor vasszulfid keletkezik. Ebben az esetben a cementit bomlásakor már gömbszemcsés temperszén válik ki. U. i. a vasszulfidnak is ugyanaz a kirstályszerkezete, mint a magnéziumszulfidé. Ezért fontos a gömbszemcsés grafitú öntésnél a magnézium adagolt mennyiségét a jelenlévő kén mennyiségéhez szabni. Valószínűleg ezzel áll összefüggésben az, hogy a gömbszemcsés grafitú öntéseknél általában kevesebb, mint 0,02% ként mutatnak ki.

A gömbszemcsés grafitú öntvény előállítása

Akárhogyan áll is azonban a helyzet a gömbszemcsés grafitképződés elméleti magyarázatával, a gyakorlatban már megtaláltuk azokat az összefüggéseket, melyek lehetővé teszik aránylag nagy biztonsággal a gömbszemcsés grafitú öntvény előállítását.

Legnagyobb problémánk a megfelelő előötvözet előállítása volt. A magnéziumot közvetlenül a vasba belevinni nem lehet, mert az 1100°-nál szilárd állapotból rögtön gáznemű állapotba megy át, tehát robbanásszerű jelenség áll elő. Előbb rézmagnézium-előötvözettel kísérleteztünk. Ennek előállítása aránylag nem volt körülményes, mert megfelelő fedősók alkalmazása esetén meg lehet akadályozni a magnézium kiégését a rézfürdőből. Ennek az előötvözetnek azonban kettős hátránya volt. Egyrészt a nagy mennyiségű rézszükséglet, ami mint

ismeretes, importanyag, másrészt az öntvénybe aránylag nagy mennyiségben bevitt réz. Ez ugyan a gömbszemcsés grafitú öntéseknél káros jelenséget nem okoz, de a hulladék újból való felhasználását megnehezíti. Ezután tértünk át a *SiMg* előötvözetekre. Ezzel az előötvözettel eleinte komoly nehézségek voltak, mert igen nagy volt a magnézium-kiégés, sőt két esetben robbanás is bekövetkezett.

Végül rájöttünk arra, hogy ha az előötvözetbe egész csekély mennyiségű rezet viszünk be és az olvasztást bizonyos meghatározott körülmények között vezetjük le, akkor a robbanás is, a magnézium-kiégés is elmarad. Ezt az előötvözetet tehát ma már üzembiztosan elő tudjuk állítani. Egy további kérdés volt ezen előötvözet felhasználásának módja, mivel a magnéziummal egyidejűleg *Si*-t is viszünk be az öntvénybe. Az irodalmi adatok szerint gömbszemcsés grafitú öntvényt csak olyan összetételű vasból lehet előállítani, amely az előötvözet adagolása nélkül egyébként szürkére dermedne. Az így készített öntvények valóban gömbszemcsés grafitot mutattak, mivel azonban a szilicium-tartalom 3% fölé emelkedett, nem perlit, hanem ferrit szerkezetben kaptuk a gömbszemcsét, mégpedig szilicium-ferrit jelenlétében, ami rideg és törékeny anyag. Ez tehát nem vezetett célhoz. Megpróbálkoztunk ezután egészen alacsony, 0,5—0,7% sziliciumu alapösszetételből kiindulni. Ez már sikerre vezetett és 45—50 kg/mm² szakító szilárdsági értékeket kaptunk. Az eredmények azonban ingadozók voltak. Előfordult, hogy sorozatosan megkaptuk a gömbszemcsés grafitot, de az is, hogy sorozatosan lemezes grafitot kaptunk. Hosszú ideig kutattuk ennek a labilitásnak az okát, végül rájöttünk, hogy a magnéziumadagolás módja is fontos. Miután alapos tanulmányozás alá vettük a magnéziumadagolás módját, sikerült olyan módszert kidolgozni, amelynek révén állandó értékeket kaptunk.

A gömbszemcsés grafitú öntvények szilárdsági értékei

A mi eddigi szilárdsági vizsgálataink csak szakító szilárdságra, hajlító szilárdságra, Brinnel-keménységre és a kopási ellenállásra terjedtek ki. A szakító szilárdság 40—60 kg/mm², a hajlító szilárdság 75—100 kg/mm², a Brinnel-keménység 270—310.

Az öntvények a magas Brinnel-keménység ellenére is jól megmunkálhatók. A kopási szilárdságot a gyakorlatban próbáltuk ki úgy, hogy elkészítettünk egy tehermozdony számára féktuskót gömbszemcsés grafitú öntésből és ugyanarra a mozdonyra párhuzamosan egy másik kerékre közönséges féktuskót helyeztünk. Egy bizonyos idő után a féktuskókat megvizsgáltuk és megállapítottuk, hogy amíg a közönséges MÁV előírású féktuskó kopása 18 mm volt, addig a gömbszemcsés grafitú kopása 2—3 mm.

A konstruktőröket azonban bizonyára fogják érdekelni a gömbszemcsés grafitú öntvény más szilárdsági adatai is. Ezeket a továbbiakban csupán a külföldi irodalom alapján áll módunkban közölni.

A gömbszemcsés öntvénynek a hővel szembeni ellenállása, összehasonlítva más szürke öntvénykkel:

Megnevezés	Hőmérséklet C°	Hossznövekedés mm	Oxidvastagság mm
Szürkeöntvény	870	12,1	12
Krómmal ötvözött szürke öntvény	870	2,8	1
Magnéziummal kezelt gömbszemcsés öntvény	870	2,1	0,5

Gömbszemcsés grafitú öntvény igénybevétele változó terhelésnél, összehasonlítva más szürke öntvényekkel:

Megnevezés	Szakító szilárdság kg mm²	Ismételt hajlításból eredő kifáradási határ kg mm²
Lemezes grafit	23,5	18
Modifikált öntvény	34,0	23,5
Gömbszemcsés grafitú öntés ferrit és perlit szerkezettel	55,5	25
Gömbszemcsés grafit és perlit	60	29

Gömbszemcsés grafit és perlit ütési szívóssága:

	Szakító szél. Ng/mm²	Nyúlás %	Ütőmunka (Izod. szerint) m/kg
Lemezes grafit	21	0,2	3,0
Gömbszemcsés grafit	82	3,0	13,4

A közönséges öntöttvas rugalmassági modulusa 4—13 000 kg/mm².
A gömbszemcsés grafitú öntésé 18 000 kg/mm².
Az acélé 20—21 500 kg/mm².

A gömbszemcsés grafitú öntés nyomási szilárdsága 2—3-szorosa a szakító szilárdságnak. A gömbszemcsés grafitú öntés csillapítása a közönséges szürke öntés és az acél között fekszik.

Külön kell foglalkozni a nyúlás kérdésével. Már említettük, hogy azok a gömbszemcsés grafitú öntések, amelyek *Si*-tartalma 3% felett van, nyúlással nem rendelkeznek. Ugyancsak nem rendelkeznek nyúlással öntött állapotban azok az öntvények sem, amelyeknek *Mn*, illetve *P* tartalma 0,1 felett van. Ilyen esetben u. i. a gömbszemcsés grafit tiszta perlites alapágyazatban, esetleg cementit jelenlétében jelenik meg. A cementitet a megmunkálhatóság érdekében mindenesetre meg kell bontani. A cementit megbontása általában 0,4% *Si* beoltással oldható meg abban az esetben, ha az öntvény falvastagsága 12 mm-

nél nagyobb, ha ennél kisebb, akkor a cementitháló félórás 970° C-on alkalmazott hőkezeléssel megbomlik.

Ahhoz azonban, hogy nyúlást kapjunk, nemcsak a cementithálót, hanem a perlites alapszerkezetet is meg kell bontani. Ez 720°-on alkalmazott hőkezeléssel érhető el.

Így eddig nálunk max. 6% nyúlást sikerült elérni. A külföldi irodalmi adatokból található azonban 15% nyúlás is. Ezeknél az öntvényeknél azonban nem *SiMg*, hanem *NiMg* előötvözetet alkalmaznak. A magas nyúlás valószínűleg a *Ni* tartalomnak tulajdonítható. A nikkel-magnézium előötvözetet mi is előállítottuk és kipróbáltuk, eddig azonban semmi előnyét nem tapasztaltuk a *SiMg* előötvözettel szemben még nyúlás szempontjából sem. A *NiMg* előötvözetet külföldön a Mond Nickel Co. propagálja valószínűleg azért, hogy minél több *Ni*-t adjon el. Valószínűleg hasonló kereskedelmi propagandával állunk szemben, mint az oxigénes acél gyártással kapcsolatban, amit a Linde-cég propagál, hogy minél több oxigént adhasson el, holott ugyanazt a hatást a Martin-acél gyártásánál levegő befúvatással is el lehet érni. Ezt a Vasipari Kutató Intézet kísérletei igazolták. Egy hátrányos tulajdonságát a nikkel-magnézium ötvözetnek a *SiMg* ötvözettel szemben azonban tapasztaltunk és az az, hogy sokkal sűrűbb folyásúvá teszi a vasat. Végleges véleményt azonban még erről sem mondhatunk, mert aránylag kevés kísérletet végeztünk *NiMg* ötvözettel.

Azok a korábbi irodalmi adatok, melyek szerint a gömbszemcsés grafitú öntés előállításának fő nehézsége abban áll, hogy a magnézium ötvözés után a darabokat 2—3 percen belül kell leönteni, mert a gömbszemcsés grafit átalakul lemezes grafittá, üzemi gyakorlatunkban nem volt tapasztalható. Öntöttünk darabokat a magnézium ötvözés után 15 perc mulva is. Sokkal inkább áll fenn a veszélye annak, hogy a szilicium-beoltással megbontott cementitháló újból jelentkezik akkor, ha a szilicium-beoltás és a darab leöntése között több idő telik el, mint 3 perc. Ebben az esetben is el lehet azonban tüntetni a cementithálót úgy, hogy újabb szilicium-beoltást alkalmazunk. A darabokat tehát valóban le kell önteni 3 percen belül, de nem a magnézium ötvözéstől, hanem a szilicium-beoltástól számítva, illetve, ha ez nem lehetséges, akkor 3 percenként új szilicium-beoltást kell alkalmazni.

A MgSi előötvözet felhasználása modifikált öntvény előállítására

Az általunk használt *MgSi* előötvözetet azonban nemcsak gömbszemcsés grafit eloszlású öntés előállítására lehet felhasználni, hanem modifikált öntés előállítására is. Ebben az esetben a folyékony vas alapösszetételét úgy kell megállapítani, hogy az az öntvény adott falvastagságánál és lehűlési sebességénél egyébként cementites szerkezet formájában dermedjen meg. Ha ezt az alapanyagot 0,3—0,4% magnéziumot tartalmazó előötvözettel beoltjuk,

akkor modifikált öntés keletkezik, amelynél perlit alapágyazatban nem gömbszemcsés, hanem egész finom eloszlású, rudacskákban kiváló grafit szerkezetet kapunk. Ebben az esetben az öntvény szilárdsága 26—32 kg/mm² közé esik.

További felhasználási lehetőséget nyújt az általunk előállított *Si—Mg* előötvözet a kéntelenítés terén.

Az alábbi táblázatban közöljük a magnézium-szilicium előötvözet kéntelenítő hatását, egyébként jóminőségű szürke öntvénynél:

Kezdeti S %	Adagolt Mg %	Végső S %	S-tartalom csökkentése %
0,082	0,066	0,074	9,8
0,082	0,149	0,047	42,7
0,082	0,257	0,021	74,4
0,082	0,445	0,014	82,9

Közölhetjük még azt, hogy a gömbszemcsés grafitú öntés ára kg-kint kb. 1 Ft-tal magasabb, mint a jóminőségű szürke öntvényé.

A temperöntvények fejlődése

Az utóbbi években a temperöntvények is komoly fejlődésen mentek keresztül. A háború előtt, a 30-as évek folyamán a temperöntvények szakító szilárdsága 35—43 kg/mm², folyási határa 16—21 kg/mm², nyúlása 3—4% volt, ma már a szilárdság 50—60 kg/mm², a folyási határ 30—45 kg/mm², a nyúlás 5,5—8%.

De nemcsak a temperöntvények szilárdsági értékei emelkedtek jelentősen, hanem a temperöntvényeket megdrágító hőkezelési, temperálási folyamatot is igyekeztek megrövidíteni. Minket ez a kérdés döntő mértékben érdekel, mert hőkezelési kapacitásunk viszonylag kicsi az ötéves terv fejlődő temperöntvény-szükségletéhez képest. A többtermelés alapfeltétele tehát a temperöntés vonalán a hőkezelési idő csökkentése. Ebben a tekintetben a multban is folytak kísérletek. Igyekeztek a temperöntvény kémiai összetételét a legkedvezőbb értékre beállítani és kidolgoztak olyan temperálási eljárásokat, mint pl. az elektrokemencében végzett gázfázisos temperálás, amelynek révén a jelenlegi, általában 140—170 órás hőkezelést 75—80 órára csökkentették. A mi viszonyaink között a temperöntvény kémiai összetételének legkedvezőbb beállításával és tunelkemencében való hőkezeléssel le lehet szorítani a hőkezelési időt 90—100 órára, kamrás kemencében 140 órára. További csökkentést az eddigi úton csak gázfázisos temperálással lehetne elérni. Ilyen kemencéket, jelenleg csak külföldön állítanak elő és az eljárás alkalmazása, minthogy szabadalom, licencdíjhoz van kötve. Maga a kemence drága, külföldi valutát igényelne, s ha összes temperöntödéinket ilyen gázfázissal dolgozó temperkemencével kívánnánk ellátni, a befektetés komoly összeget tenne ki. Elég magas ezeknek a kemencéknek az üzemköltsége is, mert hevítésükre elektromos áramot használ-

nak. Ezen körülményekre való tekintettel, mi más úton indultunk el a temperöntvények hőkezelésével.

Miután a gömbszemcsés grafitú öntéssel kapcsolatban előállítottuk a *SiMg* előötvözetet, két lehetőségünk van a gyors hőkezelésre. Az egyik, olyan temperöntvény előállítása, melynek kiinduló *Si*-a alacsony és amelynek *Si* tartalmát a szükséges magasabb értékre *SiMg* előötvözet adagolásával biztosítjuk. Ez az előötvözet a temperöntvényt nem hűti le, a legvékonyabb darabok is kifolynak, az adagolt *Si* biztosítja a gyors és nagyszámú temperszénmag kiválását a cementitből. A temperszén kiválását elősegíti az is, hogy a *SiMg* előötvözettel a *Mg* révén erős kéntelenítést is alkalmazunk. Ily módon már 12—17 órás hőkezeléssel is sikerült kedvező eredményt elérni.

A másik lehetőségünk az, hogy gömbszemcsés grafitú öntést állítunk elő, de nem alkalmazunk *Si*-beoltást úgy, hogy a gömbszemcsék nem perlit, hanem cementites szerkezetben jelennek meg. A cementites szerkezetet azután pár órás hőkezeléssel meg tudjuk bontani.

Hengerelhető öntvény

A *SiMg* még további rendkívül érdekes alkalmazási teret is nyerhet. A gömbszemcsés grafitú öntés u. i. hengerelhető. Ha tehát a nagyolvasztóból lefolyó, amúgyis kénszegény vasat alacsony *P* és *Mn* beállítása mellett *SiMg* előötvözettel kezeljük, olyan vasötvözetet kapunk, amelyet nem szükséges Martin- vagy elektrokemencében acéllá átdolgozni ahhoz, hogy hengerelhető legyen. Így közvetlenül a nagyolvasztóból akár egy melegre is kaphatunk hengerelhető öntéseket. Ez egyrészt Martin- és elektroacél kapacitásunkat tenné bizonyos mértékig szabaddá, másrészt ezzel az eljárással hengerelt árut tudnánk lényegesen kisebb költséggel előállítani.

Mindezekből látható, hogy nagy az a fejlődés, amely a vasöntvények terén az utóbbi években bekövetkezett. Nyugodtan állíthatjuk, hogy a tudományos kutatás vonalán ezen a területen, a külföldhöz képest, egyáltalában nem maradtunk el, sőt ezen a téren tudományos felkészültség tekintetében a fejlett ipari államokkal egyvonalban állunk. Ami hiányosság mutatkozik, az az, hogy tudományos felkészültségünk ellenére, az iparban az ismertetett eljárások rendkívül vontatottan mennek át a gyakorlatba. Nem állítjuk, hogy ezen eljárások alkalmazása terén nem fogunk nehézségre bukkanni. Hiszen közönséges vasöntvényeink előállítása terén is, ami már évszázados multra tekinthet vissza, találkozunk még napjainkban is komoly nehézségekkel és magas selejtszázalékkal. Ennek ellenére meg kellene szűnnie az ipar idegenkedésének a korszerű eljárások alkalmazásától és nagyobb lendülettel kellene a minőségi öntvények terén az öntödéknek ráállani ezen öntvények előállítására. A Tudományos Akadémiának feltétlenül hallatnia kell szavát ebben a kérdésben, mert a Tudományos Akadémia hivatása, hogy az ipar fejlődését tudományos iránymutatás révén, a kutató intézetekben folyó munkák alapján elősegítse.

A GÖMBGRAFITOS ÖNTÖTTVAS ELŐÁLLÍTÁSÁNAK ÉS FELHASZNÁLÁSÁNAK PROBLÉMÁI

HAJTÓ NÁNDOR kohómérnök

Hozzászólásomban a gömbgrafitos öntöttvas gyártásának és alkalmazásának kilátásaival foglalkozom. Mielőtt azonban erre rátérnék, időszerűnek látszik a nomenklatúra kérdésének a felvetése.

Erről a nagy reményekkel kecsegtető új anyagról ma már a magyar irodalomban is mind többet olvasunk, még többet beszélünk, de majdnem minden szerző, minden szakember más — sokszor nem is egészen egyértelmű, tehát félreérthető — néven emlegeti. Eddig a *csomós, fészkes, gömbös, gömbszemcsés, globuláris, szferolitos, szferolitikus gömbalakú* elnevezéssel találkoztam.

A leghelyesebb a *szferolitos* név, hiszen a grafit az öntöttvas megmerevedésekor valóban szferolit, sugaras természetű gömb alakjában kristályosodik. Az utóbbi hármat idegen hangzása miatt mégsem használnám. A *gömbszemcsés* kifejezés feleslegesen hosszú. A *fészkes* meghatározás félreértésre adhat alkalmat, mert ezen a lágyított öntvényben izzításkor kiváló grafitalakot értjük. *Csomós*-nak inkább az elégtelen ötvöző hatás nyomán keletkező grafitalakot nevezném, amely még nem szferolit, de még kevésbbé lemez. Helyes és szabatos elnevezésnek csak a *gömbös* meghatározás látszik, mert a jól sikerült öntvényben a grafit valóban gömbalakban kristályosodik. Javaslatom tehát a *gömbös, gömbgrafit*, illetve *gömbgrafitos öntvény* elnevezésnek az elfogadását és kizárólagos használatát.

I.

Az öntöttvasnak magnéziummal való kezelésekor az egyetlen nehézséget az okozza, hogy a *Mg* 1107°-on forr, az ötvözés hőmérsékletén pedig a gőznyomása kereken 8-at. A folyékony öntöttvasba juttatva robbanásszerűen freccsen és a vele dolgozók testi épségét veszélyezteti anélkül, hogy hatásos mennyiségben a vasba jutna. Biztonságos, aránylag nyugodt és hatásos ötvözés csak segédötvözetekkel lehetséges. Erre a célra elsősorban olyan nehézfém alkalmas, amely a *Mg* gőznyomását csökkenti és a gömbösödést nem akadályozza. Legmegfelelőbbnek a *Ni* és *Cu* bizonyult. Mindkettővel sikeresen kísérleteztek.

A nikkellel való ötvözésnek hazai vonatkozásban inkább csak elméleti jelentősége van, de a rézből sem tudnánk erre a célra jelentős mennyiséget áldozni. Annál meglepőbb az a heves ellenállás, amelyet öntő szakembereink a rezes segédötvözet esetleges használatával szemben tanusítottak, attól félve, hogy a hazai öntvénytöredék körforgásában a rézzel előbb-utóbb nem kívánatos mértékben szennyeződne. Ezeket a kartársakat a következő példával szeretném megnyugtatni:

Az $^1/_3$ rész *Mg*-, $^2/_3$ rész *Cu*-tartalmú segédötvözetből a gömbgrafit biztosítása céljából 0,5% *Mg*-nak megfelelő mennyiséget kell a fürdőbe jutattni.

A fürdő ezzel kereken 1 % *Cu*-t vesz fel. Ha az ilyen öntvény (töredék alakjában) újra a kúpolóba kerül, a gömbösítő hatást kiváltó *Mg* kiég belőle, a *Cu* azonban benne marad. Az 50% töredékkel készült olvadék tehát 0,5% *Cu*-tartalmú. Ezt az újabb ötvözés 1,5%-ra növeli. Igen egyszerűen ki lehet azonban számítani, hogy a *Cu*-tartalomnak a feldúsulása — 50% töredék adagolása esetén — megközelíti, de soha nem éri el a 2%-ot. 50%-nál több öntvénytöredéket az anyag minőségére valamit is adó öntőmű sohasem adagol. 25%-nyi (rézzel szennyezett) öntvénytöredék adagolásakor a *Cu*-tartalom elérhető felső határa 1,33%. Ez a *Cu*-mennyiség éppenséggel nem tekinthető károsnak, mert az öntöttvasnak egyetlen tulajdonságát sem rontja, szilárdságát pedig elég jelentős mértékben növeli.

Hazai vonatkozásban azonban sem a nikkellel, sem a rézzel való ötvözésre nem gondolhatunk. Olyan ötvözőanyagot kell tehát keresnünk, amellyel ezeket pótolni lehet.

A mult év elején elkezdett kísérleteim célja az volt, hogy a *Mg*-mal ötvözhető fémek közül olyat válasszak ki, amely olcsó, lehetőleg könnyen hozzáférhető, a gömbösödést nem akadályozza, az újraolvasztásra kerülő öntvénytöredékben előbb-utóbb jelentkező dúsulása az öntvény tulajdonságaira nem káros, és a *Mg* gőznyomását a folyékony öntöttvas hőmérsékletén csökkenti, tehát a vele készített magnéziumos segédötvözet a folyékony vassal lehetőleg nyugodtan, de mindenesetre robbanás nélkül ötvöződik.

Sokféle ötvözettel próbálkoztam és az elért eredményekről az év elején már egy előadás keretében be is számoltam. A külföldön előállított *Mg-Cu-Si-Fe*-tartalmú kvaternér segédötvözetekkel is végeztem kísérletet. Többek között a hazai üzemi kísérletekben is használt 10% *Mg*, 5% *Cu*, 40% *Si*, 45% *Fe* segédötvözetet is kipróbáltam. Ezzel a segédötvözettel kb. 0,7% *Mg* biztosítja a várt hatást. Ugyanakkor azonban négyszer ennyi, tehát 2,8% *Si* is jut a vasba, amihez még 0,4% oltóhatású *Si* is járul. A folyékony öntöttvas *Si*-tartalma, az üstbe való adagolás jelentős leégési vesztesége ellenére is, kezelés közben kereken 2,0—2,2%-kal dúsul. Ezt a segédötvözetet tehát csak *Si*-ban igen szegény, maximum 0,3—0,4%-ot tartalmazó olvadékba lehet adagolni, különben az öntvény a túlságosan nagy *Si*-tartalom miatt rideg marad.

A magnéziummal egyidőben oldódó *Si*-nak mint oltóanyagnak a hatása a folyamat, különösen azonban a termék kialakuló tulajdonságai szempontjából nem kedvező. Bizonyos, hogy ettől a gömbgrafitos öntöttvastól nem várhatunk olyan tulajdonságokat, mint a nikkeles segédötvözettel készített, tehát végeredményben nikkellel is ötvözött öntöttvastól. Az is közismert tapasztalat, hogy nagy szívóságot (10—20% nyúlást) csak a *Mn*-ban és a foszforban igen szegény öntöttvas mutat. A sziliciumos segédötvözettel készített ötvözet szívóssága azonban — különösen izzított állapotban — olyan kicsi, hogy az csak az ötvözéssel egyidőben a fürdőbe jutott, jelentős mennyiségű *Si* valamilyen káros hatásának tulajdonítható. Minden tekintetben kielégítő hatást csak a *Si*-ban

szegény vagy azt egyáltlán nem tartalmazó segédötvözet biztosít. Egy ilyen segédötvözetet keresve, még az év első felében sorra vettem a segédötvözetek készítése szempontjából számbajöhető fémeket. Valamennyi között elméletileg a *Pb* biztatott a legtöbb sikerrel. További kísérleteimet tehát a *Mg—Pb* binér-rendszerbe tartozó ötvözetekkel végeztem. A több mint 50 kísérleti adag közül — az olvasztóberendezés tökéletlensége miatt — aránylag kevés mondható minden tekintetben sikerültnek (ezért az egész sorozat csak előkísérletnek tekinthető), a sikerült adagok azonban a várakozásnak minden tekintetében megfelelő képet mutatnak. Ahelyett, hogy itt a kísérletek részletes leírásába merülnék, csak az elért eredményeket ismertetem.

Legmegfelelőbbnek a kb. 35% *Mg*-tartalmú segédötvözet bizonyult. Az ólomban gazdagabb ötvözetekben ugyanis a Mg_2Pb-vegyület primérén kristályosodik, amely a levegőn nem állékony és az ötvözet szétmálását okozza. A *Mg*-ban gazdagabb ötvözetek (legalább is 50%-on felül) már elég robbanékonyak.

A *Mg* forráspontját a kb. kétszer annyi ólom 50—60°-kal növeli, a folyékony öntöttvas hőmérsékletén mérhető gőznyomását pedig jelentékenyen csökkenti, úgyhogy az ötvözés fénytüneménnyel jár, de freccsenést egy esetben sem tapasztaltam.

A grafit gömbalakban való kristályosodása kb. 1% *Mg* adagolásával biztosítható, az alapanyag általában perlit, esetleg kevés cementitfolttal. A szakítószilárdság öntött állapotban 45—55 kg/mm² között mozog. Itt is hangsúlyoznom kell (és ez a továbbiakra is érvényes), hogy az adagok nagyon kedvezőtlen körülmények között készültek, úgyhogy alkalmas berendezésben ezek az értékek lényegesen javulni fognak.

A szakítószilárdság az A_3-nál magasabb hőmérsékleten két óra hosszat tartó izzítás hatására kivétel nélkül minden esetben emelkedett, és általában 50—65 kg/mm² volt. A fémes alapanyag feritté alakult. Az 5%-ot elérő legnagyobb nyúlást egy 50 kg/mm² szakítószilárdságú (12 mm átmérőjű) próbatesten mértem. Érdekes, hogy a szakító szilárdság növekedése és ugyanakkor a perlitnek feritté való alakulása az elégtelen ötvözés következtében lemezes grafitú öntvényeken is bekövetkezhet.

Ha ezek után a *Si*-tartalmú és az ólmos segédötvözetek hatását és viselkedését összehasonlítjuk, kb. a következő kép adódik:

A sziliciumos segédötvözet *Mg*-tartalma 10%, az ólmosé 35% · 1 q gömbgrafitos öntöttvas készítéséhez tehát 7 kg sziliciumos, 2,85 kg ólmos segédötvözet szükséges.

A sziliciumos segédötvözettel való ötvözés hatásfoka, vagyis a kéntelenítésre és ötvözésre hasznosított mennyisége átlagosan 14%, az ólmosé 10%. Mindkettő elég gyenge és a már említett mostoha olvasztási körülményekkel magyarázható.

A segédötvözet *Si*- és *Cu*-tartalma gyakorlatilag teljes egészében az öntött-

vasban marad, az ólom azonban már az ötvözéskor maradéktalanul kiég, illetve elgőzölög. Hatása tehát csak az ötvözéskor, a *Mg*-gőznyomásának a csökkentésében jelentkezik, ezután az öntöttvasból eltűnik, és újraolvasztáskor az előző ötvözésnek már semmi nyoma sincs.

1 q öntöttvasba juttatott hét kg sziliciumos segédötvözetnek 1350°-ra való felhevítéséhez számítás szerint 1423 kalória szükséges. A 2,85 kg ólmos segédötvözet ugyanerre a hőfokra 533 kalóriával hevíthető. Ennek következtében a gömbgrafit biztosításához szükséges sziliciumos segédötvözet kereken 65°-kal, az ólmos pedig csak 24°-kal csökkenti a fürdő hőmérsékletét.

Nagy különbség mutatkozik a segédötvözetek árában is. A hét kg sziliciumos segédötvözet anyagára 24,50 Ft, 2,85 kg ólmos segédötvözeté pedig 17,30 Ft.

Az ólmos segédötvözet készítése igen egyszerű. A fedősó alatt 650°-on megolvadt *Mg*-fürdőben az ólom könnyen oldódik, és vele egy kb. 480°-on olvadó, közel eutektikus ötvözetet alkot. Ez megkeverése után tetszés szerinti, de célszerűen lapos formákba önthető, hogy a nagy fajsúlykülönbség okozta függőleges dúsulást elkerüljük.

Az ólmos segédötvözetnek igen nagy előnye, hogy a *Mg*-tartalma elemzés nélkül, egyszerű fajsúlyméréssel kielégítő pontossággal meghatározható. A sziliciumos segédötvözet nagyon is változó *Mg*-tartalmát azonban minden esetben elemezni kell.

Az ólmos segédötvözet egyetlen — de csak pillanatnyi — hátránya, hogy az ólmot külföldről kell beszerezni. Hazai kohászata azonban, tudomásom szerint, még az ötéves terv folyamán megindul.

II.

A gömbgrafitos öntöttvas alkalmazásának kilátásait vizsgálva abból kell kiindulnunk, hogy ennek az új típusú ötvözetnek a tulajdonságai és viselkedése egészen más, mint a már ismert és használt fémes anyagoké. Mechanikai, fizikai és kémiai tulajdonságai nagyjából már ismertek, de arról még igen kevés adatunk van, hogy ezek a tulajdonságok a gyakorlatban hogyan hasznosíthatók. Az alkalmazási területek kijelölését nagyon megnehezíti az a körülmény, hogy a kezelés sikerétől függően a grafitnak tökéletes gömbösödése és lemezes alakban való megjelenése között fokozatos átmenet van, és ez az átmenet a tulajdonságokban is jelentkezik. Az eljárás technológiája ma még annyira fejletlen, hogy a csak gömbgrafitot tartalmazó öntöttvas optimális tulajdonságainak a többé-kevésbé sikeres megközelítése inkább szerencse dolga. Külföldi tapasztalatokra sem támaszkodhatunk, mert ezek az ötvözetek nikkeles segédötvözettel készültek. Az 1%-ot is meghaladó *Ni*-tartalmuk nemesítő hatása a mi gömbgrafitos öntvényeinkben nem jelentkezik, tehát olyan viselkedést sem várhatunk tőlük, amilyet a nikkellel ötvözött gömbgrafitos öntöttvas mutat.

Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a gömbgrafitos öntöttvas min-

den olyan célra alkalmazható, ahol ismert tulajdonságai kívánatosak, tehát az alkalmazásuk gazdaságos. Alkalmazásának főbb területeit talán a következőképp körvonalazhatnánk:

1. a közönségesnél szívósabb, dinamikus igénybevétellel szemben ellenállóbb és egyben nagyobb szilárdságú öntvényt az öntött állapotú, perlites alapanyagú gömbgrafitos öntöttvas biztosít;

2. nagyon szívós, dinamikus igénybevételt jól álló öntvény céljára az izzítással ferrites alapanyagúvá tett gömbgrafitos öntöttvas alkalmas;

3. ugyancsak gömbgrafitos öntöttvasat használhatunk, ha a nagyobb szilárdság következtében elérhető keresztmetszetcsökkenés indokolt, illetve a súlymegtakarítás kívánatos;

4. olyan alakú darabok készítésére is alkalmasnak látszik, amelyek túl komplikáltak ahhoz, hogy kovácsolni lehessen őket, lemezes grafitú öntöttvasból készítve pedig nem lennének elég szilárdak és szívósak. Az ilyen darabok ma legfeljebb acélöntvényből készíthetők. Itt kell rámutatnom arra, hogy az új anyag alkalmazása új tervezési lehetőségeket nyujt, mert lehetővé teszi olyan alakú szerkezeti vagy gépalkatrészek öntését is, amelyeket eddig sem kovácsolással, sem öntéssel (az acél nehezebb önthetősége miatt) nem lehetett készíteni;

5. természetesen semmi akadálya sincs annak, hogy a különleges okokból (pl. a vegyi hatásokkal szembeni ellenállás megnövelése céljából) ötvözött öntöttvas szilárdsági tulajdonságait a grafit gömbösítésével javítsuk.

A gömbgrafitos öntöttvas valószínűleg igen sokoldalú és sok célra gazdaságosan használható anyagnak fog bizonyulni. Ezt azonban csak konkrét kísérletek dönthetik el. Ma már nincs akadálya annak, hogy ilyen öntvényeket készítsünk, tehát elérkezett az ideje a *kísérleti gyártás* megindításának. Ezen azt értem, hogy gondosan összeválogatott és megfigyelésre alkalmasnak látszó, közepes nagyságú öntvénytípusokból (fogaskerekek, tengelykapcsolók, féktuskók, emeltyűk, autó- és traktoralkatrészek stb.) 10—20 darabot a felhasználó üzemek rendelkezésére bocsássunk, ahol viselkedésük a párhuzamosan használt régi anyagból való öntvényekével könnyen összehasonlítható. Kellő számú, szerencsésen összeválogatott öntvénytípus aránylag rövid idő alatt általánosításra is többé-kevésbbé alkalmas adatot adna.

Ez a megfigyelési időszak alkalmas lenne arra is, hogy ezalatt a segédötvözet gyártásában mutatkozó nehézségeket leküzdjük, és a gömbgrafitos öntvény tömörségét biztosító speciális formázási technikát kikísérletezzük. Az előbbiben talán az ólmos segédötvözet használata, az utóbbiban pedig az atmoszférikus nyomású öntési módszer lehetne segítségünkre.

Ha ezek a problémák megoldódtak és az alkalmazási területek, a kísérleti felhasználás eredményei nyomán, kialakultak, a *nagyüzemi gyártásra* is sor kerülhet.

PORKOHÁSZAT ÉS PRECÍZIÓS ÖNTÉS

GILLEMOT LÁSZLÓ LEV. TAG

A gépgyártás egyes gyártási fázisait vizsgálva nagy általánosságban a szerszámgépeken való megmunkálást lehet a legdrágább munkamenetnek tekinteni. A megmunkálás főleg bonyolultabb alakú daraboknál okoz jelentős költségeket, ezért már régi törekvés a szerszámgépen való megmunkálás költségeinek lehető kerülése. A költségeket jelentősen csökkentették a tömeggyártás során kifejlődött automaták, amelyek egyes tömegcikkek olcsó és gyors megmunkálását tették lehetővé. Minél bonyolultabb alakú azonban az elkészítendő munkadarab, annál bonyolultabb maga az automata is. Éppen ezért a fejlődés iránya ma az, hogy az egyszerűbb, de nagymennyiségben készülő tárgyakat automatákon munkálják meg. Nem oldja meg azonban a szerszámgépek automatizálása a bonyolultabb alakú tárgyak előállítását. Itt a költségek csökkentésére két eljárás fejlődött ki: az egyik a porkohászat, a másik a precíziós öntés.

A porkohászat fejlődésének kezdetén inkább olyan ötvözetek előállítására szolgált, amelyek egyéb eljárásokkal nehezen voltak előállíthatók, az utóbbi években azonban jelentős teret hódított a gépgyártás egyes alkatrészeinek előállításánál is. Míg a porkohászat adottságainál fogva különleges célokat szolgáló darabok alkalmazásánál előnyös, addig a precíziós öntésnek egyenesen az a célja, hogy a szerszámgépen való megmunkálást takarítsa meg. A precíziós öntés tehát olyan nagypontosságú öntési módot jelent, amelynél az öntőmintából kikerülő darab közvetlenül felhasználható és beépíthető a szerkezetbe. Ezzel nemcsak a megmunkálás költségeit lehet kiküszöbölni, hanem értékes anyagoknál azzal is jelentős megtakarítás érhető el, hogy nincs hulladékba kerülő forgács. Nálunk most az anyagtakarékosságra való tekintettel ebből a szempontból is különösen ki kell emelnünk ennek az eljárásnak a fontosságát.

A rendes öntési technika két fajta öntési módot ismer: a homokformában és a fémformában való öntést. Közismert tény, hogy a homokformában való öntésnél sem az öntvény méretpontossága, sem a felület símasága nem éri el azt a minőséget, amelyet a fémformában való öntés nyujt. Bizonyos kivételes esetekben a fémformában öntött öntvények rögtön felhasználásra alkalmasak, ha a méretpontosság tekintetében felállított követelmények nem túlságosan szigorúak. Az öntvények pontosságának fokozására már régebben is ismeretes volt az úgynevezett fröccsöntés, illetőleg a présöntés. Mind a két eljárásnál fémformában öntik a fémet nagyobb nyomás alatt, ennek következtében az öntvény méretpontossága és felületi símasága is kielégítő. Ilyen gyártási módot azonban csak alacsony olvadáspontú fémeknél, tehát horganynál, alumíniumnál és legfeljebb sárgaréznél lehet használni. Bronz- vagy acélöntésnél nehéz annyira hőálló fémformát találni, amely tartós üzemet tenne lehetővé. Éppen ezért a magas olvadáspontú fémeket csupán nem fémes formákba lehet

önteni. Ilyenkor természetesen a formának megfelelő hőállóságúnak és szilárdságúnak kell lennie ahhoz, hogy anyomásalatti öntést elbírja. Mivel acélt igen nehéz, sőt majdnem lehetetlen fröccsöntés vagy présöntés mintájára anyagtechnológiai okokból feldolgozni, az acélöntések ilyen megoldására csak egyetlen út maradt, az úgynevezett centrifugális öntés. Függetlenül attól, hogy a fémformák az előbbiek szerint nem mindig alkalmazhatók, az acélöntészetben az is probléma, hogy a fémformák csak akkor kifizetődők, ha a szerszámkészítés igen nagy költségeit megfelelő darabszám árán lehet amortizálni. Ezért fejlődött ki az utóbbi években a nyomásos öntéseknek az az új fajtája, amelyet általánosságban precíziós öntésnek szokás nevezni. A precíziós öntés alapelve az, hogy valamilyen kerámiai formába, tehát megfelelő hőállóságú és szilárdságú formába öntik be a fémet, éspedig — a felület símasága és méretpontossága végett — nyomás alatt. Kerámiai formák készítése általában úgy történik, hogy az alapanyagot adó fémoxidport szerveskötőanyaggal összesajtolják, és magas hőmérsékleten — a fémoxid természetétől függően — legtöbbször 1400° felett izzítják. Ennek következtében a szerveskötőanyag kiég, és az egyes fémoxidszemcsék között diffúziós kötés jön létre. A magas hőfokon való kiégetés következtében természetesen a forma nemcsak zsugorodik, hanem tekintélyes elhúzódások is jönnek létre, tehát az ilyen módon képződött formák méretpontos öntvények gyártására nem használhatók. Éppen ezért olyan formaanyagot kell használni, amelynél az izzítás hőfoka lényegesen alacsonyabb lehet, és ennek következtében a forma a megkívánt méretpontosságot eléri. Erre a célra legjobban az etil-szilicium felel meg. Ezt szilicium-tetrakloridból és etilalkoholból lehet előállítani. A szilicium-tetraklorid viszont homok és szénpor keverékéből állítható elő úgy, hogy a keveréket klórgázáramban izzítjuk. Az etil-szilicium nedvesség jelenlétében hidrolizál. Ha etil-sziliciumot megfelelő arányban valamilyen fémoxiddal, pl. magnéziumoxiddal kevernek, akkor már egyszerű szárítás útján is kötést ad, és a kötés szilárdsága izzítás útján még fokozható. Az így készített formák zsugorodása sokkal kisebb mint a normális kerámiai úton előállítottaké, a felület símasága a fémformák símaságát eléri anélkül, hogy költséges szerszámkészítési munkát tenne szükségessé.

A precíziós öntés munkamenete elvileg a következő:

Az öntendő tárgyhoz nem faminta, hanem úgynevezett mesterminta készül. Ez rendszerint alacsony olvadáspontú és jól megmunkálható fémből készíthető el. Ezt a mestermintát, amely a kiöntendő tárgy negatívja, viasszal öntik ki. A viasszal szemben az a követelmény, hogy a kiöntés után meglehetősen kemény, most már pozitív mintát adjon. Ezt a pozitív viaszmintát formázzák be a magnéziumoxid és etilsziliciumból álló megfelelő arányú keverékbe. A beformázás rendszerint rázógépen történik, t. i. a fölös mennyiségű etil-sziliciumot a kötés szilárdsága érdekében el kell távolítani. A viasszal való beformázásra azért van szükség, hogy a formából a mintát a forma megsértése vagy fellazítása nélkül lehessen kivenni. Ezt a viasznál egyszerű kiolvasztás útján lehet elérni. Az így

rendelkezésre álló kerámiai formát centrifugál öntőgépen öntik ki, annak érdekében, hogy a fém nyomása meglegyen. Elvileg tehát minden kerámiai forma csak egyetlen alkalommal használható. Ennek ellenére az eljárás óriási anyagi előnyöket nyujt ott, ahol az öntés által elérhető méretpontosság a további megmunkálást feleslegessé teszi. Az eljárás jelenlegi formájában inkább kisebb tárgyak öntésére való, és így a névleges mérethez képest 0,15 mm-nyi eltérésen felüli pontosságokat tesz lehetővé. Ez az öntvényt igen sok területen minden további nélkül beépíthetővé teszi. Ezek szerint a precíziós öntés legfőbb területe az olyan tömeggyártás, ahol nagymennyiségű alkatrészt lehet öntésre átvinni egyéb gyártási módszerek, pl. szerszámgépen való megmunkálás vagy automatákon való megmunkálás helyett. Különleges jelentősége van ott is, ahol szerszámgépen nehezen megmunkálható ötvözeteket kell megfelelő méretpontossággal előállítani. Így pl. általában nagyon előnyös gyártási mód ausztenites acélok gyártásánál. A gázturbina-lapátokat pl. ma már rendszerint precíziós öntés útján állítják elő.

Gyártási szempontból hasonló célokat szolgál az úgynevezett porkohászat. Porkohászati úton is lehetséges alkatrészeket úgy előállítani, hogy utólagos megmunkálásra ne legyen szükség. A két eljárás között mégis döntő elvi különbség van, mert a porkohászat nem szolgáltat tömör testeket. Az így előállított darabok szükségképpen porózusak. A két eljárás összehasonlítása érdekében célszerű a porkohászat munkamenetét közelebbi vizsgálat alá venni.

A porkohászati eljárásoknál a fémporokat valamilyen kötőanyaggal keverve vagy esetleg anélkül fémformában sajtolják, a sajtolás után pedig olvadáspont alatti hőmérsékleten izzítják. Ilyen módon az egyes szemcsék között diffuziós kapcsolat jön létre, amely kielégítő szilárdságú tömör testet biztosít. A kötőanyagul használt, rendszerint szerves anyag a darab izzításakor kiég. Az ilyen porkohászati úton előállított test fajsúlya a legkedvezőbb esetben is legfeljebb 70—80%-a az eredeti fém fajsúlyának. A test tehát porózus, és ezt a tulajdonságát számos helyen ki lehet használni, pl. arra, hogy olajjal átitatva úgynevezett önkenő csapágyakat hozzunk létre. Általában a porkohászati úton előállított testek szilárdsága mindig kisebb, mint az alapanyagé, nyúlásuk pedig döntően kisebb úgy, hogy még a szívós anyagokból készített fémportestek is közelebb állnak a rideg anyagokhoz, mint az eredeti kiindulási anyagokhoz. A porkohászati úton előállíott testek tehát szilárdsági szempontból csak a később ismertetendő kivételes esetben kedvezőbbek, mint a tömör fémből öntött vagy kimunkált testek. Nagy előnye azonban a porkohászati eljárásnak, hogy a fém olvasztásnélküli alakítását teszi lehetővé, tehát alkalmas olyan különleges ötvözetek előállítására, amelyeket magas olvadáspontjuk miatt megömleszteni amúgy is nehéz volna.

Ilyen pl. a wolfram-karbid porokból készült lapkák gyártása. Ugyancsak alkalmas a porkohászat olyan különlegesen nagy tisztaságú anyagok gyártására,

ahol az öntésnél feltétlenül gáz és szennyezések felvételétől lehet tartani. Erre igen jó példát ad a porkohászati úton gyártott mágnesek problémája. Ettől a három alkalmazási területtől függetlenül, melyeket jelenleg nem kívánunk részletesen tárgyalni, a porkohászat szerepét a gépalkatrészek gyártásánál csak abból a szempontból vizsgáljuk, hogy mennyire lehet ezen az úton az alkatrészek megmunkálását kiküszöbölni és ezzel a gyártás költségeit csökkenteni. Kiinduló anyagul a gépalkatrészek gyártásánál rendszerint vaspor szolgál. A vasport sokféle úton lehet előállítani. Ezek közül a legfontosabb a golyós malomban való aprítás, folyékony fémsugárnak gyorsan forgó szerkezetekkel való porítása, az elektrolitikus úton előállított vaspor, kalapácsmalomban való aprítás, továbbá az úgynevezett carbonil-eljárás. A gépgyártás követelményeinek megfelelő nagymennyiségű port olcsón leginkább a folyékony fémsugár porlasztásával lehet elérni. Az összesajtolt és utólag izzított fémpornak a szilárdsága, mint említettük, a tiszta vas szilárdságát és nyúlását nem éri el. A szilárdságot fokozni lehet azzal, hogy a fémporba olyan egyéb fémek porát keverik, amelyek a zsugorítás hőfokán már megolvadnak, és az így képződött folyékony fázis kötőanyagot képvisel. A vasporhoz kevert rézpor a testek szilárdságát fokozza. A szilárdság fokozásának egy másik módszere, hogy a sajtolást és a zsugorítást egyetlen munkafolyamatban intézik el. Ez természetesen a sajtoláshoz használt szerszámot sokkal erősebben veszi igénybe, mint a hideg állapotban való sajtolás. Elvileg tehát a porkohászati úton gyártott testek kétféle módszerrel állíthatók elő: hidegen való sajtolással és ezt követő zsugorító izzítással vagy pedig a sajtolással egybekötött zsugorítás útján. A már említett kötőanyag alkalmazása, amely a test szilárdságát átmenetileg biztosítja csupán az előbbi esetben szükséges. Általában az első eljárást használják, mert ez lényegesen olcsóbb, de szükségképpen kevésbbé pontos méreteket ad, hiszen az izzításkor a darabban elhúzódások jönnek létre, éspedig annál inkább, minél bonyolultabb alakú a darab. A porkohászat alkalmazásánál figyelembe kell venni azt is, hogy nem minden fajta darab állítható elő porkohászati úton, nemcsak a zsugorodás miatt, hanem azért is, mert az összesajtolandó por egyáltalában nem viselkedik ideális folyadék módjára. A porkohászati úton előállított test szilárdsága egy bizonyos izzítási hőfok és izzítási idő alkalmazásánál elsősorban a sajtoláskor használt nyomástól függ. Minél nagyobb a sajtoláskor alkalmazott nyomás, annál tömörebb és nagyobb szilárdságú lesz az elkészült test. A nyomás növelésének azonban nem csupán a rendelkezésre álló gyártási adottságok, a szerszám szilárdsága vagy a sajtó mérete szab határt, hanem az is, hogy a sajtoláskor a poroknak a szerszámmal közvetlenül érintkező része jobban tömörödik, mint az attól távoleső, a nagyobb méretű test szilárdsága tehát nem lesz egyenletes a darab minden részében. Ha pl. egy egyszerű hengeres testet kell készíteni, ahol a hengeralakú szerszámba betöltött porra a présszerszám felülről gyakorol nyomást, akkor az elkészült darab felső része szükségképpen nagyobb szilárdságú és tömörebb lesz, mint a többi. Ezen

a bajon kettőshatású szerszámokkal szokás segíteni. A jelen példában, tehát alulról és felülről is egy-egy présszerszámot kellene működtetni. Ez természetesen a szerszámszerkesztést teszi bonyolulttá, de a test szilárdsága és tömörsége így egyenletesebb lesz.

A porkohászati eljárás tehát mindig bonyolult szerszámkészítői munkát és viszonylag költséges szerszámokat igényel. Éppen ezért nem minden darab gyártható rentábilisan porkohászati úton, és a darabok gyártása — alakjuktól és méretüktől függően — a magas szerszámköltség miatt csak egy bizonyos darabszám felett tekinthető kifizetődőnek.

Összehasonlítva a precíziósöntést és a porkohászati eljárásokat, azt lehet mondani, hogy ha a porkohászat már felsorolt különleges előnyeit az előbb ismertetett speciális célokra nem kívánjuk felhasználni, akkor nagy általánosságban az általános gépiparban a precíziósöntés nagyobb jelentőségű. Az összehasonlítás szempontjait lényegileg a következőkben lehetne összefoglalni.

A precíziósöntés szilárdsága általában nagyobb, mint a porkohászati úton előállított testeké. Kisebb mennyiség gyártásánál, lévén a porkohászati forma költsége nagyobb, a preciziósöntési eljárás feltétlenül olcsóbb. Beruházás szempontjából a precíziósöntés kisebb invesztíciót igényel, mint a porkohászat, amelynek egy jelentős része a porok gyártására szolgáló üzem. Méretpontosság szempontjából a precíziósöntéssel a porkohászati darabok pontosságát el lehet érni.

Összefoglalva tehát : ha nem különleges célú ötvözetet, sem nem különlegesen porózus testet kell előállítani, akkor a precíziósöntés az esetek többségében fölényben van a porkohászattal szemben. Vannak azonban területek az általános gépészetben is, ahol a gépalkatrészek gyártásához a porkohászat egészen különleges lehetőségeket nyújt. Ilyen a legutóbb ismertté vált SAP anyag. A legújabb kutatások u. i. kimutatták azt, hogy alumínium-port porkohászati úton állítva elő, tehát összesajtolva és zsugorítva, majd pedig az így kapott testet rúdprésen kisajtolva, a fémalumínium szilárdságánál nagyobb szilárdságú testek is előállíthatók. Ezt a különleges lehetőséget az ipar ma még nem használja ki, de valószínű, hogy olyan helyeken, ahol az alumíniumot néhány 100° C hőmérsékleten kellene használni, ez az SAP anyag lesz a jövő fejlődési iránya, tekintettel arra, hogy viszonylag magas szilárdságát magasabb hőmérsékleten is csak lassan veszíti el.

Mind a két eljárás ma már széles körben van a fejlettebb iparú államokban elterjedve. Éppen ezért a fentiekben nem annyira az eljárások műszaki részleteinek ismertetésére, mint a magyar gazdasági életben való szerepüknek és alkalmazási lehetőségüknek a vizsgálatára szorítkozhatunk. Ez az elvi áttekintés azt mutatja, hogy mind a két eljárást be kell vezetnünk az iparba, gondosan megvizsgálva egyenként az alkalmazási lehetőségek területeit. Ugyancsak külön-külön kell felülvizsgálni azt is, hogy melyik esetben melyik eljárás alkalmazása célszerű.

A HEGESZTÉSTECHNIKA SZEREPE A KORSZERŰ GÉPGYÁRTÁS GAZDASÁGOSSÁGÁNAK EMELÉSÉBEN

ZORKÓCZY BÉLA műegy. ny. r. tanár

A mult század 80-as éveiben alkalmazta először Nyikolaj Nyikolajevics Benardosz a szénpálcás és Nyikolaj Gavrilovics Szlavjanov a fémpálcás ívet hegesztési célokra. Bár Szlávjánov találmánya már kezdetben az egész világ elismerését érdemelte ki, aminek kifejezése volt az 1893-as chicagói világkiállításon neki ítélt aranyérem, e kiváló feltalálók még álmukban sem gondolhatták, hogy kutatói kezdeményezésük milyen hatalmas technológiának vetette meg az alapját.

A hegesztéstechnikát a két világháború fejlesztette ki rohamlépésekben. Az első világháború előtt és alatt főleg csak javító, gyors helyreállító munkákra alkalmazták. Új szerkezetek gyártására csak az első világháborút követő évtizedekben kezdték használni, de e téren a legnagyobb fejlődést a második világháború hozta meg. A fasizmus legyűrésére mozgósított technikai felkészülés közben a hajók, mozdonyok, vasúti kocsik, tankok, páncélgépkocsik és egyéb hadianyagok gyártásában a termelés gyors felfokozására egyre bátrabban alkalmazták a hegesztéstechnikát. Ennek azután az lett a következménye, hogy a hegesztéstechnika, melyet azelőtt a kezdeti balfogások miatt a gépszerkesztők csak tartózkodással mertek új gyártmányok előállítására alkalmazni, a többi klasszikus gyártási eljárás egyenrangú társává emelkedett és az is maradt a háborút követő békeévek alatt is. Ennek oka az, hogy a békeidők gazdaságának feladata minél jobb termelvényeknek, minél olcsóbb előállítása oly célból, hogy azok minél szélesebb néprétegeknek legyenek hozzáférhetők életszínvonaluk emelésére. Ennek a feladatnak a hegesztéssel korszerűen előállított gyártmányok mindenben megfelelnek.

A hegesztéstechnikában rejlő gazdasági előnyök

A hegesztett tartályok, kazánok, vasszerkezetek fölénye a szegecselt hasonló szerkezetekkel szemben közismert. A következőkben főleg a hegesztéstechnikának a gépgyártás területén biztosítható gazdasági előnyeit vizsgáljuk. Ezeket a következő csoportokba foglalhatjuk össze:

1. Megtakarítási lehetőség *a)* anyagban, *b)* megmunkálásban.
2. A gyártási idő leröridítése.
3. Az általános (regie) költségek csökkentése.
4. A gyártmány minőségének emelése.
5. A korszerű gépszerkesztés előbbrevitele.
6. A hegesztett szerkezetű gépegységek könnyű, gyors és teljes értékű javíthatósága.

Megtakarítási lehetőségek anyagban

Az anyagban való megtakarítási lehetőségek az öntvényeknek hegesztett acélszerkezetekkel való helyettesítése útján a megengedett igénybevételek

különbségéből adódnak. Nagyságuk az igénybevétel fajától, a méretezés módjától és a helyettesített öntvény minőségétől függ.

A *húzó* igénybevételre való méretezés esetén a szerkezeti alkatrész hosszegységén felhasznált anyag súlya arányos az anyag fajsúlyával és fordítva arányos a megengedett igénybevétellel:

$$G = C \frac{\gamma}{\sigma_m} \; kg/cm$$

Öntöttvasra σ_m = 300 kg/cm², hegeszthető lágyacélra (A 34,11—A 42,11) δ_m = 900—1200 kg/cm². Az öntöttvasalkatrész helyettesítése tehát hegesztett szerkezettel ebben az esetben 67—80%-os anyagmegtakarítást jelent. Ez a legszélsőségesebb és legritkábban előforduló megtakarítás. Acélöntvénnyel szemben, melyre σ_m = 600—900 kg/cm², a megtakarítás 33%.

Igen nagy a húzó igénybevétel pl. a lemezél-sajtológép oszlopaiban. Az ilyen gépek kezdetben öntöttvasból készített oszlopait acélrudakkal tehermentesítették, a későbbi fejlődés során az egész gépkeretet acélöntvényből készítették, ma pedig csaknem kizárólag hegesztett kivitelben gyártják, mert ez adja a leggazdaságosabb, legkönnyebb és homogén szerkezeténél fogva, legjobb megoldást.

A tiszta *hajlításra* való méretezésnél az öntöttvasra megengedett σ_{mh} = = 1,45 σ_m = 435 kg/cm² érték 50—70%-os, míg az acélöntvény helyettesítése kereken 20% súlymegtakarítást jelent. Az ilyen igénybevétel jellemzi a gépkeretek felső és alsó gerendáit. Igen nagy hajlítófeszültség ébred pl. a lemezél-gyalu hosszú gerendájában, amelyet a leszorítócsavarok terhelnek. Ennek hegesztett acélszerkezetű gyártása tehát szintén nagy súlymegtakarítással jár.

Hasonló meggondolás alapján a *nyírásra* való méretezésnél öntöttvassal szemben 58—75%, acélöntvénnyel szemben 20%, csavarás esetén öntöttvassal szemben 50—65%, acélöntéssel szemben 20% súlymegtakarítást lehet elérni hegesztett lágyacélszerkezet alkalmazásával.

Növelhető a súlymegtakarítás annak 25%-ával, ha a szerkezet anyagául nagy szilárdságú hegeszthető acélminőséget, az A 50.35. 21-es acélt választjuk.

A méretezési esetek többségében azonban nem ilyen egyszerű a helyzet, mert legtöbbször együttesen fellépő többféle igénybevételre, pl. hajlításra és csavarásra kell méreteznünk. Ilyenkor a legkedvezőbb keresztmetszeti kiképzés a szekrénytartó. A szekrénytartó kialakításánál a hegesztési formaképzés nagy szabadsága a tetemes anyagmegtakarításon kívül még minőségileg is jóval magasabbrendű szerkezetet eredményezhet. Ebben az esetben ugyanis a nagy magokkal készült szekrénytartó-öntvényeknél a mageltolódás, maglefővés, hiányos magtámasz beolvadás, tehát a selejtté válás veszélye nagyobb, de még a kész öntvény megbízhatósága is kisebb, mint egyszerűbb öntvényeknél, a

homogén hengereit acélból hegesztett szerkezet minőségi fölénye tehát szembeszökőbb.

Ott, ahol a méretezés alapja a *sztatikus merevség*, az anyagmegtakarítás felső határát az öntöttvas és a hengerelt acéllemez rugalmassági tényezői között lévő különbség szabja meg. Lévén az öntöttvas rugalmassági tényezője $E_{ö.v.}$=750 000—1 050 000 kg/cm², az acélé: $E_{acél}$ = 2 150 000 kg/cm², a súlymegtakarítás felső határa tisztán méretezés alapján öntöttvassal szemben 65—50%. Ha az ilyen alapon méretezett szekrénytartó síklapokkal határolt, nemcsak a súlycsökkenés a bázisa a gazdaságosságnak, hanem a többi árképző tényező is kedvezően alakul és így az egész szerkezet önköltsége mélyen alatta van az öntött kivitelűnek.

Más a helyzet pl. akkor, ha körgyűrűalakú és elliptikus keresztszelvényű szekrénytartóról van szó, mely a legideálisabb szerkezeti kiképzés az együttesen fellépő hajlító és csavaró igénybevételek felvételére. Ebben az esetben az egyetlen célszerű hegesztett kivitel a két darabból sajtolt félellipszis keresztszelvényű körgyűrű összehegesztése. A hegesztett szerkezet költségét tehát terhelik a meleg sajtolószerszám és meleg sajtolás költségei, emiatt a hegesztett szerkezet ára az öntvény árának 2—3-szorosára emelkedhetik. De még ilyen esetben is előfordulhat, hogy a hegesztett szerkezet gazdaságosabb, mégpedig 3 okból: 1. éppen az ilyen esetben fordulhat elő, hogy az öntvényt 2—3-szor kell leönteni, míg használható darabot kapnak, 2. az ilyen használható öntvény is megbízhatatlanabb üzem közben és 3. abban az esetben, ha a darab egy mozgó szerkezetnek pl. földvájó kotrónak vagy bányakitermelőgépnek alkatrésze, a 60%-os súlycsökkenés lehet a döntő.

Kihajlításra való méretezésnél a héjszerkezetszerű kiképzés adja a hegesztett kivitel számára a legnagyobb anyagmegtakarítási lehetőséget. Az acéllemezek szilárdsági tulajdonságai azonban itt sem használhatók ki teljes egészükben, mert a vékony lemezek kihajlási, öblösödési veszélyét csak merevítésekkel lehet elhárítani. Ezek azonban szilárdsági szempontból fölösleges anyagfelhasználást jelentenek. Növekvő karcsúsággal nő az ilyen fölös anyagfelhasználás és csökken a gazdasági előny.

Nagy karcsúság esetén a leggazdaságosabb anyagelosztást biztosító szerkezeti elem a cső, a csőszerkezetek kötésére pedig a hegesztéstechnika biztosítja a legegyszerűbb, legszolidabb és legkönnyebb csomópont-kiképzéseket. Jó példák erre a vékony molibdén-acélcsövekből hegesztett repülőgépvázok és a merészen karcsú és könnyű hegesztett csőhidak.

Mozgó erők átadására, illetve felvételére szolgáló szerkezeteket *rezonanciamentességre* kell méretezni. Az öntöttvasnak rezgéscsillapító tulajdonsága olyan egyedülállóan kiváló, hogy a gépszerkesztők többségének felfogása szerint a nagy pontossággal dolgozó szerszámgépek állványainál az öntöttvas a hegesztett acélkivitellel nem cserélhető fel. A fejlődő hegesztéstechnika feltörekvő erejét bizonyítja az a tény, hogy e téren már kétféle, sőt háromféle megoldás is kialakult és a gépgyártásban alkalmazást is nyert.

A rezgésmentes méretezés közismert alapelve az, hogy a rezgést felvevő szerkezet önrezgésszámát messze a rezgéstkeltő fordulatszám fölé emelik. Ennek gyakorlati megvalósítási módja az, hogy a gépállvány szerkezeti elemeinek hosszát, lapjainak felületét sűrű, vékony bordázással, valamint a lemezek mélyítésével csökkentik. Ez a szerkesztési eljárás vezetett az ú. n. *sejtszerkezetekhez*, melyeket főleg szerszámgépek állványainál többszörösen kikisérleteztek. Az anyagmegtakarítás ez esetben az öntvénnyel szemben 20—40%, mégpedig 20% akkor, ha a gépszerkesztőt a régi öntvény kiviteli alakja köti és ennél nagyobb, ha el tudja magát szakítani a régi formák konvencionalizmusától és a sejtszerkezetek sajátos formái szerint alakítja ki a gépállvány körvonalait. Ez a szerkesztési mód adja az egyik megoldást.

A másik megoldás az, hogy az önrezgésszámot mélyen a rezgéskeltő rezgésszám alatt választják meg. Ez vezet az ú. n. lágy szerkezetekhez. Ezt a megoldást azonban lehetőleg kerüiik.

A harmadik, újabban feltűnt újítás ezen a téren az a megoldás, hogy a gépkeretet tisztán szilárdságra, illetve merevségre méretezik és a rezgéscsillapítást úgy érik el, hogy a hegesztett vázat betonnal töltik ki. Ennek szerepe egyedül a rezgéscsillapítás. Ezzel a megoldással lehet a rezgésmentességet a legnagyobb, 50—60%-os vasanyagmegtakarítással elérni és az ilyen szerkezeteken végzett mérések azt igazolták, hogy a betontöltés csillapító szerepét tökéletesen be is tölti. Egy ilyen elvek szerint sorozatgyártásban gyártott marógép 470 m/perc vágósebességet és 1000 mm/perc előtolási sebességet enged meg.

Az eddig tárgyalt tisztán méretezési szempontokból levezetett anyagmegtakarítási lehetőségeket növeli még az a körülmény, hogy az öntött szerkezetek falvastagságát nem pusztán méretezési, hanem gyakran öntéstechnikai szempontok szabják meg. A forma kiönthetőségét, valamint az egyenletes dermedést biztosító falvastagítások és a formázástechnikailag megkövetelt kúposság a hegesztett szerkezeteknél feleslegesek, ez a súlycsökkentést annak további 5—15%-ával emeli. Némi súlymegtakarítást jelent a nyersöntvénnyel szemben az is, hogy az utóbbinál nagyobb megmunkálási ráhagyások szükségesek.

Megtakarítási lehetőségek a megmunkálásban

Az öntvények megmunkálási sorrendje szigorúan megszabott: az öntvényt mindig teljes egészében kell a megmunkáló gépre felfogni és célszerű sorrendben megmunkálni. Nagy gépállványoknál ez mindig nehézkes, nagy felfogási, beállítási időt igénylő művelet és a nagy vágási sebességeket nem mindig engedi meg.

A hegesztett szerkezetek sajátos szabadsága ezen a téren is sok megtakarítási lehetőséget rejt magában. Éppen úgy, mint a méretezésnél, az üzembiztonság határáig a megengedhető legkisebb súlyra való törekvés a tervező

feladata, a gyártástervezésnél annak az elvnek kell érvényesülnie, hogy a minimumra csökkenjenek a kész szerkezeten elvégzendő megmunkálások. Ennek az elvnek az alkalmazása a megmunkálás terén a következő megtakarítási lehetőségeket jelenti:

Olyan szerkezeti alkatrészek, melyek a szerkezet többi alkatrészéhez nincsenek kötve, amilyenek pl. az olajvezeték-csatlakozások, nézőablakok, függesztő szemek karimái stb., teljesen készre munkált állapotban hegeszthetők be. Az ilyen megmunkálás ideje, különösen sorozatgyártás esetén, kis töredéke az öntvényen lévő azonos elemekének.

Az egész szerkezet alkatrészcsoportokra osztható, melyek az utolsó csoport kivételével, külön-külön összehegesztve, teljesen készre munkálhatók és így teljes összehegesztés után csak az utolsó csoport készre munkálása marad a nehézkes, nagy gépen való megmunkálásra.

Lehetővé teszi a műveleti sorrend olyan megváltoztatását, mely a megmunkálási költségeket lényegesen csökkenti. Ennek a lehetőségnek hatását a megmunkálási költségekre egy egyszerű példa szemlélteti. Egy acélöntésű, aránylag hosszú agyas lánckerék megmunkálási sorrendje: 1. az agyfurat készremunkálása, 2. az agyfurat központosításával a tárcsa megmunkálása, 3. fogmarás. Ez esetben a lánckerekek fogazása csak egyenként történhet. Hegesztett kivitelnél a kerék két részből, tárcsából és agyból készül. A helyes műveleti sorrend: 1. a tárcsa megmunkálása, 2. a fogak marása a tárcsafurat központosítása alapján, 3. az agy behegesztése, 4. az agyfurat készremunkálása a fogkoszorú központosítása alapján. Ezzel a megfordított műveleti sorrenddel elérjük, hogy akár 10 tárcsa fogmarása történhet egyszerre. Mivel ez a legköltségesebb művelet, a költségcsökkentés nyilvánvaló.

A gyártási idő lerövidítése

A hegesztett szerkezet fontos gazdasági előnye, hogy gyártása raktáron tárolható szabványos szerkezeti acélfélékből történik. Ennek folytán gyártási ideje rövidebb, mint az öntvényből készült gép esetében. Megtakarítható ugyanis a mintatervezés, készítés, formázás, öntés, tisztítás, továbbá, ha a gépgyár az öntvényt más gyárból rendeli, a rendelés, az átvétel és a szállítás időveszteségе.

Az általános költségek csökkentése

A hegesztett szerkezetű gépek általános költségeit nem terhelik az öntőminták tervezésének, készítésének, tárolásának és biztosításának, valamint ismételt felhasználáskor a javításának költségei. A mintaköltséget egy bizonyos gyártási programm szerint előirányzott darabszámra felosztva szokták amortizálni. Ha a szerkezet korszerűsítése miatt a minta az előirányzott darabszám gyártása előtt elavul, a mintaköltség le nem törlesztett része veszteségbe megy.

Növeli az öntvényből készült gyártmány általános költségeit a hegesztett szerkezethez képest az öntési selejt megállapítása, a szállító cég értesítése,

az új öntvény megrendelése, a soronkívüli szállítás sürgetése, a pótlás soronkívüli megmunkálásának túlóraköltsége is.

A gyártmány minőségének javítása

Az öntvények minőségét az odvasság, a porózusság, a meleg és hideg repedések, valamint a megmunkálandó felületeken kemény (ledeburitos) foltok előfordulási lehetősége rontja. De a jó öntvény szilárdsági tulajdonságai is kisebbek a vastag fal belsejében, mint a szélén, vagy a vékonyabb falakban. A hegesztéshez használt hengerelt acélok teljes keresztmetszetükben egyneműbbek és a bennük előfordulható hibák : salakzáródmányok stb. lényegesen kisebb mértékben rontják a hibátlan anyaghoz képest értéküket. Így tehát az öntött szerkezeti anyag helyettesítése hengerelt acéllal vitán felül minőségjavítást jelent.

További minőségjavítást ad az a lehetőség, hogy az egyes alkatrészeket azok igénybevételének legmegfelelőbb acélfajtából lehet elkészíteni és így több különféle acélból is lehet egységes szerkezetet kialakítani, melynek kopásra igénybevett felületeit kemény réteg felhegesztésével tudjuk a legnagyobb fokig kopásállóvá tenni.

Versenyképességet növelő minőségjavítást jelent exportszállítás esetén már maga a kisebb súly, de az is, hogy könnyű a szállítás közben szükséges emeléshez használt függesztő szervek alkalmazása, valamint az, hogy ütődéskor nem töredeznek le a sarkok és a kiálló részek, mint az öntvényeknél.

A korszerű gépszerkesztés előbbrevitele

A hegesztett szerkezetek tervezésénél nem kötik a szerkesztő fantáziáját az öntéstechnikai kötöttségek és így tervezésüknél érvényesülhet a legnagyobb szabadság a formaképzésben. Minden egyes alkatrész a rendeltetésének legmegfelelőbb alakra és méretre tervezhető. Nem köti meg a szerkesztő kezét a raktáron tárolt és még le nem törlesztett költséges öntőminta és magszekrénykészlet, hanem az egymásután következő gépegységeken gátlás és költségtöbblet nélkül viheti keresztül korszerűsítő módosításait.

A hegesztéstechnika lehetővé teszi, hogy a szerkezet egyes alkatrészei a legmegfelelőbb technológiával készüljenek, mert hengerelt lemez, alakvas, sajtolt vagy kovácsolt darab és acélöntvény alkatrészeknek egy egységes egésszé való hegesztését engedi meg. Szerelvények, pl. motor- és szivattyú-konzolok és alapok könnyen, szolídan és olcsón építhetők egybe a gépállványokkal.

A hegesztett szerkezetű gépek javíthatósága

Utolsónak hagyott, de az eddig felsoroltaknál nem kisebb gazdasági jelentőségű a hegesztett gépegységek könnyű, gyors és mégis teljes értékű

javíthatósága. Ha egy öntöttvas gépkeret túligénybevétel folytán eltörik, akkor a gép teljes értékű helyreállítása vagy a törött öntvény újjal való pótlása, vagy esetleg annak melegen való hegesztése útján történhet. Mindkét javítási mód hosszú időt igényel és nagy termeléskiesést jelent. A hegesztett szerkezetű gép törése viszont hidegen való hegesztéssel órákon belül teljes értékűvé javítható meg.

Összefoglalva az eddig elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy a hegesztéstechnikának céltudatos fejlesztése és alkalmazásának kiterjesztése népgazdaságunk számára nagyon sok komoly hasznot igér. Legszembetűnőbb előnye természetesen az a lényeges megtakarítási lehetőség, melyet a vasanyag felhasználásában jelent, hiszen az általa elérhető súlycsökkenés gépeink öntöttvas állványainak, kereteinek, alapjainak területén legalább 20—50%. Növeli ennek a megtakarítási lehetőségnek értékét az a tény, hogy vasbázisunk korlátolt és így minden vasanyag-súlycsökkentés valutamegtakarítást jelent.

De új, szocialista hazánkat építő iparunk mai lázas munkairamában nem megvetendő a gyártási idő megrövidítésének lehetősége sem. Javítja még a helyzetet az a szerencsés körülmény, hogy az anyag- és időmegtakarítás nemcsak, hogy nem megy a minőség rovására, hanem éppen ellenkezőleg, szinte kényszerűen minőségjavítással jár.

A hegesztéstechnikában rejlő gazdasági előnyök mozgósításának feltételei

A hegesztéstechnika rejtett tartalékainak feltárására egyedül csak szocialista tervgazdaságunk képes, de egyúttal hivatott is. S ha azt akarjuk megvizsgálni, mik a feltételei a hegesztéstechnikában rejlő gazdasági előnyök mozgósításának, először meg kell vizsgálnunk, hogy is áll a mi iparunk a hegesztés terén.

A hegesztéstechnika az utóbbi évtizedek során a Szovjetunióban és a nyugati államokban egyaránt sokrétű és elmélyülő műszaki továbbképzést megkövetelő technológiai tudományággá emelkedett. Sokrétűségét mutatja az a tény, hogy a korszerű hegesztéstechnikának a forrasztás figyelmen kívül hagyása mellett 7 főágazata és ezeken belül legalább 33 egymástól jellegzetesen különböző eljárása van. De ha csak a hegesztett szerkezetű gépek gyártásában leginkább alkalmazott ívhegesztő eljárásokat vesszük figyelembe, ezeknek száma is 17.

Ebből a 17 eljárásból a mi iparunk mindössze legfeljebb 6-ot alkalmaz. Elmaradásunkra a legjellemzőbb, hogy éppen a legnagyobb termelékenységet biztosító hegesztő eljárások hiányzanak iparunkból. Ez röviden annyit jelent, hogy hegesztéstechnika szempontjából iparunk a 30-as évek színvonalán rekedt el.

A fejlődés iránya a nagy áramerősséggel dolgozó, nagyteljesítményű, önműködő hegesztő eljárások felé mutat. Munkásújítóink ösztönösen megérezve

az irányt a kétpálcás kézi ívhegesztéssel kettőzik meg teljesítményüket, de bátor kezdeményezésüket gátolja az a körülmény, hogy gyáraink nem rendelkeznek megfelelő áramerősséget adó hegesztőgépekkel. Van olyan, főleg hegesztőmunkákat végző nagy gyárunk, ahol nem is használnak 4 mm-nél vastagabb hegesztő elektrodát. 5 mm-nél vastagabbat a legritkább helyen használnak, mert hegesztő gépparkunk túlnyomó részének áramerősséghatára 300 A, tehát legfeljebb 5 mm vastag hegesztő elektróda leolvasztására alkalmas és csak kis része vehető 400 A-ig igénybe, tehát alkalmas legfeljebb 6 mm átmérőjű hegesztő elektróda leolvasztására.

Természetesen nem mindenütt hasznosítható az önműködő hegesztés nagy teljesítménye, de megvan a széles felhasználhatósági területe: a 10 mm-nél nagyobb falvastagság és 1 m-nél hosszabb varrathossz. Ezek hegesztőmunkáinkban bőven előforduló méretek. Ily esetben a Szovjet ADSz 1000-es hegesztő automatával elérhető varratlerakási teljesítmény a kézi hegesztéshez képest 5—7-szeres.

A külföldi hegesztéstechnika fejlettségi fokának jellemzésére említem meg, hogy az alumíniumlemezek kötésére legújabban kidolgozott argon-gázas önműködő hegesztéskötéskészítési sebessége 5 mm-es I-varrat egyoldalú hegesztésénél 40 m/óra, 10 mm-es I-varrat kétoldalú hegesztésénél 17 m/óra, 25 mm-es X-varrat 4 réteges hegesztésénél 5,9 m/óra. Ezek számunkra még csillagászati számok, de célkitűzésünk csak az lehet, hogy minél előbb elérjük őket.

A hegesztéstechnikában rejlő gazdasági előnyök mozgósításának tervgazdasági feladatait az a cél szabja meg, hogy iparunk hegesztéstechnikáját korszerű színvonalra emelje.

Ennek részletfeladatai:

1. Hegesztéstechnikus specialisták képzése minden kategóriában: a tervező, a gyártástechnológus mérnök, a művezető és a szakmunkás kategóriájában.

2. Iparunk hegesztő gépparkjának korszerűsítése a nagy áramerősségek és önműködő berendezések irányában.

3. A hegesztő anyagok gyártásának fejlesztése.

4. Az acélművek gyártási programmjának a szabványos hegeszthető minőségek gyártására való tervszerű beállítása.

E feladatok megoldásában természetesen szigorú tervszerűséggel kell eljárni. Mindenekelőtt át kell vizsgálni gyártásunk egész keresztmetszetét és szigorú kritikával fel kell kutatni azokat a gyártmányokat, melyeknek a hegesztett szerkezetre való átállítása a várható eredmény nagysága miatt indokolt. Sok esetben már mai felkészültségünkkel is ki tudjuk aknázni az átállítás előnyeit.

A végcél elérése azonban csak hosszabb lejáratú munkával lehetséges. A hegesztő szakembernek ugyanis sokoldalú szaktudással kell felvérteznie magát ahhoz, hogy balfogásoktól mentesen tudja betölteni hivatását. Ismernie kell

összes eljárások technológiáját, a hegesztett kötések létesítésének metallurgiai alapjait, a különböző varratfajták szilárdsági tulajdonságait és azokat az elváltozásokat, melyeket a hegesztés az összekötött alkatrészekben létrehoz. A hegesztő eljárások legtöbbje egy rövid idő alatt lefolyó, kis helyre koncentrált kohászati folyamat, mely a megömlés, dermedés és átkristályosodás jelenségeinek alapos ismeretét követeli meg. Hasonló elmélyülést igényel a varratzsugorodás okozta elhúzódások elhárítása és a feszültségek csökkentése is.

Mindezen ismeretekkel rendelkeznie kell mind a tervező, mind a kivitelező szakembernek, mert a jó és olcsó hegesztett szerkezet a tervezőirodában fogamzik és a műhelyben születik meg. Elmaradottságunkból csak szívós tanulással emelkedhetünk ki. Sztálin elvtárs közismert mondása, hogy »*micsoda tudomány az, mely elszakadt a gyakorlattól*«, a mi esetünkben megfordítva is igaz : micsoda gyakorlat az, mely nem használja fel a tudomány vívmányait.

Szerencsénk, hogy hegesztéstechnikánk korszerűsítésére való törekvésünkben számíthatunk a nagy Szovjetunió támogatására, ahol, mint a hegesztéstechnika szülőföldjén, ez a technológiai tudomány az Októberi Forradalom után a szocialista tervgazdálkodás céltudatos irányítása alatt óriási fejlődésnek indult. A Szovjetunióban ma már a tudományos és kutató intézetek egész sora viszi előbbre a hegesztéstechnika tudományos fejlesztését, a felső, közép és szakoktatás pedig széles specialista réteget teremt, melynek szakképzettsége megsokszorozza a hegesztéstechnikában rejlő gazdasági előnyök kiaknázási lehetőségét. A jó példa előttünk áll, csak követnünk kell és elérjük céljainkat.

A GYORSFORGÁCSOLÁS

HORNUNG ANDOR

A takarékosságnak egyik igen fontos módja az idővel való takarékoskodás. Ennek annál nagyobb a fontossága, mert a már elröppent időt visszahozni nem lehet. Az idővel való takarékoskodás egyik leghatásosabb módja a teljesítménynövelés. Ez egyszersmind anyaggal való takarékoskodást is jelent, mert, ha pl. a teljesítményt valamely forgácsoló megmunkálásnál a kétszeresére emeljük, evvel már a gépi berendezésnek a felét takaritottuk meg. Erre igen jó példával szolgál a gyorsforgácsolás kifejlesztése, és annak a tudomány és a gyakorlat állandó kapcsolatával való továbbfejlesztése.

Ennek rövid áttekintését a következőkben lehet körvonalazni. A gépiparnak az a rohamos fejlődése, amely a XX. század elején indult meg, nem elégedett már meg a régi szén-szerszámokkal elérhető teljesítményekkel. Ezért szinte parancsoló szükségesség ösztönözte a kutatókat arra, hogy olyan forgácsoló acélt hozzanak létre, amely a forgácsolásnál kifejlődő magas hőfokon is megtartja keménységét. A régi szén-szerszámacélok ugyanis, mint ismeretes, már 220°-240°C felett oly rohamosan vesztik el keménységüket, hogy csak igen

mérsékelt forgácsolási sebesség mellett használhatók. Ez pedig csak igen alacsony termelékenységet tesz lehetővé. Az 1900-as évek elején jött létre a wolfram, króm és vanadium ötvözésével a gyorsacél, melynek ugyan a keménysége nem haladja túl a régi szerszámacélok keménységét, de ezt a keménységet 550—600°C-ig megőrzi, és így a régi szénacélhoz képest két-háromszoros sebességgel való forgácsolást tesz lehetővé.

A műszaki tudományos kutatómunka megállapította az elmúlt évtizedekben a század elején létrehozott gyorsacéllal elérhető teljesítményeket. Ezeket még kobalt hozzáadásával növelték. Ezek az adatok szolgáltak alapul a gyorsacélszerszámok kihasználására alkalmas nagyteljesítményű szerszámgépek építésére. A jobb szerszámanyag előállítására irányúló kutatómunka azonban nem maradt tétlen, és mialatt még a gyorsacél kihasználására alkalmas nagyteljesítményű szerszámgépek építése, hogy úgy mondjuk, ki sem futotta magát, már a 30-as évek elején a gyakorlatban is megjelentek az olyan minőségben előállított kemény fémek, amelyek már messze túlszárnyalták a legjobb gyorsacélszerszámokat is, és így a jóhiszeműleg a gyorsacélok legjobb kihasználására épített szerszámgépek egy csapásra elavultakká váltak.

Mindennek következtében a gépipar a 30-as években abba a helyzetbe jutott, hogy valamely újonnan berendezett gépgyár, amelynek gépei 15—25 évi élettartamúaknak indultak, egyszeriben elavulttá váltak. Mivel nem lehet szó arról, hogy a gépgyári berendezéseket máról-holnapra kicseréljük, hiszen ezt még a leggazdagabb ország sem engedheti meg magának, a tudománynak és a gyakorlatnak kell összefognia, hogy a most már rendelkezésre álló, jelentősen nagyobb teljesítményekre képes keményfém-szerszámanyag alkalmazásával a régebbi gépekből is a lehető legnagyobb teljesítményt hozzuk ki.

A gyakorlati élet nem tűr halasztást, ennek következtében a keményfémek is igen gyorsan használatba kerültek anélkül, hogy meg lett volna a lehetőség azok különleges tulajdonságainak kellőképpen való figyelembevételére. A keményfémeket ugyanis eleinte úgy tekintették, mint a gyorsacélnak előrehaladottabb fajtáját, és ugyanazon gyakorlat szerint kezdték azokat használni, mint a gyorsacélokat. Ez volt az oka annak, hogy nagyon sok esetben rossz tapasztalatokat szereztek a keményfémekkel, mert nem vették figyelembe azoknak a gyorsacéloktól merőben különböző voltát és tulajdonságait.

A gyorsacél edzett állapotban többé-kevésbbé homogén felépítésű kristályos fém, hasonlóan a szénacélhoz, mintegy 250—300 kg/mm² szakító- és hajlítószilárdságú és nyomószilárdsága is hasonló értékek körül mozog. Ezzel szemben a keményfémek hajlítószilárdsága csak mintegy félakkora, vagyis 120—160 kg/mm² nyomószilárdsága ellenben a gyorsacélnak mintegy kétszerese, 450—600 kg/mm². A keményfémeknek Rockwell-keménysége is jóval magasabb a gyorsacéloknál. Ezeknek felső értékei 64—66 R_c-re tehetők, a keményfémé pedig bizonyos fajtáknál eléri a 80 R_c keménységet is. Ezt a keménységüket mintegy 800—900 C°-ig megtartják.

Ennek a magyarázata abban rejlik, hogy a keményfémek felépítése nem fínom kristályos szerkezetű, mint pl. az acéloké, hanem olyasféle, mint pl. a beton, amely kavicsokból áll és cementtel van összeragasztva. A keményfém alapját képező igen kemény karbidszemcséket ugyanígy ragasztják össze a magas hőfokon olvadó kobalttal. Ezért nevezik a keményfémeket zsugorított (szinterelt) anyagoknak. Ebből nyilvánvaló, hogy a keményfémek a hajlítással szemben csak félakkora ellenállással bírnak, mint a gyorsacélok, viszont igen kemény karbidszemcsézetük miatt mind nyomószilárdságuk, mind Rockwell-keménységük a gyorsacélokénál sokkal nagyobb.

Ez a magyarázata annak, hogy a keményfémekkel való fémmegmunkálás technikája mindaddig különbözni fog a gyorsacéloknál használatostól, amíg nem sikerül olyan felépítésű keményfémet létrehozni, amelynek nemcsak a nyomószilárdsága sokkal magasabb a gyorsacéloknál, hanem a hajlítószilárdsága is. Addig pedig, amíg ez a szerszámanyag valamely kutatóintézet munkájának gyümölcseként előállításra nem kerül, a keményfém-éllel ellátott forgácsoló szerszámok kialakításánál ezeket a lényegbe vágó különbségeket nem szabad figyelmen kívül hagyni. Ennek következtében a szerszáméleknek olyan kiképzést kell adni, hogy azok hajlítószilárdságnak a lehetőség szerint ne legyenek kitéve. Különösen kitöredezés, esetleg elmorzsolódás áll elő, különösen megszakított felületek megmunkálásánál, továbbá nagy szakítószilárdsággal és szívósággal bíró acélok megmunkálásánál. Ez a felismerés hozta létre keményfémeknél a negatív forgácsszögek alkalmazását, különösen acélok megmunkálásánál.

Ezekre a különbségekre, mint tudjuk, nemcsak néhány élesszemű kutató, hanem a szovjet gépiparban dolgozó sztahánovisták is rájöttek és — mint ismeretes — mind sikeresebben alkalmazták igen kemény anyagok megmunkálásánál a negatív forgácsszögeket.

De a fent említettek csak az első állomását jelentik annak a forgácsolási gyakorlatnak, amely a keményfémek alkalmazásánál eltér a gyorsforgácsoló acélok jól bevált gyakorlatától. Figyelembe kell venni az élkiképzést is. Gyorsacélnál, ha nagyolásról volt szó, egyáltalán nem volt lényeges, hogy fínom éllel dolgozzunk. Evvel szemben az üzemi gyakorlat is, a tudományos kutatómunka is kimutatta, hogy a keményfémszerszámoknál igen nagy gondot kell fordítani a fínom élkiképzésre. Ennek a magyarázata abban rejlik, hogy ha a szemcsés felépítésű betonszerű keményfém élét durván képezzük ki, akkor a forgácsolás közben lefolyó forgács behatol a szemcsék közötti hézagba, nagy ellenállást fejt ki az egyes szemcsékre, s azokat egyszerűen kifordítja, kitöri a kobaltágyazásból, éppen úgy, mint ahogy a betonanyagból is ki tudjuk törni valamilyen szerszámmal a cementtel összeragasztott kavicsot. Ha ellenben a keményfémszerszámoknak olyan fínom élet adunk, hogy köszörülésnél nemcsak a szemcséket veretjük ki a kötésükből, hanem azokat magukat is símára munkáljuk, s így recés élkiképzés helyett teljesen síma élet állítunk elő, akkor forgácsolás-

kor a folyó forgácsszalag nem tud behatolni az egyes szemcsék közé, nem tudja azokat kötésükből kilazítani, vagyis a fínom élkiképzéssel sokkalta nagyobb éltartamot tudunk biztosítani, mint a viszonylag durva köszörüléssel.

Az eddigiekben a tudományos kutatás és a gyakorlatban dolgozó szakmunkások közös munkája alapján két igen lényeges eltérést hangsúlyoztunk a gyorsacél- és a keményfémszerszámok között, melyekre a keményfémszerszámok használatánál figyelemmel kell lenni. Az egyik a keményfémnek kis hajlító szilárdsága és ridegsége vagy törékenysége, a másik az eléletlenedés jelenségének a különböző felépítéséből származó különbsége.

De újabb különböző viselkedésekre is rá kell még mutatnunk, hogy a keményfémek használatával tisztába jöjjünk.

Már a gyorsacéllal végzett forgácsolási kutatás is megállapította, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás függ a forgácsolási sebességtől is. Azok a sebességhatárok azonban, melyeknél ezek a különbségek már lényeges szerepet játszanak, a gyorsacél használatánál általában nem voltak tekintetbe vehetők. A gyorsacélkések ugyanis olyan kis éltartammal rendelkeznek, hogy fokozott forgácsolási sebességgel nem kerülhettek felhasználásra. Egészen másképpen áll a helyzet a keményfémeknél. Ezek éppen a gyorsacélokhoz viszonyítva sokkal nagyobb keménységűek és a jelentősen nagyobb hőállóképességük miatt többszörösen megnövelt vágósebességek mellett is használhatók. Ez a kérdés az acélanyagoknál kerül előtérbe, mert a töredezett forgácsot adó ridegebb anyagok — öntöttvas, sárgaréz stb. — megmunkálásánál ez a különbség nem mutatkozik.

A keményfémek használatbavételekor azonban éppen az acélok megmunkálásával nem boldogultak, mert nem vették figyelembe a most említett jelenségeket, melyek miatt a keményfémekkel végzett forgácsoláskor acélok megmunkálása esetén más módszerekre van szükség, mint amilyenek a régebbi gyorsacélgyakorlatban kifejlődtek. Ehhez járul még az is, hogy a keményfémeknek kezdetben kifejlesztett minőségei, melyek wolframcarbidból és kobaltkötőanyagból állottak, acélok megmunkálására részint a nem megfelelő kopási ellenállás, részint ridegségük és a kráteresedéssel szemben nem kielégítő ellenállásuk miatt nem váltak be. A keményfémminőségek továbbfejlesztése azonban létrehozta a titáncarbidot is tartalmazó keményfémminőséget, mely most már acélok megmunkálásához sokkal alkalmasabb tulajdonságokkal rendelkezik.

Sőt az az igen érdekes jelenség állt elő, hogy a rideg jellegű öntöttvasanyagoknak megmunkálása a régi gyorsacélszerszámokhoz viszonyítva csak három-négyszeres sebességgel történik, az acélok megmunkálása azonban hat-nyolcszoros sebességgel, noha kezdetben az acéloknak keménfémmel való megmunkálása nem vezetett kielégítő eredményre.

Az acéloknak ezen kedvező megmunkálási eredménye a keményfémek minőségének javításán kívül annak tulajdonítható, hogy a forgácsoláskutatás

ma már meglehetősen kiderítette a fajlagos forgácsolási ellenállás és a szerszám élének a kopásokkal szembeni változásait. Kiderült, hogy ha a gyakorlatban a gyorsacéloknál szokásos 15—25 méteres vágósebességet 40—50 méteresre növeljük, akkor különösen a keményfémeknél szokásos kisebb forgácsszög értékeknél a fajlagos forgácsolási ellenállás értékei 25—30%-kal növekednek, és éltartamuk is a vártnál jelentősen rosszabb értéket mutat. Ha ellenben a vágósebességet mintegy 100 m-re vagy még jobban emeljük, akkor a fajlagos forgácsolási ellenállás újból jelentősen kisebb értékűre csökken. Ez azt bizonyítja, hogy ezen vágósebesség mellett a forgácsolási viszonyok már stabillá válnak. Megerősíti ezt az a tény, hogy ez esetben annak ellenére, hogy a vágósebesség jelentősen magasabb, kedvezőbb éltartamviszonyokat is kapunk.

A forgácsviszonyoknak és ennek következtében a fajlagos forgácsolási ellenállásnak a 15 m és 70 m közötti megnövekedett és kritikus értékei acélnál avval magyarázhatók, hogy különösen a nagyobb forgácsszöggel bíró késeknél nem kapunk folyóforgácsot, hanem az élrátétképződés miatt a forgácsolás lefolyása meglehetősen bizonytalan és változó jellegű lesz. Ennek az a következménye, hogy mind magában a forgácsban, mind a megmunkált felületen jelentős helyi keményedések lépnek fel, melyeknek koptató hatása természetesen a kés homlokfelületén is, hátfelületén is jelentősen nagyobb, mint a már stabil, forgácsolási viszonyok között kialakult folyóforgácsé, ahol az előző nagymértékű keményedések nem lépnek fel. Nagyobb sebességnél tehát tiszta folyóforgácsot kapunk egészen kis mértékű keményedéssel. Ebből következik a gyorsacélokkal szemben az az első pillanatra lehetetlennek látszó jelenség, hogy nagyobb forgácsolási sebességnél jobb éltartamot kapunk. Ez egyszersmind magyarázatul szolgál arra is, hogy miért nem lehet kettős logaritmikus koordináta-rendszerben keményfém forgácsolására ugyanazt a szabályos összefüggést kapni az éltartam és a vágósebesség között, mint a gyorsacélra az itt szokásos vágósebesség határoknál. Ha ugyanis a forgácsolási viszonyok akár az anyag, akár az előtolás, illetőleg forgácsvastagság vagy kés kiképzés következtében a megváltozott vágósebesség miatt a stabil állapotból átlendülnek a bizonytalan élrátétes állapotba, ennek következtében a vágósebesség és az éltartam össze függéseit jelző egyenesen törések jelentkeznek.

Az él eltompulása a keményfémszerszámoknál a felépítés különbözősége miatt a gyorsacélokhoz képest eltérően jelentkezik. Acélok keményfémmel való megmunkálásakor a túlzott eltompulás a következő jelenségekben mutatkozik :

1. az él tönkremenetele vagy kitöredezése,
2. túlzott kopás az él alatti hátrészen, súrlódás következtében,
3. túlzott homlokfelületi kopás az erős kikráteresedés következtében.

Az első ponttal kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy ha az él használatban kitöredezik, az legnagyobb részben a helytelen kezelés következménye. Ezért igen nagy gondot kell fordítani a helyes köszörülésre és annak ellenőrzésére. Figyelembe kell venni még azt is, hogy a keményfémnél az él tönkremene-

tele következtében a tönkrement felület alatt 0,1—0,2 mm-ig hajszálrepedések is keletkezhetnek. Ezeket szintén el kell távolítani, ha azt akarjuk, hogy a köszörülés után teljes értékű él álljon elő.

De a tapasztalat éppen azt mutatja, hogy sajnos, éppen a köszörülésnél igen gyakran túlhevülés következik be, amely a keményfémlapka és a késtest anyaga közötti különböző hőtágulási együttható miatt repedésekre vezet. Az adatok arra mutatnak, hogy gyakran a keményfémlapkás kések 60%-a helytelen köszörülés miatt megy tönkre. Éppen ezért igen nagy fontossága van az anódmechanikus köszörülésnek, melynél ez a repedési veszély sokkal kevésbbé áll elő.

Ami a második pontot illeti, mikor a hátfelületen túlságos kopás mutatkozik, ez a következő okokra vezethető vissza :

a) túlságosan nagy a vágósebesség ;

b) túlságosan könnyű az előtolás ;

c) a használt keményfém nem bír a megfelelő kopásellenálló tulajdonságokkal.

A harmadik pontban említett hiba, nevezetesen a homlokfelületen mutatkozó túlnagy kopás, azaz kikráteresedés a következő okokra vezethető vissza :

a) az alkalmazott vágósebesség túlkicsi ;

b) az alkalmazott előtolás túlnagy ;

c) a használt keményfém nem bír a kráteresedéssel szemben a szükséges ellenállással.

Gyors megmunkálásnál aszerint kell a viszonyokat módosítani, hogy a fentiek miatt fellépő hibák elkerülhetők legyenek, és így nagyobb teljesítményt lehessen biztosítani.

Az öntöttvas, valamint a nemvasfémek és a műanyagok megmunkálásakor, melyek töredezett forgácsot adnak, általában nem lép fel kráteresedés. Ez esetben az él tönkremenetele túlnyomórészben az élalatti hátfelület kopásában szokott jelentkezni.

Általánosságban tehát ilyen természetű fémek megmunkálásánál is az legyen az irányadó, hogy nagyobb sebességhez kisebb előtolásokat, kisebb sebességhez nagyobb előtolásokat használjunk. Így a kés éle kellő ellenállással bír, feltéve persze, hogy az ilyen természetű anyagoknál a szükséges nagy kopásellenállású keményfémminőségeket használjuk.

Általában nem szabad szem elől téveszteni, hogy ha a forgácsolási viszonyok megengedik, vagyis a megmunkálandó anyag nem túlságosan kemény, nem túlságosan nagy a szívósága, valamint a hajlítószilárdsága, nincsenek ütődésszerű igénybevételek és nincs megszakított felület, vagy ha a szerszámgép és az egész felfogott rendszer kielégítő merevséggel bír, akkor a pozitív forgácsszög az előnyösebb, mert így kisebb a fajlagos forgácsolási ellenállás, tehát az erőigénybevétel, valamint teljesítményfelvétel, mint a negatív forgácsszögnél. De ha éppen a munkadarab nagyobb keménysége, nagyobb szívósága és

szakítószilárdsága, továbbá a megszakított felület miatt már nem lehet pozitív forgácsszöggel dolgozni, akkor át kell térnünk a negatív forgácsszög alkalmazására.

Itt azonban meg kell említenünk, hogy a legújabb kísérletek igen jelentős előnyeit mutatják a kettős forgácsszög alkalmazásának. Ez esetben a pozitív forgácsszöggel kiképzett késélnek végén vékony szalagon negatív forgácsszög-kiképzést alkalmazunk. Ez a negatív kiképzésű élszalag az előtolás, illetőleg a forgács vastagságának legfeljebb másfélszerese lehet. Ekkor a fellépő forgácsoló erők is kisebbek, mint a tiszta negatív forgácsszöggel készült szerszámeléknél. Ebben az esetben ugyanis nem lép fel olyan mérvű hajlítás a forgács lefolyásánál, és emiatt a homlokfelületen fellépő súrlódó erő is kisebb a forgács hajlításába fektetett munkával együtt.

Mindezeket az elveket természetesen a különböző megmunkálásoknál értelemszerűen kell alkalmaznunk, figyelembevéve a fellépő forgácsalakulási viszonyokat. Ha pl. palástmaróval dolgozunk nagy vágósebesség mellett, keményfémélű szerszámmal, akkor általában igen kis forgácsvastagságok lépnek fel, ebben az esetben tehát a szerszám homlokfelületén kráteresedés nem léphet fel. Ugyanaz a helyzet kis forgácsvastagsággal dolgozó símító megmunkálásoknál is. Ellenben nagy fordulatvastagság mellett végzett nagyoló esztergálásnál és homlokmarásnál természetesen már fellép a kráteresedés, az élkopási viszonyokat tehát megfelelően figyelembe kell venni.

Gyorsesztergálásnál jelentkezik az a kellemetlen körülmény, hogy a forgácsolási viszonyok miatt igen kedvező folyóforgács hosszú, és többé-kevésbé kis görbülete miatt vagy a munkás testi épségét veszélyezteti, vagy a megmunkált felületre csavarodik, s azt megsértheti. Ez esetben a munka biztonsága szempontjából még áldozatok árán is olyan forgácsolási viszonyokat kell teremtenünk, melyeknél a hosszú, veszélyes, szalagalakú forgács helyett töredezett forgácsot nyerhetünk. Ez a jelenség acélok forgácsolásánál következik be. Öntöttvasnál és általában a rideg anyagoknál, különben is töredezett forgácsot kapunk, ezeknél tehát a forgácstörés problémája nem merül fel.

Az acélok gyorsforgácsolásának tanulmányozásakor világosság derült arra is, hogy bizonyos vágósebesség, előtolás, illetve forgácsvastagság mellett acélanyagoknál a forgácsnak töredezése minden különösebb késkialakítás nélkül magától is bekövetkezik.

Csupán kis előtolásnál, illetőleg forgácsvastagságnál lép fel a veszélyes, szalagalakú forgács, és ekkor szükséges a kés homlokfelületén a forgácstörőnek a kialakítása.

Igen lényeges azonban, hogy a forgácstörő oly módon kerüljön a kés homlokfelületén kialakításra, hogy annak mélysége mindössze 0,1—0,2 mm, szélessége 1,5—2,0 mm legyen. Kialakításának nem szabad túl nagy keményfémleköszörüléssel járnia, mert ez a keményfém-lapkának túlságos elhasználódására, vagyis nem gazdaságos szerszámkihasználásra vezet. Általában minél lágyabbak

az acélok, annál gyakoribb a kellemetlen, szalagalakú forgács, melynek összetörése sokszor okoz gondot és egyéb kellemetlenséget, minél nagyobb keménységűek a megmunkálandó acélok, annál könnyebben lehet biztosítani a forgács összetöredezését. Jelenleg az a helyzet, hogy mintegy 0,15—0,2 mm előtolás, illetve forgácsvastagság mellett lágy acéloknál nem sikerült más olyan késkiképzést találni, mely a gyakorlatban használatos 100—200 m-es vágósebességnél törtforgácsot biztosítana. Ennek a feladatnak a megoldása még további kutatásokat tesz szükségessé.

Az említett méretű forgácstörőkialakítás meglehetősen sok nehézséget okoz, mert a régebbi gyakorlat szerint csak finom gyémántkoronggal végezhető el, a meglehetősen lágykötésű sziliciumkarbid-korongok erre a célra nem alkalmasak. A Vasipari Kutató Intézet útbaigazításai alapján, a Rákosi Mátyás Művekben szerkesztett szikraforgácsolókészülék igen alkalmas az említett kisméretű forgácstörők gyors és gazdaságos kialakítására.

Fokozódó figyelmet és gondosságot kíván a keményfémmel végzett gyorsforgácsolásoknál az éltompulás időpontjának megállapítása. Míg gyorsacélnál nagyoló megmunkáláskor a munkadarab felületén megjelenő fényes csík és az ezzel kapcsolatos hirtelen bekövetkező teljesítmény-felvételemelkedés igen pontosan megadta a szerszámél tompulását (Schlesinger-kriterium), addig keményfémeknél ilyen pontos és élesen meghatározható éltompulás nem tapasztalható. A hátfelületi súrlódásból eredő kopás, valamint a homlokfelületen előálló kráteresedés bizonyos előrehaladott mértéke támpontul szolgál az éltompulás megállapításához, de azért a tompulás nem határozható meg olyan pontosan és élesen, mint a gyorsacélkéseknél a teljesítmény felvételének imént ismertetett igen hirtelen emelkedéséből. Keményfémnél a teljesítmény hullámzó és lassan emelkedő jelensége mutatkozik. Ez az oka annak, hogy még a szakirodalom sem tud kellően biztos támpontot adni az éltompulásra, ellentétben a gyorsacéllal, melyre vonatkozólag az éltartam meghatározására már pontos szabványelőírások is vannak.

Ennek a problémának egyértelmű megoldásával még a kutatás is, a gyakorlat is egyformán adósunk.

A kutatók állandóan azon munkálkodnak, hogy jobb minőségű és a forgácsolási viszonyoknak jobban megfelelő keményfémeket állítsanak elő. Említettem már, hogy a mintegy 15% *TiC* és 6%-ot tartalmazó kobaltösszetételű minőség, mikor a fennmaradó rész wolframkarbid, mutatkozik jelenleg acél megmunkálására legalkalmasabbnak. Tapasztalható volt azonban az a jelenség is, hogy némelykor ugyanilyen összetétel mellett, — hogy úgy mondjam, — sokkal jobb minőséget sikerült előállítani, amelynek az éltartama és kopásellenállási viszonyai többszörösei az általában szokásos ugyanolyan összetételű minőségnek.

Ennek a problémának a kikutatása már csak igen nagy nagyítással, 15 000-szeres, sőt 50 000-szeres elektronmikroszkóp segítségével sikerülhet.

Úgylátszik, hogy a wolframkarbidból és titánkarbid meg wolframkarbid elegykristályokból álló keményfémek — elegykristályai az előbb említett kiváló tulajdonsággal az ilyenek rendelkeznek, nem singulárisan, hanem összefüggően láncszerűen helyezkednek el.

Hogy ilyen láncszerű szövezetet hogyan lehet biztosítani még nem tudjuk. Egyelőre csak annyit lehet mondani, hogy a zsugorítási ((szinterelési) folyamat helyes keresztülvitelére kell igen nagy gondot fordítani. Arra kell ügyelni, hogy ez a helyes hőfokon, helyes időtartam és nem túlgyors lehűlés mellett következzék be, továbbá arra, hogy a nyert gyártmány minél kevesebb titánnitridet tartalmazzon.

A fentiekkel vázoltam azokat a főirányelveket, melyek mellett a keményfémmel végzett gyorsforgácsoláskor a legjobb eredményeket lehet elérni. Rámutattam, hogyan sikerült az utóbbi években a gyakorlat és a tudományos kutatás összefogásának a teljesítményt növelnie.

Végezetül feltártam mennyi megoldandó feladat áll még előttünk, hogy a teljesítményeket javítani tudjuk, és hogy a jobb minőségű keményfémek előállításával kapcsolatban is mennyi feladat vár még megoldásra.

MEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEK A REZSIKÖLTSÉGEKNÉL

KORPONAI GYULA gépészmérnök

A termelés költségeinek vizsgálata különféle terméket előállító üzemeinkben azt mutatja hogy a termelési költségeknek jelentős részét a közvetett, ú. n. rezsiköltségek teszik ki, megtakarítási lehetőség szempontjából tehát különös figyelmet érdemelnek. A költségcsökkentési törekvések jórésze eddig csaka közvetlen anyag- és bérfelhasználás felé irányult, így ez a terület el volt hanyagolva.

Aszerint, hogy mit gyárt az üzem, s miféle anyagból, mennyi a felhasznált anyag költsége a termék előállításához szükséges munka bérköltségéhez képest, aszerint, hogy egyes alkatrészeket, vagy kész gépeket gyárt-e, figyelembevéve a készen vásárolt alkatrészeket vagy bérmunka nagyságát, a közvetett költségek részesedése a termelési költségben igen változó. A közvetett ú. n. rezsiköltség a termelési költségnek 15—45%-át teszi ki. A tényezők, amelyek ezt a költséget előidézik a termelés profilja szerint nagyságrendben változnak. Más és más tényezők lehetnek dominálók aszerint, hogy milyen fokú a gyártás mechanizációja, milyen technológiával dolgozik az illető üzem.

A rezsiköltségek vizsgálata és a megtakarítás lehetőségének megállapítása gyáripari fejlődésünk szempontjából azért is rendkívül fontos, mert a közvetett költségeket a közvetlen felmerülő bérköltségre vonatkoztatva a rezsiszázalék meghatározására használjuk és így a közvetlen anyag- és bérráfordítás mellett ez hat leginkább az önköltség alakulására.

Forgácsoló üzemeinkben mai termelési módszerünk és felkészültségünk

mellett a rezsiköltség a termelési költségnek 20—40%-a. Ennek jelentős részét — 2 — 14%-ot — a szerszámfogyasztás teszi ki. Nagysága függ a terméktől, s a termék mennyisége és munkaigényessége által befolyásolt a termelési módszertől. Ez jelentős érték a mi termelésünk automatizálási, készülékezési fokához mérten

Igen sokan hajlamosak arra, hogy ezeket a számokat, amelyek kétségtelenül jellemzők, vállalatainkra mechanikusan hasonlítsák össze. Ez az összehasonlítás téves következtetésekre vezet. Megesik, hogy ott is csökkenteni akarják a rezsiköltséget, ahol a csökkentés már a gazdaságosság rovására megy, mert a gépek, vagy a szakemberek rossz kihasználását eredményezi.

Még inkább hajlamosak egyes vezetőink arra, hogy ezen számok összehasonlítása alapján indokolják a rezsiköltségek emelését ahelyett, hogy az emelés szükségességét analizálnák, az emelést befolyásoló tényezőket vizsgálnák, így gyakorolnának kritikát és küszöbölnék ki a hibákat.

Megvizsgáltuk egyik gyártmányunk megmunkálását abból a szempontból, hogy a gépen végzett munkából mennyi az, amit a gép automatikusan végez, miközben a rajta dolgozó munkája főleg a felügyeletre, az irányításra szorítkozik, és mennyi az a munka ill. idő, amely a gépek kiszolgálásához szükséges. Azt az eredményt kaptuk, hogy a kérdéses gyártmány megmunkálásakor, amely elég erősen volt készülékezve, a felhasznált munkaidőnek 55%-a a kézierővel végzett munkára esett, ami a gépek meglehetősen gyenge kihasználására mutat. Még meghökkentőbb az eredmény, ha tekintetbe vesszük, hogy itt részben nagysúlyú darabok megmunkálásáról van szó. Egymagában azonban a százalék nem adhat képet a gyártás mechanizációjáról. A mondottakat ki kell egészítenünk azzal, hogy ebben a műhelyben a gépek 15%-a félautomata, vagy félautomatának nevezhető szerszámgép, s így itt a gépi főidőhöz képest aránylag, kevés — csak egyharmad rész — a mellékidő. Ez még inkább rontja az arányt ha a szerszámozást és ezzel járó nagyobb fokú mechanizációt vesszük tekintetbe. Tény ezzel szemben az, hogy ez a műhely kis szériákban termelő üzem, ahol a gazdasági tényezők nagymértékben befolyásolják az erősebb fokú mechanizációt. Ennek ellenére meg kell találnunk a lehetőséget a gépek jobb kihasználására, még emelkedő rezsi ill. szerszámozási költség mellett is, ha az egyébként költségcsökkenéshez vezet.

Megfelelő gépek alkalmazásával, — s itt univerzális gépek felhasználására gondolunk — az előbb említett 55%-os kézi munkát 25%-kal csökkenteni lehetne, a következő intézkedések útján.

Az esztergapadokat alkalmassá kell tenni gyors szerszámcserére, s több kés befogására. Így lehetővé válik a műveletek összevonása, ami a pneumatikus befogással a kézi munka idejét csökkenti. Esztergapad helyett revolverpad, horizontálpad helyett radiál fúrógép alkalmazására kell megfelelő készülékezéssel áttérni, amikor is a kézi munka részesedése a gépen végzett munka idejében 70%-ról 50%-ra csökken. A marás műveleteit erősebben kell készülékezni, hántolás helyett köszörülni kell a csúszó-, ill. az illeszkedő felületet.

Ezeknek az intézkedéseknek a végrehajtása csökkenti a kézi munka idejét, ill. annak arányát a gép forgácsolási idejéhez képest, de egyúttal csökkenti a szükséges munkaórákat is. Több bekezdésű lefejtő marók, többélű szerszámok használatának előírása — ezen pl. gyalú helyett portálmaró alkalmazását is értjük — a gép és az ember munkájának arányát ugyan rontja, de a megmunkálási időt csökkenti és ezzel lehetővé teszi a mechanizációra fordítható költségek emelését. A rontó hatás csak látszólagos és csak a munka megoszlására vonatkozik. Hasonló hatású a fogaskerékgyártásban, ha köszörülés helyett foghantolást és ezzel kapcsolatban közép vagy magasfrekvenciájú edzést vagy lángedzést alkalmazunk stb.

Mindezek együttvéve azt eredményezik, hogy a megmunkálási munkaidő cca. 20%-kal csökken. Számításaink azt mutatták, hogy a munkaidőnek ez a csökkenése egymagában még nem fedezi a szerszámozás költségeit, közvetett hatásaival azonban eléri azt, csak megtakarításra nem ad lehetőséget. Szükséges, hogy a készülékezés rentabilitását más eszközök igénybevételével is elősegítsük és szocialista termelésünk nagyobb fokú tőkeakumuláció-szükségletét biztosítsuk. A kérdést megoldandó vizsgálat tárgyává tettük a konstrukciókat, a gyártmány konstrukcióját és a megmunkáláshoz szükséges szerszámok konstrukcióit. Vizsgálatainkból kitűnt, mint a későbbiben látni fogjuk, hogy a megoldásra megvan a lehetőség, még kis szériában és kis mennyiségben való termelés esetén tehát jelen esetben is.

A szerszámozás vizsgálatából indultunk ki. A vizsgált gépnél a megmunkálás alkalmával kb. 10 000 méretet kell előállítani. Ezek előkészítéséhez és ellenőrzéséhez a gép jelenlegi rajzainak és műveletterveinek előírása szerint 1000 háromdarabos dugós, villás idomszer, ékpálya és fogmérce, menetes dugó és gyűrű stb. garnitúrára van szükség, mindennek előállítási ideje 7500 óra. Szükség van 600 féle univerzális szerszámra, aminek megfelelő mennyiségben való előállítására 13 000 munkaóra kell. A speciális szerszámok, készülékek, mérőeszközök előállítása 70 000 munkaórát igényel.

Kerestük az okát, miért ilyen magas a szükséges szerszámok száma, és megállapítottuk, hogy a gép szerkesztői, gyártástervezői a normál számsor megadta méretektől függetlenül állapították meg az alkatrészek és a műveletek névleges méreteit, s egyes mérethatárok között megadott értékeket sok esetben 100%-kal túllépték.

Hasonló eljárást tapasztaltunk a tűrések előírásában is. 80-féle tűrés minőséget alkalmaztak, holott a gyakorlatban 40—50-féle vel is be lehetett volna érni, a minőség romlása nélkül. Erre vonatkozólag szerkesztőink már meg is tették a szükséges lépéseket.

Nem lehet csodálkozni speciális szerszámaink, készülékeink, mérőeszközeink sokféleségén sem, ha figyelembe vesszük, hogy ugyanazon típuson belül több nagyságrenden keresztül az azonos alkatrészek felhasználása elenyészően csekély. Ma már példa van rá, hogy 70%-ban megegyező alkatrészekkel is

lehet szerkeszteni azonos típuson belül gépeket s ennek megfelelően lehet csökkenteni a szerszámozás költségeit, fokozva ezt a tipizálásban rejlő lehetőségekkel, s kihasználva az alaplyuk- és az alapcsaprendszer közötti 7 : 10 arányú szerszámozási költségdifierenciát.

Figyelembe véve az egyes méretek többszöri előfordulását és esetleg az üzemben egyidőben több helyen történő megmunkálását, az előbbiekben említett százalékarányban ha nem is csökkenthető a szerszámozás költsége, mégis a költség 50%-a, ill. az adott esetben még annál is több megtakarítható, s a szerszámok fenntartására fordított összeg is csökkenthető.

Az e téren végzett, ill. végzendő munka nem volna teljes, ha nem egészítenők ki magának a konstrukciónak, a szerkezet kivitelének vizsgálatával. Ez is igen gyakran megnehezíti a gazdaságos szerszámozást.

Szerkesztőinknek ügyelniök kell arra, hogy az alkatrészek figuráinak kialakítása olyan legyen, hogy azok a megmunkálógépek jobb kihasználását tegyék lehetővé. Részleteik egyszerű mértani testek legyenek, az alkatrészek azok egyszerű összerakásából keletkezzenek. Ezzel lehetővé teszik több kés egyidejű munkáját a megmunkálási műveletek összevonását, a géppel végezhető munka növelését.

Ha az előbb mondottak szerint állapítja meg a szerkesztő az alkatrész figuráit, lehetővé válik a gépi formázás, sajtolás, ezzel az erősebb mechanizálás. A szerszámkészítők munkájának csökkentésére, de a megmunkálási idő csökkentése érdekében is, a lehetőséghez mérten kerülje el a fenék és oldalazó megmunkálásokat. A megmunkálandó felületeket úgy alakítsa ki, hogy több darab egyidejű megmunkálását, a darab más-más felületén is lehetővé tegye. A gép felépítése tegye lehetővé a szerelés egyidőben több helyen történő végzését, ezzel az átfutási idő csökkentését.

Az eddigiekben említettek lehetővé teszik, hogy kevesebb gépet alkalmazzunk, a gépeket jobban kihasználjuk, a munkát és az átfutási időt csökkentsük, a szerszámozás mértékét növeljük.

Ezt a munkát a szerszám, ill. készülékszerkesztőnek természetesen ki kell egészítenie azzal, hogy a gyártmány szerkesztésénél megadott szempontokat, a tipizálásra, szabványosításra, az azonos alkatrészek felhasználására vonatkozó megállapításokat — több nagyságrenden belül is — magáévá teszi. Meg kell gondolni, hogy a készülékezésnél egyszerű fúrólapot, öntött, hegesztett, vagy csavarokkal összeerősített készüléktestet szerkeszt-e akkor, amikor kis darabszámú alkatrészek megmunkálásáról van szó.

Ugyanez vonatkozik a készülék mechanizációjának fokára is. Erősen figyelembe kell venni a szerkesztőnek a szerszámokhoz felhasznált gyorsacél mennyiségét, ha másért nem, költségmegtakarítás céljából, nem is szólva egyéb szempontokról.

Ha a szerszám és készülékszerkesztő, gyártástervező mindezeket szem előtt tartja, lehetővé válik ugyanazon költséggel a gyártás sokkal nagyobbfokú

felszerszámozása. Ennek megfelelően csökken az önköltség, s az előzőben felvetett probléma megoldódik.

Amilyen fontos szerepet játszik forgácsolással, hideg alakítással foglalkozó üzemeinkben a szerszámozás kérdése, ugyanolyan jelentőségű meleg üzemeinkben az energia és a segédanyagok gazdaságos felhasználása. A kapitalista rendszerből örökségképpen maradt ránk, hogy ezek az üzemek elhanyagolt állapotuk következtében még sok lehetőséget adnak a rezsiköltségek csökkentésére. Az ezen a téren meginduló gyártástervezés, a gyártásfejlesztési tervek, s az ezzel járó számítások, a gyártási statisztika számadatai mutatják az utat a fennálló hibák, hiányok fokozatos kiküszöbölésére. Igen gyakran a hideg megmunkálás problémái teszik halaszthatatlanná a meleg üzemeinkben fennálló hibák kiküszöbölését.

Meleg üzemeink közül a kovácsoló gyárak közvetett költségeinek jelentős részét, a termelési költségnek 14%-át az energiaköltségek teszik ki, érthető tehát, ha a megtakarítás lehetőségét elsősorban itt kutatják dolgozóink. A vizsgálatok azt mutatják, hogy kovácsoló üzemeink jórészében a kemencék nincsenek a jelenlegi profilnak megfelelően építve. Előfordul pl. hogy a kisméretű anyagok melegítését az üzem nagyméretű kamrás kemencékben végzi olymódon, hogy a leszabott, vagy elősajtolt darabokat 200—300 kg-os adagokban egyszerre belapátolja, majd ráfűt, s mikor az egész mennyiség felmelegedett, egyenként veszi ki. Az anyag tekintélyes része elég, a reveképződés nagy, s ráadásul bele is sajtolják az anyag felületébe. Megtakarítás szempontjából már az is jó megoldásnak számít, ha a kemencét több részre falazzák. Kisebb méretű profilos daraboknál helyesebb, a melegítést kis forgó körkemencékben végezni, egyetlen égő beépítésével. Az anyag így percek alatt melegszik fel, a reveképződés minimális, ezenkívül a szénfogyasztás kb. 30%-kal csökken a munka adagolható.

Ezt a célt szolgálja kör-, ill. quadrát-szelvényű anyagok esetében a gurító-, ill. tolókemencék alkalmazása, ha a megtakarítás nem is ilyen mértékű. Gyakorlatban előfordult, hogy ilyen kemencék használata esetén azonos energiával többet tudtunk termelni úgy hogy a kemencét meghosszabbítottuk jobban kihasználtuk a meleget és ezzel 10%-os szénmegtakarítást értünk el.

De van az energia megtakarításának még számos más módja. Lehetőség van igen gyakran arra is, hogy felmelegítési műveletet takarítsunk meg. A nyújtásra kerülő öntecsek quadrát-szelvényüek. Ezeket először melegen gömbölyítjük, majd lehülés után hántoljuk, azután újra felmelegítve végső méretre nyújtjuk. Ha az ingotokat hengeresre öntjük, öntés után hántolhatjuk, s felmelegítve egy meleggel nyújthatjuk őket. Ez a megoldás nagykalapács-üzemünk termelésének 25%-át érinti, 50%-os gáz megtakarítással, ami egy tekintélyes mennyiségű szén megtakarításával egyértelmű.

Következményeit tekintve nem kisebb jelentőségű a kemencék műszerrel való ellátása. Ezt a feladatot sürgősen el kell végeznünk. A hőfok ellenőrzésével elkerüljük a felesleges túlmelegítést ami revecsökkenésen kívül tüzelőanyag-meg-

takarítást is jelent. A gázmérőórák felszerelésével felébresztjük a kemencéknél dolgozók érdeklődését a fogyasztás iránt, mozgósítjuk őket annak csökkentésére. Huzatmérők, füstgázelemzők, mind egy-egy lépcsőfok lesznek azon az úton, amely a gazdaságosabb termelés felé vezet.

A szén, ill. a belőle előállított energia fogyasztásának csökkentése mellett a nemesacél süllyeszték anyagfogyasztásának csökkentése is igen időszerű problémája kovácsoló gyárainknak. Arra kell törekednünk, hogy a nemesacél csupán akkora betétet képezzen az olcsóbb minőségű süllyesztékágyakban, amekkora a sajtolt darab méretéhez szükséges. Aki ismeri meleg üzemeink nemesacél-fogyasztását, tudja, hogy ez tekintélyes mennyiség.

Kovácsoló gyárainkon kívül öntödéinkben is bő lehetőség van rezsiköltség megtakarításra. Nem véletlen, hogy itt a közvetett költségek terén a felhasznált energia, ill. tüzelőanyag mellett, a homok- és kötőanyagok stb. megtakarítása felé irányult az érdeklődés. Ezek együttesen az önköltségnek 16—17%-át teszik ki.

Acél- és vasöntödéink hosszú ideig idegenkedtek a nedves formázás kiterjesztésétől, mert nem tudtak a formázáshoz megfelelő hazai kötőanyagot biztosítani. A kísérletek kezdetben nem vezettek eredményre és főleg a nagy öntvényeknél okoztak nehézséget. Kis öntvényeknél a bányahomokok természetes agyagtartalma a formázási képlékenységet biztosította.

Később a kísérletek eredménnyel jártak, megvolt a megfelelő minőségű kötőanyag.

Erre megindult a nedves formázás. Ilyen módon megtakarítjuk a formaszárítás költségét, ami az önköltségnek kb. 6%-át teszi ki, valamint a száraz és a nedves formázás homokköltségének árdifferenciáját. A homokköltség a nedves formázásnál az önköltségnek 2%-át, szárított formázásnál pedig 3%-át teszi ki, nedvesformázás esetén tehát 1% megtakarítást érünk el. Növeli a költségeket a bentonit kötőanyag költsége, amely az acélöntvény önköltségének kb. 1—1,5%-a. Ez csökkenti az előbbi megtakarításokat. A nedves formázás megkönnyíti a formakiverés műveletét, elmarad a szárítóba való ki- és berakás, könnyebb az öntvény tisztítása, 1 : 3 arányban növekszik a formaszekrények élettartama. Acélöntésű formaszekrényekről öntöttvasra térhetünk át. Költségben ez 50%-os megtakarítást jelent.

További lehetőségeket nyújt a költségek csökkentésére a gépi homokelőkészítés, mely a különben »hányóra« kerülő homoknak legalább $^1/_3$ részét biztosítja az üzemnek további felhasználására és ezzel egy úttal csökkenti a betonit felhasználását is. A berendezés, egyéb megtakarításokat is figyelembe véve, kb. 2—2 $^1/_2$ év alatt amortizálódik.

A vasöntvények nedves formázása lényegében ugyanazokat a megtakarításokat hozza, mint az acélöntésé, azzal a különbséggel, hogy itt a szárító koksz elmaradásával elérhető megtakarítás 3%-ot tesz ki az önköltségre vonatkoztatva. Némileg (0,4%-kal) csökkenti a megtakarítás mértékét a felületi szárítás költsége.

Termelésünk rohamos emelkedése acélöntő kapacitásunk szűk keresztmetszetének feloldását követeli. Ezt segíti elő az atmoszférikus zárt felöntések fokozatos kiterjesztése. Előnye, hogy így egyúttal energiában és egyéb öntési költségekben is megtakarításokat érünk el. Ezzel az eljárással a felöntéseket kb. 50%-kal csökkentjük, amivel az 1 tonna készöntvényre eső energia és egyéb rezsianyag-felhasználás 8,5%-át megtakarítjuk és ennek megfelelően csökkentjük az öntvény önköltségét.

A kúpoló helyes adagolásának ellenőrzése, a kúpoló bizonyos mértékű átalakítása (a fúvóka alakja, elhelyezése, iránya stb.) — mint a kísérleteink és tapasztalataink mutatják — a kokszfogyasztásban kb. 25-30%-os csökkentést jelenthet. Ez az önköltségnek 4%-a. Eléréséhez nagymértékben hozzá segíthet, ha kúpolóinkat a fúvólevegő ellenőrzésére szolgáló levegőnyomásmérőkkel szereljük fel és adott esetben nem hűtjük a vasat a szükségtelen levegő többlettel, hanem biztosítjuk a koksz elégéséhez szükséges helyes levegőmennyiséget. Nem beszélek külön az automatikus levegőszabályozás előnyeiről.

Általában sok lehetőség nyílik üzemeinkben a hulladékmeleg értékesítésére Ilyen lehetőséget aknáz ki temperöntödénk vezetősége azzal, hogy a temperlágyító kemencéből 400° C körüli hőmérsékleten távozó füstgázokat a magszárító kemencék fűtésére használja fel és így 200 m³/óra generátorgázt takarít meg. Ez csak egy példa a sok közül.

Hasonló megtakarítás érhető el hengerműveink kemencéinél. A távozó füstgázok kalóriája könnyen felhasználható meleg víz, ill. gőz előállítására és ezzel a mosdó, télen a helyiségek fűtésére, ill. egyéb ipari gőzt használó berendezések pl. páckádak stb. melegítésére. A megtakarításra önként kínálkozik az a mód, hogy ipari gőzkazánjainkat ilyen kemencék mellé telepítsük. A megoldást nagymértékben elősegítheti az országban különféle helyeken tároló, használaton kívül álló kazánok megfelelő átépítése.

Az energia jobb kihasználását biztosítja és nagy megtakarítást jelent, ha elektromos energiát előállító műveinkhez olyan berendezéseket létesítünk, amelyek az itt különben veszendőbe menő energiát fel tudják használni. Gőzerőműveinknél a melegenergia jelentős része a hűtővízzel haszontalanul távozik, holott ugyanakkor ipartelepek esetén legtöbbször szükség van akár fűtés, akár más ipari célra alacsony nyomású gőzre vagy meleg, ill. forró vízre. A turbinák megcsapolásával lehetőség nyílik arra, hogy a gyárnak ezt az energiaszükségletét a turbinák már munkavégzett gőze lássa el és így a befektetett energia cca. 50%-át jó esetben még többet is — ami különben veszendőbe megy — visszanyerje.

Ma, a széncsaták idejében, amikor hős bányászaink mindent megtesznek, hogy az ország energiaellátását biztosítsák, szóvá kell tennünk, mik a lehetőségek szénmegtakarításra a szenet gázenergiává alakító gyárainkban, s az itt megtett intézkedések következtében a felhasználó műveknél.

Az RM Művek Gázgenerátor Telepe előreláthatóan nem tudta volna ellátni fogyasztóit gázzal 1949. év végére.

Új telep építése a kapacitáshiány leküzdésére egyrészt rendkívül költséges, másrészt egy éven belül új generátortelephez reálisan hozzájutni nem lehet. A régi telepet sem lehetett bővíteni a teljes körülépítettség miatt. A fajlagos teljesítménynövelés volt az egyetlen mód, amely a problémát a növekedő gázszükséglet mellett megoldhatta.

A generátorok fajlagos teljesítménye 1950. év háromnegyedének átlagába 80%-kal emelkedett 1949 év átlagához képest. Ezzel nemcsak az 1950. évi gázszükséglet biztosítása vált lehetővé, hanem a generátorüzem egységeinek nagyrészét is tartalékul lehetett beállítani.

Ez a tartalék kapacitástöbblet biztosítja az RM Művek továbbfokozódó gázigényének kielégítését addig, amig elkészül az új generátortelep annyi egységgel, amennyi a magasabb teljesítmény mellett szükséges.

A szükséglet fedezésére a régi módszerek alkalmazása esetén kb. 8 millió forint beruházásra lett volna szükség, Perédi Kossuth-díjas mérnök konstrukciójával ezt megtakarítottuk.

A beruházás megtakarítása mellett további megtakarítások is jelentkeztek. A salak éghető része 20%-kal csökkent, a gáz minősége, ill. fűtőértéke pedig cca. 6%-kal javult. A kevesebbszámú generátor üzemben tartása kevesebb hűtővizet, gőzszükségletet és karbantartást kíván, ezen felül munkaerő-megtakarítást is jelent. Kevesebb egység ellenőrzése és optimális beállítása a művezető gárdának is könnyebben megoldható feladat.

A szén kihasználásában mutatkozó kedvezőbb eredmények a felhasználást is kedvezően befolyásolják. A kemencékben a pirometrikus hatásfok nő, a lánghőmérséklet növekedése következtében a melegedési idő javul, és így a fajlagos kalória felhasználás kal./t. csökken. Csökken a revésedési lehetőség is, s ez nemcsak anyagmegtakarítást jelent, hanem a kemencék reve eltávolítási nehézségeit is megkönnyíti.

A salakban levő éghető szén csökkentése azt jelenti, hogy az elgázosított szénmennyiség 1,5%-át megtakarítjuk. Ez igen jelentős mennyiség.

Igen fontos jelenség az a tény, hogy míg az RM Művek meleg üzemeinek teljesítménye az 1950-es év folyamán jelentős mértékben növekedett, ehhez viszonyítva a gázfogyasztás nem nőtt. Ez nemcsak a jobbminőségű gáznak köszönhető, hanem annak is, hogy üzemeink a kemencét jobban kihasználják. A meleg üzemek fajlagos kalória fogyasztásának csökkentésére még igen sok lehetőség van a melegítő berendezések optimális terheléssel, jó hatásfokkal történő kihasználásával. Elősegíti ezt a műszerezés és a szervezés a felhasználás regisztrálásán és ellenőrzésén keresztül.

Az a tény, hogy a teljesítménynövelés sikeres végrehajtása nemcsak az RM Művek-ben jelent felszabadítható gázelőállítási kapacitást, hanem mindenütt, ahol az országban generátortelepek vannak, lehetőséget nyújt egy másik, szintén eddig nyomasztó probléma megoldására.

Ez a probléma a következő: Szocialista termelésünk nagy súlyt helyez arra,

hogy a műhelyekben dolgozók számára olyan munkakörülményeket teremtsen, amelyek között teljesítményüket testi egészségükre káros következmények nélkül megfelelően tudják kifejteni. Ezek közé tartozik az üzemek fűtőberendezéssel való ellátása. E téren a meglévő üzemek nagy hiányosságokat mutatnak (tökéletlen tetőszerkezetek, huzatos helyiségek stb.).

Mivel nemcsak a régi üzemeket kell fűtőberendezéssel ellátni, hanem az új üzemeket már eleve fűtőberendezéssel kell építeni, ez a gondoskodás a gyárak energia-fogyasztásában mint fűtési gőzszükséglet igen jelentős tételt tesz ki. Ez két szempontból okoz problémát : egyfelől a kazántelepek az utóbbi évek termelésnövekedése következtében kapacitásfelesleggel általában már nem rendelkeznek, új kazánok beszerzése csak 2—3 éves határidőre lehetséges, másfelől az országos elektromos hálózat kiépítése folytán az előállított gőz minél nagyobb hányadát elektromos energia előállítására kell fordítanunk.

Csepelen a műhelycsarnokok fűtésére új megoldást próbáltunk ki.

Egyik vasöntő üzemünkben újrendszerű füstgáz-cirkulációs gázlégfűtőberendezést létesítettünk. A berendezés hatásfoka 70% körül mozog, mely értéknél a generátorgáz előállításának hatásfokát a kátrány nyeréssel együtt 85%-nak vettük. A berendezés előállítási költsége max. 60%-a egy ugyanilyen teljesítményű friss gőzzel fűtő berendezés létesítési költségének, pedig ez általában — a gyári üzemi viszonyokat tekintve, csak kb. 50%-os hatásfokot tesz lehetővé (kazán-hatásfok, távvezeték-hatásfok, hőleadóberendezés hatásfoka). Ilyen módon tehát nemcsak olcsóbb, hanem jobb hatásfokú berendezéshez is jutottunk azonfelül, hogy a fűtést olyan módon biztosítottuk, hogy a szűk gőzkapacitás helyett felszabadított gáztelőállító kapacitást vettünk igénybe. Természetesen mindezen felül a karbantartás költsége is csökken azáltal, hogy a hőátvivőberendezés a sok apró fűtőtest, vagy kalorifer helyett nagyobb egységre van koncentrálva. Ahol munkavégzett gőz áll erre a célra rendelkezésre, ott persze a viszonyok másképpen alakulnak.

Ilyen és ehhez hasonló értékű rezsiköltség-megtakarítás jóformán iparunk egész területén elérhető.

A rezsiköltségek vizsgálata, ellenőrzése, normák megállapítása a leghatékonyabb fegyver a termelés veszteségeinek csökkentésére, a termelőeszközök felhasználásának, kiszolgálásának javítására. A rezsiköltségek norma-megállapítása és tervezése progresszív tervek alapján biztosítja az önköltség jelentékeny csökkentését, s a szocialista iparunk fejlődéséhez szükséges akkumuláció növelését. Üzemeink dolgozói, tudományos egyesületeink tegyék munkaterveik, versenyvállalásaik tárgyává ezeknek feltárását, a szükséges intézkedések megtételét. Legyenek ezzel segítségére szocialista iparunknak, gyorsítsák meg vele fejlődésünket! —

ANYAGTAKARÉKOSSÁG LEHETŐSÉGEI A KORSZERŰ GÉPTERVEZÉSNÉL

VÖRÖS IMRE műegy. ny. r. tanár
előadása az 1950. november 29-i osztályülésen

A gépgyártás első, felelősségteljes, nagy látókört és tapasztalatot kívánó munkája a szerkesztő tevékenysége. Az ő elgondolásai, vonalai határozzák meg a gyártmány további sorsát, az anyabeszerzést, a műveletterveztést, a műhelymunkát, a szerelést, kipróbálást. Megállapíthatjuk, hogy az első lépésnél, az anyag a minőségének megválasztásánál a szerkesztő aknázhatja ki leginkább az anyagtakarékosság lehetőségeit. Ehhez megfelelő nagy ismerettel kell bírnia, hogy a rendelkezésre álló sokféle anyagból kiválaszthassa a minőségben is, árban is legmegfelelőbbet. Ezt az anyagtakarékosságot főleg két irányban gyakorolhatja, részint ha kohászati és egyéb gyártási eljárásokkal létrehozott újabb szerkezeti anyagokat használ fel, részint pedig, hogyha a meglévő anyagok mechanikai és technológiai tulajdonságainak pontos ismeretében a tervezendő gépalkatrésznél a feszültségek alaposabb szilárdságtani kiértékelésével a szükséges keresztmetszet megállapításában a megengedett igénybevétel legszélső határáig megy el.

A szerkezeti anyagok megválasztásában az öntvények alkalmazásánál megállapítható statisztikai adatok azt mutatják, hogy a szerkesztők nálunk általában feleslegesen nagy biztonságra törekednek, túlságosan alkalmazzák az acélöntést még ott is, ahol a szürkeöntés is megfelelne. Összehasonlítva a mi gyakorlatunkat más országokéval, kiderül, hogy míg nálunk jelenleg egy kg acélöntésre 3,3 kg szürke- és temperöntvény esik, addig a Szovjetunióban 4,8 kg, Amerikában pedig 8,4 kg esik. A szerkesztők figyelmét az öntöttvas felé kell irányítani. A szerkesztőirodák tájékoztatása szükséges azokra a szempontokra vonatkozólag, amelyeket a szürkeöntvényből készítendő alkatrészek tervezésénél be kell tartani. *A Gépipari Tudományos Egyesület anyagot gyüjtött be a gazdaságos öntvényszerkesztésre* vonatkozólag. Kitűnt, hogy általánosan ismert, egyszerű szerkesztési elvek alkalmazásával, mint amilyen a megfelelő nagy lekerekítés, a folyékony vas útját akadályozó keresztmetszetszűkítések bővítése stb., biztosítható az öntöttvas anyag helytállósága és csökkenthető a selejt. Az öntvény zsugorodásával járó berepedések az öntési feszültségek káros befolyása, az elvetemedések, mind csökkenthetők a vastag és a vékony öntvényrészletek külön öntésével, fokozatos átmenetek biztosításával és egyéb öntéstechnikai fogások alkalmazásával. Sok baj keletkezik a mag alkalmazásánál is. Nem gondoskodnak arról, hogy a mag helyzete biztosítva legyen. Igye-

kezni kell könnyen és jól rögzíthető magot alkalmazni. A magvakat az öntvénytisztítás szempontjából is olyan formájúra és olyan nagyságúra kell készíteni, hogy a magot minden különösebb nehézség nélkül lehessen eltávolítani és az üreget megfelelően tisztítani. Az öntvény átszerkesztésével abból a célból, hogy hamis magot lehessen alkalmazni, sokszor takaríthatunk meg öntvényanyagot, és a mag eltolódásából adódó falvastagsági egyenetlenségek is kiküszöbölhetők. Azonkívül nem kell magszekrény. Ilyen kialakítási körülmények megvizsgálásával, a hibák kijavításával szélesebb körben alkalmazhatjuk a szürkeöntést és nem kell rögtön a drágább megoldásra, az acélöntés alkalmazására gondolni.

A nagyméretű öntött fogaskerekeknél, a görgőknél a koszorú vastagságát le lehet vékonyítani azáltal, hogy a két szélén befelé nyúló peremekkel merevítjük, és ezekhez a peremekhez futtatunk be keresztküllőzést. Az öntés így nem lesz üreges és porózus a vékonyabb anyagmennyiség miatt. Az ellipszis keresztmetszetű küllőzés ezeknél általában mellőzendő.

Az öntvények terén anyagmegtakarítás érhető el a befoglaló öntés alkalmazásával is olyan módon, hogy a kopásnak vagy egyéb nagyobb igénybevételnek kitett öntvényrészletet, pl fogaskerékkoszorút előzőleg elkészítjük temperöntvényből, esetleg acélöntésből, és ezt helyezzük be a formába, amelyben a többi részletet egyszerű szürkeöntésből készítjük. Gondoskodni kell azonban a két rész jó kapcsolatáról kinyúló szárnyakkal vagy furatokkal. Öntés és hegesztés is kombinálható ilyen módon, ha szürkeöntvénybe hengerelt acélból, pl. A-34,11 anyagból készített részletet öntünk be, amely helyenként kiáll, és ehhez a kiálló részlethez hegesztjük hozzá a csatlakozó alkatrészt. Így pl. küllőket csatlakoztathatunk öntött kerékagyhoz.

A régi anyagok mellett újabb anyagminőségek alkalmazására is rá kell térni. Az acélöntést általában az öntöttvas kis szilárdsága miatt vagyunk kénytelenek alkalmazni. A szürkeöntésnek ezt a kis szilárdságát az okozza, hogy a grafit benne laposan, lemezesen válik ki. A lemezek széleinél éles szögletek vannak. Ez okozza azt a feszültségtorlódást, amelytől a szerkesztők annyira rettegnek. Kedvezőbbé válik az öntöttvas ellenállóképessége a modifikált öntésnél, a tűs szövetszerkezetű öntvénynél, végül a gömbszemcsés grafitos öntésnél. A grafit gömbalakú szemekben való kiválása a feszültségi erővonalak egyenletesebb vonulását teszi lehetővé. Ezeknek az új öntvényeknek a szilárdsága kb. kétszer, háromszor nagyobb, mint a szürkeöntéseké. A kettő között nagy különbség azonban főleg a nyúlásban van, mert míg a szürkeöntésnél ez csak nagyon kis értékű, addig az új öntvényanyagoknál megfelelő hőkezeléssel a nyúlás 15% körüli értéket is elérhet a magasabb szilárdság mellett is. A gömbszemcsés grafitos öntésnél a feszültség, alakváltozási vonal is egyenes szakaszszal kezdődik, mint az acéloknál, és határozott folyási ponttal rendelkezik. Rugalmassági modulusa $1{,}75.10^6$ kg/cm^2, szemben az öntöttvas 1.10^6 értékével. A magas rugalmassági modulus növeli az öntvény terhelés melletti deformáció

ellenállását. A fogaskerekek élettartamra való méretezésénél használt elméleti palástnyomástényező a gömbszemcsés grafitos öntésnél csak 10%-kal különbözik az acél értékétől. A szerkesztő számára értékes tulajdonsága továbbá a nagyobbmérvű ütési ellenállása. Ismételt igénybevételnél a kifáradási határa is lényegesen magasabb, mint a szürkeöntésé a nagyobb szakító szilárdságának megfelelően.

Az új öntöttvasfajta nemcsak az acélöntés helyettesítésére alkalmas olyan gépalkatrészek számára, amelyekhez a normális szürkeöntés nem felel meg, hanem teljesen új területeken is alkalmazható. Erre is áll a megállapítás, hogy az új anyagok általában nem szorítják ki teljesen a régi anyagot, hanem megtalálják a saját alkalmazási területüket. Ezt láttuk a műanyagoknál, pl. a mesterséges guminál. Az új öntöttvasfajta új alkalmazási területei:

1. olyan vasöntvények, amelyektől fokozott szívósságot és ütési ellenállást követelünk nagyobb szilárdság mellett;

2. nagy falvastagságú öntvények, amelyeknél szívósságra és képlékenységre van szükség, ami a nagy vastagság miatt temperálással nem valósítható meg;

3. kovácsdarabokat helyettesíthet.

Az ütési ellenállás hiánya miatt a szürkeöntést sok helyen mellőzni voltunk kénytelenek és acélöntést használtunk, így a vasúti gépészetben és a hajógépészetben is. A gömbszemcsés grafitos öntvény ezeknél a gyártási ágaknál is megfelel. Ez az öntvény kéregöntésre is alkalmas. A kéregöntés kopási ellenállása párosul az anyag szívósságával, ami fékdobok, féktuskók számára teszi nagyon alkalmas anyaggá. Fékdoboknál jobb hővezetési képessége és oxidációs ellenállása tekintetében is alkalmas anyagnak mutatkozik. Kéregöntés nélkül is nagyobb a keménysége, mint a rendes öntvényé. Nyersöntésű fogaskerekek készítésére teszi ez alkalmassá. Elősegíti ezt az a körülmény is, hogy az öntés alól nagyobb felületi finomsággal hozható ki.

Csőszerelvényeknél bizonyos nyomáson felül öntöttvas helyett acélöntést alkalmazunk. A gömbszemcsés grafitöntvény bevezetésével ez a nyomáshatár jóval magasabb lehet. A gőzkazánok szabványelőírásának tervezete szerint öntöttvasat csak 200° C-ig és 12 atm. nyomásig, pl. tápvízelőmelegítőkhöz, legfeljebb 150 mm belső átmérőt meg nem haladó szerelvényekhez és összekötőalkatrészekhez lehet alkalmazni. A mai nagynyomású és túlhevített gőzzel dolgozó kazánüzemeinket tekintve ezek az értékek túlságosan alacsonyak. Gömbszemcsés grafitos öntéssel ezekkel a határokkal jóval feljebb mehetünk.

Az alumínium felhasználásánál tekintetbe kell venni az alumíniumnak fizikai tulajdonságait, főleg a kis fajsúlyát. Ezért az alumínium alkalmazása helyén való járműves gépeknél, kocsiknál. Nem szükséges azonban pl. alumíniumedényeket gyártani, mert a zománcozott vaslemezedények is jól megfelelnek. Benzinhordók alumíniumból való készítése viszont a szállításnál jelent megtakarítást. Mozdonyoknál külföldön készülnek alumíniumdugattyúk,

keresztfejek, hajtórudak a tömegerők csökkentése céljából. A mozdonyoknál a sátor is lehetne alumínium. Autóbuszok karosszériaépítésére is célszerű anyag. Teherautóknál is nagyobb öntvénydarabokat célszerű öntöttvas helyett alumíniumöntvényből készíteni. Az öntvényalumínium előnye, hogy könnyen folyik, kokillaöntésre alkalmas. Szükség esetén szürkevasöntés helyett is szilumin öntvénymegoldással küszöbölhetjük ki a selejtet.

Anyagmegtakarítást érhetünk el sok helyen azzal, ha öntvény helyett folytvas és acélanyagot alkalmazunk. Szürkeöntést homokban három mm-nél vékonyabbra nem igen tudunk készíteni, ezért kénytelenek vagyunk ilyen falvastagságot alkalmazni kisebb igénybevételű részekre is. Mezőgazdasági gépeknél, textilgépek szerkesztésénél ezeket az olcsó, nyersen maradó öntvényrészeket helyettesíteni lehet 1—2 mm vastag vaslemezrészekkel, esetleg sajtolt vagy hegesztett kivitelben. Nagy öntvények is, főleg acélöntések, hegesztett szerkezetekkel helyettesíthetők. Ezen a téren azonban némi óvatosság szükséges, mert az öntöttvasnál előnyös az, hogy nagyobb a rezgéscsillapító képessége.

Ez különösen a szerszámgépek építésénél fontolandó meg. Nagy öntvények hegesztéssel való helyettesítése durvább munkát végző gépeknél, pl. kotróknál, daruknál, szállítógépeknél indokolt. Ezek részben mozgó gépek, amelyeknél a súlycsökkentés is egyik követelmény, és ezek rendszerint egyedi gyártások.

Rátérve egyes gépelemek szerkesztésére, az anyagtakarékosság szempontjai a következőkben érvényesülhetnek. Első sorban a *szabványosítás fontosságát kell hangsúlyozni*, mert a szabványos alkatrészek rendszerint nagy tömegben anyagmegtakarítással készülnek. Azután *a szerkesztő szoros kapcsolatban legyen a gyártástervezéssel*, hogy az anyagtakarékosság szempontjai ne csak a munkadarabnál, hanem a gyártásra szolgáló készülékeknél, szerszámoknál is érvényesülhessenek.

Csavaroknál a menetgörgőzéssel való gyártás nyomófeszültséget hagy a csavar menetes részén, ami tehermentesíti az üzemi húzó igénybevételt. Ezért nagyobb igénybevételt bir ki, az anyag tartós szilárdság szempontjából ellenállóképesebb. Ilyen célú különleges felületi kezelés rúgóknál az az eljárás, hogy acélszemekkel fújjuk meg az anyag felületét, ettől tömörödik a felülete. Torziós rúdrúgók felületét, automobilok szeleprúgóinak a felületét lehet így kezelni és ezzel a törés veszélyét csökkenteni.

Csővezeték szerelvényeknél a rézzel, ónnal való takarékosság jön számításba. Gőzarmaturáknál sokszor esztétikai szempontból alkalmazzák a sárgaréz- és bronzszerelvényeket. Ezek helyett megfelel az egyszerű szürkeöntés vagy temperöntés. Az öntés felületét foszfatirozással lehet rozsdamentessé és esztétikusabbá tenni.

A forgómozgást közlő gépelemek közül a szíjhajtás, lassan elavulttá válik, helyébe lép az ékszíjhajtás, a lánchajtás, illetve a fogaskerék hajtómű. Ez utóbbival jobb hatásfokkal, jóval kisebb helyszükséglettel, nagyobb biztonsággal tudunk nagy módosítást megvalósítani.

A fogaskerekek tervezésénél kis fogszámra kell törekedni, mert így a kerék méretei és vele az egész fogaskerékszekrény méretei csökkennek. Kis fogszámnál helyesbítés szükséges. Nálunk régebben általában a DIN-870 szerinti helyesbítés volt használatban, melynél a szerszám elállítása az alámetszés elkerülésének a határáig van megszabva, sőt megenged kis alámetszést is. Jobb helyesbbítési megoldás a csúszásviszonyok tekintetbevétele. Ehhez az alámetszés elkerülésénél nagyobb szerszámelállításra van szükség. Gyakorlatilag azt az értéket szokás venni, amelynél mindkét keréknek a lábánál egyforma nagy, vagyis kiegyenlített a csúszás. A MAAG-féle számításnál használt táblázatok is ilyen szerszámelállításokat tartalmaznak, azonban a MAAG-gyár az ő módszerét csak azokkal a gyárakkal ismertette meg, amelyek tőle vásároltak gépeket, és a táblázatokat is megfizették. Jelenleg a kiegyenlített csúszásnak megfelelő helyesbbítési módszerek és a hozzájuk tartozó szerszámelállítások értékei a szovjet műszaki irodalomban mindenkinek rendelkezésére állnak. Ez is egyik példája a kapitalista gazdálkodás kapzsiságának, szembeállítva a szocialista termelés a nép széles rétegeinek érdekét szolgáló módszerével és előnyeivel. A nagy fogaskerékmódosításoknál alkalmazható tengelytávolság változás nélküli kompenzált helyesbbítés számára is és a tengelytávolság változtatásával járó általános fogazás számára is rendelkezésre állnak a táblázatok és erre a *kiegyenlített csúszásra tervezve meg a fogaskerékpárt*, biztosíthatjuk azok hosszú élettartamát, vagyis az anyag jó kihasználását.

A csavarhajtásoknál anyagmegtakarítási szempontból nagyobb felületi nyomásokkal dolgozhatunk, mint a multban. Ezzel csökken a ház külső mérete is. A ház méretének csökkenésével elvesztett külső hűtőfelületet úgy kompenzálhatjuk, hogy a ház külső felületére hűtőbordákat öntetünk fel, azonkívül a csiga tengelyét kivezetjük a házból, a végére hűtőventilátort, szellőző kereket alkalmazunk, körülötte terelőburkolattal, amellyel a levegőt a hűtőbordák közé vezetjük.

A csúszó csapágyaknál nem érdemes hosszú perselyt alaklmazni, $l = 1d$ — $1{,}5d$ hosszúság kielégítő, mert a tengely, illetve a csap terhelés alatti lehajlása miatt úgy sem biztosítható az egyenletes felfekvés. A komplikáltabb *Sellers*-csapágyat hosszú perselyével a mult szerkezetei közé sorolhatjuk. Az általános gépépítésben a gyűrűskenésű csapágy merev persellyel kielégítő, nagy fordulatszámánál pedig a gördülőcsapágyak. Belsőégésű motoroknál még kisebb a persely hosszúsága. Ezt újabb technológiai eljárások teszik lehetővé, pl. a szuperfiniselés, amellyel a felületi fínomság növelhető és a felületi terhelés értéke nagyobb.

Csúszó csapágyaknál *műanyagból készített csapágypersellyel* rezet és ónt lehet megtakarítani. A műgyanta anyagból készült csapágyperselyeknél hátrányos körülmény az, hogy melegvezető képességük nagyon csekély, kb. 200-ad része a fémanyagok melegvezető képességének. Ezért az üzemi hőmérsékletük nagyobb, 80—90° C is lehet. A csúszási tulajdonságuk kedvezőbb és a kopás-

ellenállóképességük is jó. Kis sebességnél és nagy felületi nyomásnál, pl hengerművek csapágyazásánál jól alkalmazhatók. Szállítószalagok csapágyainál, időszakos üzemnél alkalmazhatók. Kisvasúti csillekocsi csapágynál, mezőgazdasági gépeknél, ahol jó levegőhűtés van, szintén célszerűen használhatók. Előnyük, hogy hőhatásra nem olvadnak ki, hanem csak a felületük szenesedik meg. Nagy előnyük a homokkal, porral szemben való érzéketlenségük és az a körülmény, hogy kenőanyagra nem érzékenyek. Kisebb terhelésű hengermű csapoknál a csapra csepegtetett hűtővíz elegendő kenőanyagnak is. Hosszú csapágy műanyagból nem készíthető, mert az anyagnak kicsiny a hajlítószilárdsága, ezért a csapágytörzsben a perselyt egész hosszúságában jól fel kell fektetni.

A bronz csapágyperselyeknél az eddig használt *ÖBz* 16 és 12 helyett, amelyeknek az óntartalma 16, illetve 12%, a *Vöt* 8 és *Vöt* 5 bevezetése szükséges. Ezekkel az ónfogyasztás mintegy felére csökkenthető. Nagyobb felületi keménység és kopásellenállóság csekély százalékú antimon-ötvözéssel érhető el. Az óntartalmú bronz helyett az *Albz* 10 ötvözet is szóba jöhet. Ennek a mechanikai tulajdonságát kismennyiségű *Fe* vagy *Mn* beleötvözésével lehet kedvezőbbé tenni. Ezeknek a helyettesítő csapágyfémanyagoknak a kivizsgálása tervbe van véve, és elismerés illeti meg a *Bányászati és Kohászati Egyesület csapágybronz bizottságát a helyettesítés* ezirányú *problémájának eredményes felkarolásáért.*

Az utolsó helyen említett alumíniumbronz ferrum-ötvözéssel nemcsak csapágyperselynél, hanem egyéb kopásnak kitett alkatrészeknél, pl. a csavarhajtás kerékkoszorújánál is helyettesítheti a bronzot, főleg a foszforbronzot. A szilárdsági tulajdonságai ugyan kedvezőtlenebbek, de megfelelő méretezéssel ezt kompenzálni lehet.

Általában a bronzok nálunk magas óntartalommal készülnek, külföldön már ritka fémek, és pedig berillium, tellur, esetleg ezüst alkalmazásával állítanak elő jóminőségű bronzokat. Ezek a fémek helyettesítik az ónt, de ezekből a fémekből csak csekély mennyiséget kell az ötvözetbe tenni és ezzel gazdaságosabb az ötvözet előállítása.

Az ón a csapágyperselyek kiöntésére használt fehérfémnek is egyik alkotó eleme. Az óntartalmú fehérfémek helyett jól beválnak az ólombronz anyagok, amelyeket acélcsészébe öntve lehet alkalmazni és az óntartalmat erősen lehet csökkenteni. Belső égésű motoroknál, ahol a súlynak a csökkentése és az erőhatások nyomatékának a csökkentése miatt nagy felületi nyomással megterhelt rövid csapágyakat alkalmazunk, a nagyobb felületi terhelést kibiró ólombronz-csapágyak váltak be.

Csúszó csapágyperselyek számára a pormetallurgiával előállított csapágyperselyek is jól beválnak. 20—30% porózitásuak, a pórusok egyenletesen vannak elosztódva. A vasporból készített csapágyaknál grafitadagolással a ferrit egy része perlitté alakul át, ezáltal kopásellenállóbbak. Nitrálással vagy betétedzéssel is lehet a kopásellenállóságot fokozni. Ezek a porózus csapágyperselyek olajba itatva önkenő tulajdonságúak, így beépíthetők nehezen hozzá-

férhető helyekre. E tulajdonságuk alapján gördülő csapágyakat is lehet velük bizonyos helyeken helyettesíteni. A gördülőcsapágyak helyét teljesen kitöltő gyűrűperselyek is készíthetők. Külső kenéssel alkalmazásuk biztonsága még nagyobb. Szárazonfutás nem áll be, mivel a pórusok megfelelő mennyiségű kenőanyagtartalékot tartalmaznak. Az olajat nem kenőlyukon és kenőbarázdákon keresztül kell a működő felületekhez vezetni, hanem a porózus anyagon keresztül. Olajfogyasztásuk csekély. Terhelhetőségük az olajtartalék miatt kis sebességnél nagyobb, mint a tömör anyagból készített csapágyak terhelhetősége. Leginkább szemcsapágyak számára alkalmasak, de osztott csapágyak, félperselyek is készíthetők, amelyeknél a sajtolás után történik a szétfűrészelés. Nagyobb méretű félperselyeket kívül acélvédő perselybe kell belehelyezni.

Ezek a porkohászati csapágyperselyek majdnem teljesen zajtalan járásúak, folyamatos üzem tartható velük.

A gördülő csapágyazásnál anyagtakarékossági szempontból a tűgörgős csapágyak részesíthetők előnyben, főleg a kis fordulatszámú ágyazásoknál válnak be jól. Nagy előnyük, hogy kevésbbé érzékenyek. Hazai gyártásban is könnyen készíthetők. Érvényes náluk is a gördülő csapágyazásnak az a nagy előnye, hogy gondozást keveset kívánnak, takarékosan kenhetők. Nagy hátrányuk, hogy oldalmegtámasztást nem biztosítanak. Ezért inkább nagy radiális terhelésnél és csak kis oldalerőnél célszerű az alkalmazásuk. Az oldalerőt minél kisebb átmérőn kell felvenni, hogy a súrlódási nyomatékot csökkentsük. Erre megoldás lehet az, hogy a domború tengelyvégeket a csapágyfedelekbe helyezett domború támasztó párnáknak fektetjük, vagy tengelyre erősített tárcsát kétoldalt támasztunk meg. Kisebb átmérőn a tengelybe beesztergált horonyba nyúló, kivágott tárcsával biztosíthatjuk az oldalmegtámasztást. Nagyobb oldalerő esetén azonban az egyik csapágyazási helyet célszerű az axiális erő felvételére is képes gördülőcsapágyazással is ellátni. A tűgörgős csapágyazás helyszükségletét még olymódon is csökkentjük, hogy közvetlenül a tengely felületén futnak a gördülő testek.

A műgyanta-anyag nemcsak az előzőkben említett csapágyazások terén helyettesíti a fémeket, hanem a csővezetékek, armatúrák, kémiai készülékek szerkesztése terén a rozsdamentes acélokat is lehet műanyagokkal helyettesíteni. Ezen a téren jelentős lépés lesz az ötéves tervben felvett nagy műanyaggyártási programmunk. Venedur, polivinilklorid, polietilén stb. származékokból készített csövekkel, szelepekkel, tolózárakkal és egyéb szerelvényekkel kémiai gyárakat lehet berendezni, mert ezek a műanyagok lúgok, savak maróhatásának jól ellen tudnak állni. Mélyhűtőberendezéseknél, ahol a fémanyag korrózióellenálló képessége csekély, ezek a műanyagok jól megfelelnek. Savas, lúgos atmoszférában dolgozó gépelemeket, fogaskerekeket, hajtószíjakat lehet készíteni belőlük. Előnyös tulajdonságuk, hogy termoplasztikus anyagok lévén, melegen hegeszthetők, így komplikáltabb szerkezeteket lehet kisebb, egyszerűbb elemekből összeépíteni. Lemezek alakításával és termoplasztikus hegesztésével lehet

nagyobb tárgyakat összeépíteni. Vékonyabb rétegek pedig a vonalhegesztéshez hasonló eljárással köthetők össze. Ennél az eljárásnál a melegítés nagyfrekvenciás árammal, dielektromos melegítéssel eszközölhető, amely eljárásnál a szerszám hideg marad, csak a közrefogott anyag melegszik fel, teljes keresztmetszetében. A hőfoktűrőképességük általában 100° C körül van. Ebben a tulajdonságban vezet azonban a teflon, ez 350°—400° C-ig hőálló.

A szilikonok további újabb műanyagok, amelyeknek jellegzetes tulajdonságuk a nagyobb hőfoktűrő képességük és hidegálló képességük. Hidrofob tulajdonságúak, vagyis nem nedvesednek. A szilikon olajok pedig azzal az előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, hogy a viszkozitásukat tág hőfokhatárok között kevésbbé változtatják, ezért hideg-meleg közegben dolgozó gépek kenésére nagyon alkalmasak. A fémeket tartósságuk növelésére, korrózió ellenében, vékony műanyagburkolattal lehet ellátni, ami lakk alakjában kerülhet a felületre. Az oldószer elpárologtatása után ott marad a felületen a műanyagréteg. Konzervdobozok, tejeskannák, kémiai edények, csövek felületének a bevonására alkalmasak. Legújabb eljárás a kontaktgyanta, ami a felhasználás pillanatában folyékony és megfelelő katalizátorokkal melegítés nélkül keményedik meg. A műanyaggyártásunk növelésével, amikor már megfelelő mennyiségű anyag állhat rendelkezésre, szükségesnek mutatkozik a szerkesztők tájékoztatása céljából *a műanyagok fizikai, mechanikai, szilárdságtani tulajdonságait, megmunkálási és alkalmazási körüket feltüntető kézikönyv összeállítása.* Ezen kívül a *szerkesztők továbbképzésével kell foglalkozni*, hogy megismerkedhessenek a megfelelő helyettesítési feladatok megoldásával, illetve az újabb anyagok bővebb alkalmazásával.

A gumi alkalmazására nem fordítanak kellő figyelmet a szerkesztők, pedig vele egyszerű megoldások hozhatók létre. Mint rezgéscsillapító és lökésgátló célszerűen használható. Gépek rezgésmentes alapozására alkalmas. Villamos vontatásoknál fogaskerékkoszorúk gumiba ágyazott csapokkal szerelhetők fel, így a lökésszerű terhelések sem származódnak tovább. Hajtórudak gumiperselyű csapokkal kapcsolhatók össze. Határozatlan tartószerkezeteknél, a csuklóknál a pontatlanságok felvételére alkalmasak a gumiperselyek. Hazai gumigyártásunk ilyen szerkesztési feladatok megoldására alkalmas, kellő minőségű gumigyártásra felfejlesztendő.

Az anyaggal való takarékosság terén a tervezők nagy eredményeket érhetnek el *a tartós szilárdságra való korszerű méretezés alkalmazásával.* A legtöbb gépalkatrész lökésszerű terhelésnek, ismételt igénybevételnek van kitéve. Az anyagtakarékosság megköveteli, hogy az ilyen alkatrészek méretezését ne a klasszikus statisztikus anyagvizsgálattal megállapított szilárdsági jellemzők tekintetbevételével és ezekhez igazodó biztonsági tényezővel végezzük, hanem a kifáradási vizsgálatokkal megállapított kifáradási határhoz igazodva. Ennél a méretezésnél a feszültséggyüjtő helyeknél fellépő legnagyobb feszültségek alapján állapítjuk meg a szükséges keresztmetszetet, illetve a méreteket. A legnagyobb feszültségek az alkatrész tagozodásából, keresztmetszetcsökkentésekből, az átmeneti

sugár befolyásából számítódnak, az illető tagozódáshoz tartozó formatényezők, illetve gátlástényezők segítségével. Általában a különböző terhelési esetekre és feszültséggyüjtő hatásokra ez idő szerint még nem állnak rendelkezésre megbízható, pontos értékű diagrammok, azonban az ez ideig megállapított adatok felhasználásával is nagyobb biztonsággal végezhetjük el a méretezést. A valóban működő erők és az általuk felébresztett valódi feszültségek matematikailag pontos kiértékelésével nem leszünk kénytelenek a bizonytalanságokat nagyobb biztonsági tényezők alkalmazásával áthidalni, pl. hajtórudak méretezésénél nem kell 15—20-szoros biztonsági tényezővel dolgozni és feleslegesen nagy anyagmennyiséget beépíteni. Olcsóbb anyagok alkalmazhatók a régebben megállapított drágább anyagok helyett, ha a feszültséggyüjtő helyeket átszerkesztjük olyan módon, hogy a célszerűbb, jobb kialakítással a helyi feszültségcsúcsok csökkenjenek. Ilyen javítások lehetnek a bemetszések mélyedésének a csökkentése, a felületek fényesítése, az átmeneti lekerekítési sugarak görgőzéssel való tömörítése, olajozó furatok széleinek lekerekítése, vagy a gyártás alkalmával a lyuk szélei körül levő anyagrészek nyomással való deformálása. Ezek az eljárások mind a törésveszély csökkentésére szolgálnak, és biztosítják az anyag jobb kihasználását.

A feszültségi vonalak vonulási irányának megismerése a kialakítást a legkedvezőbb anyaggal, a legmegfelelőbb keresztmetszet adásával teszi lehetővé. Szép példa erre az üregesen öntött forgattyústengely alkalmazása a motoroknál. Az öntési eljárással tudjuk megadni legjobban ezt a szilárdsági viszonyok által megkövetelt legkedvezőbb alakot.

Azokban az országépítő nagy feladatokban, amelyek tervezőink vállain nyugosznak, amelyek egyike a nyersanyagkészletünk felhasználási lehetőségének minél jobb kiszélesítése, nagy segítségünkre szolgál az élenjáró szovjet műszaki tudomány eredményeinek a megismerése és alkalmazása. Ezzel a tudással felfegyverkezve, könnyebben valósítjuk meg ötéves tervünket, amely országunk iparosodását nagymértékben előre lendíti és népünk jólétét emeli. Ebben a munkában sok feladat jut műszaki értelmiségünknek, azonban bízhatunk abban, hogy a folytonos alkotó munkában megedződött műszaki értelmiségünk ennek a nemes feladatnak maradéktalanul meg is fog felelni.

HOZZÁSZÓLÁSOK VÖRÖS IMRE ELŐADÁSÁHOZ

ANYAGTAKARÉKOSSÁG A SZERSZÁMGÉPEK TERVEZÉSÉNÉL

RITTER ENDRE gépészmérnök, a Mintagépgyár igazgatója

Az anyagtakarékos tervezés a szerszámgépeknél nem egy- értelmű feladat, nem olyan feladat, mint pl. egy matematikai egyenlet megoldása. Erre nem adhatók határozott utasítások, receptek, amelyek alkalmazása biztosítja a takarékos tervezést. Adhatók azonban helyes irányelvek és gondolatmenetek, amelyek alapján a tervező, ha végiggondolja feladatait, ki tudja az anyagtakarékossági szempontból legmegfelelőbb megoldást alakítani.

A szerszámgépek tervezésénél az anyagokkal való takarékoskodás kérdése bonyolult feladat. Először meg kell állapítani, hogy valóban hogy áll a helyzet: mikor a legtakarékosabb, tehát a leggazdaságosabb a szerszámgép a nemzetgazdaság szempontjából? Ennek a kérdésnek tisztázása után következik a másik kérdés: hogyan lehet ilyen leggazdaságosabb szerszámgépet anyagok szempontjából a legtakarékosabban megszerkeszteni?

Az első kérdést megvilágítja az 1. ábrabeli képlet, melyben minden pontosságra való törekvés igénye nélkül igyekeztem néhány fontosabb jellemzőt úgy csoportosítani, hogy a tervezett szerszámgép jósági foka elbírálható legyen. Nyilvánvaló, hogy annak a szerszámgépnek a jósági foka a legnagyobb, amely egész élettartama folyamán legtöbb értéket termel, viszont legkisebb az időegységre vonatkoztatott beszerzési költsége, üzemköltsége, a gép mellett dolgozók munkabére és a javítási költségek. Emellett bizonyos szerepet játszik a gép szükséges alapterülete is, ami a gyárépület amortizációja miatt szerepel. (Kisebb alapterületű gépekhez kisebb, olcsóbb épület kell.)

E tényezők közül a gyártott termékek értéke bizonyos fokig kapcsolatos az előállítási pontossággal. A gépen dolgozók kifizetett munkabére attól is függ, hogy milyen egyszerű vagy bonyolult a gép kezelése, milyen szakképzettséget és ügyességet igényel, mennyire fokozható a termelés a gép ügyesebb kihasználásával. A javítási költségek pedig a gép minőségétől erősen függenek.

Látnivaló tehát, hogy a beszerzési költségek egymagukban nem döntik el a szerszámgép jósági fokát a gazdaságossági vonalon.

Beszerzési költség szempontjából tehát csak olyan két szerszámgép hasonlítható össze, amelyeknek a jósági foka azonos. Ebben az esetben az, amelyik takarékosabb az anyagfelhasználás szempontjából, előnyösebb mint a másik. A megvalósított szerszámgép műszaki jellemzői lényegükben meghatározzák a szerszámgép jósági fokát, mert hiszen a műszaki jellemzőktől függ

a gyártott termékek minősége, tehát értéke, pontossága, a kezelhetőség egyszerűsége vagy bonyolultsága, az üzemköltség, a javítási költségek, a gép alapterülete és elsősorban a gép beszerzési költsége. Ezért a feladat második részében, amikor már csak a beszerzési költségeket vizsgáljuk, mindig feltételezzük, hogy a gép olyan kialakítású, hogy a szükséges műszaki követelményeket, illetőleg az ebből adódó jósági fokot rögzítettnek tekinthetjük.

A beszerzési költségek lényegükben a szerszámgép elkészítésénél adódó ráfordításokkal arányosak. A ráfordítások két részből állnak:

1. az egyik rész a gép gyártásához szükséges munkával,
2. a másik rész a gép építésénél felhasznált anyagokkal kapcsolatos.

Mivel a tanulmány feladata az anyagtakarékosság kérdése, a továbbiakban csak az utóbbi résszel foglalkozunk.

Az anyagfelhasználással kapcsolatos költségek optimális megállapítása lényegében nem egyértelmű feladat. Elsősorban függ ez az anyagok árától, de függ az anyagok beszerzési vagy gyártási lehetőségeitől is.

Ennek következtében erősen függvénye a mindenkori gazdasági, sőt politikai helyzetnek is. Vegyünk egy példát. Egy fogaskerék-áttétel költsége bizonyos minimumot mutathat fel, amely attól függ, hogy milyen méretű a fogaskerék-áttétel szekrénye, a benne alkalmazott fogaskerekek mérete stb. Nagyon durván és bizonyos határig még a ráfordítandó munkaigény is ezzel arányos. A fogaskerék-áttételnél annál kisebb méreteket kaphatunk, minél nemesebb anyagból készülnek a fogaskerekek. Ameddig a súlycsökkentésből bekövetkező anyagmegtakarítás túlsúlyban van a nemesebb anyagok drágább ára felett, addig érdemes a méreteket csökkenteni.

Ez a megoldás eléggé széles körökben ismert és tervezőink már most is igyekeznek ezeket a szempontokat figyelembe venni.

Ennek a gondolatmenetnek a gyakorlati alkalmazására szeretnék egy módszert bemutatni. A költségeket képletben fejezzük ki, mert az függvénye az anyag fajlagos költségének, amit költségtényezőnek nevezhetünk, az alkalmazott anyagok szilárdsági tényezőinek, a méreteknek, a fellépő igénybevételnek és állandóknak. E képletek a szilárdságtani képletek, térfogatra átrendezett alakban. Így a költség képletét minden elemre ténylegesen kiszámítva és azonos sorrendben, egymás alá írva, szemléltető képet kapunk ahhoz, hogy egyes tényezők megváltoztatása mit jelent költségváltozásban. A 2. ábrában közölt példa tengelyen ülő fogaskerék-közlő áttételre vonatkozik. Az anyagminőség változása a szilárdsági jellemző változásában és a költségtényező változásában közvetlenül jelentkezik, és befolyásolja a méretjellemzőket. A költség változása tehát kiszámítható.

Néhány tipikus megoldás ilyen végigszámolása jó tájékoztatást ad a tervezőnek, hogy milyen irányelveket alkalmazzon a felhasználandó anyagok szempontjából.

A költségminimum megállapítása mellett az anyag beszerezhetősége talán még fontosabb kérdés.

Ha a nemesebb anyagok beszerzése gazdasági vagy politikai okokból nehézségekbe ütközik, akkor takarékosabban járunk el, ha kevésbbé nemes anyagból, nagyobb mennyiséget építünk be a fogaskerék-áttételbe.

Látnivaló, hogy mivel az ilyen, tisztán műszaki jellegű kérdésnél is, mint a tervezés kérdése, szerepet játszanak a gazdasági és politikai tényezők, elengedhetetlenül szükséges, hogy a jó tervező helyesen tájékozott legyen a gazdasági és politikai kérdésekről, tehát politikailag képzett legyen. Sztálin elvtársnak az a megállapítása, hogy »de van egy tudomány, amelynek ismerete feltétlenül kötelező minden tudományág bolsevikjai számára — ez a marxista-leninista társadalomtudomány«, igazolja ezen állításom helyességét.

A tervezés azonban az anyagtakarékosság kérdését tovább is finomíthatja pl. oly módon, hogy úgy alakítja ki az alkatrészeket, hogy azoknál valószínűsítve legyen a minimális selejt. Nyilvánvaló, hogy minden selejtes alkatrész anyagpocsékolást jelent, ámbár ez a kész termékben már nem jut kifejezésre

A selejt okainak egy része természetesen gyártási okokra vezethető vissza (gondatlanság, a méretek be nem tartása stb.), amire a tervezőnek befolyása nincs. Befolyása van azonban a tervezőnek arra a selejtre, ami azáltal következik be, hogy a tervezett alkatrész alakja túl bonyolult, az előírt pontossági követelmények túlzottan szigorúak, vagy a tervezett alak az alkalmazott anyagnak nem megfelelő. Ezeket bizonyos mértékig módjában van a tervezőnek befolyásolnia, és ezért arra kell törekednie, hogy minél egyszerűbb és üzembiztosabb gyártási technológiával előállítható alkatrészeket tervezzen, a megmunkálásnál minél kevesebb hibalehetőség adódjék, és gondosan válogassa meg a szükséges pontosságot. Gyakori eset, hogy azok a tervezőink, akik nem teljesen járatosak a technológiában, túlságosan szűk tűréseket adnak meg, abban a hiszemben, hogy ennek következtében a munkadarab minősége növekszik. Könnyen lehetséges, hogy emiatt túlzott selejt származik, és így anyagpazarlás keletkezik. Hasonló példákat lehet felhozni az anyagfelhasználásra vonatkozólag, amikor a tervező indokolatlanul túlnemes anyagokat ír elő, hogy ne ő legyen a felelős, ha netalán üzem közben az alkatrészek tönkremennének. Gyakran alacsonyabb minőségű anyag is megfelelne, amiről a tervező gondosabb szilárdsági ellenőrzéssel meggyőződhetik, és emellett az anyagot úgy alakítja ki, hogy az olcsóbb anyagból is megfeleljen.

Itt elsősorban gondolok a szerszámgépeknél fellépő kifáradási igénybevételre, amelyet megfelelő kialakítás mellett gyakran kevésbbé nemes anyagok is kibírnak, pl. ha az anyagátmenetek nem túl hirtelenek, az éles szegleteket elkerüljük stb.

Ez a szerszámgépek tervezésénél olyan szempont, amelyre a jelenleginél sokkal nagyobb figyelmet kell a tervezőknek fordítaniok. A szerszámgépek főrészei ugyanis, a szerszámgéppel szemben támasztott merevségi követelmények miatt olyanra méretezendők, hogy a keletkezett igénybevételek helyes kialakítás esetén általában alacsonyak. Ez a körülmény olcsóbb minőségű anyagok alkalmazását is gyakran lehetővé teszi.

Az e területen előforduló hibák jellegzetes példája az ÖV 26 szabványú öntöttvas előírása, mert az nagyobb szilárdságú, mint az általánosan használt ÖV 22, holott az elkészítése, különösen bonyolultabb alaknál, gyakran olyan belső feszültségeket okoz az öntésnél, amelyektől az öntvények könnyen meg is repedhetnek.

Másik példa — ami ugyan szerszámgéptervezésnél ritkábban fordul elő — hogy amikor mélyhúzó lemezeket alkalmazni, minden esetben a legjobban mélyhúzható lemezeket alkalmazzák, tekintet nélkül a mélyhúzás jellegére.

Az anyag megválasztásánál még tovább mehetünk, ha figyelembe vesszük a jelenlegi anyagtechnológiai adottságokat. Erre már az előbbiekben az öntvényeknél egy példát felhoztam. Másik példa, ami különösen a hengerelt anyagok felhasználásánál fordul elő, hogy hiába írunk elő kézikönyvek szerint megfelelő anyagot, ha a jelenleg kapható anyag a szabványoknak nem felel meg, vagy pedig igen nagy szórásokat mutat. Ez is igen sok selejt okozója lehet, és nyilván takarékosabban járunk el, ha olyan anyagból tervezzük meg az alkatrészt, amelyiknek egyenletes minőségéről a jelenlegi helyzetben tájékozva vagyunk. E hiba jellegzetes példája az A 60.11, A 70.11 acélok előírása ha azok hőkezelést igényelnek, az AC 60. 61. stb. helyett.

Az anyagtakarékosságnak azt a formáját, amelyik a ráhagyások csökkentésével foglalkozik, általában gyártás-technológiai problémának tekintik, ez azonban nincs teljesen így. A szükséges ráhagyások mértéke függ a tervezéstől is. Pl. egy lépcsős tengely tervezésénél kisebb ráhagyások szükségesek, ha azokat odorban előkovácsolják.

Erre azonban a végleges darab kialakításánál is tekintettel kell lenni, mert az odorkovácsolásból készített munkadarab másképpen alakítandó ki, mint a tömör rúdból esztergált.

Anyagtakarékosságot jelent továbbá, ha a munkadarabot úgy alakítjuk ki, hogy az forgácsolási megmunkálás nélkül legyen felhasználható. Ekkor ráhagyási anyagveszteség egyáltalán nincsen. Itt tág tere van a fejlődésnek, különösen lemezből és hengerelt idomokból való hegesztett szerkezeti elemek alkalmazása terén. Ez a módszer egyébként az öntöttvassal való takarékosság szempontjából is szóba jöhet ma már, pl. burkolatok készítésénél.

Jelenleg a szerszámgépeknél a gyártási költségek a következőképpen alakulnak: Egy bizonyos szerszámgépnél kb. 30—35% az anyagköltség, 50% a forgácsolási költség és 15% a szerelési költség. Ez mutatja az anyagtakarékossági kérdés fontosságát, de egyben rámutat a megmunkálási idők csökkentésének fontosságára is.

Az általános takarékos tervezés szempontjából tehát elmondható, hogy az anyagköltségnek 10%-kal való csökkentése a gép összköltségét kb. 3,5%-kal csökkenti, a megmunkálási idő 10%-os csökkentése a gép összköltségének kb. 5%-át és a szerelési idők 10%-os csökkentése az összköltség kb. 1,5%-át eredményezi mint megtakarítást. (3. ábra.)

A szabványosításnak a mainál jóval nagyobb kiterjesztése is a költségek

csökkentésére vezet. Nem szorul bővebb magyarázatra, hogy megfelelő mennyiségben előregyártott szabványos alkatrészek alkalmazása mennyivel gazdaságosabb. Ezen a téren ma még két nagy hiányosság mutatkozik. Egyik igen jó kivitelű szerszámgépünkben kb. 60% a beépített szabványos alkatrészek darabszáma, ebből csavaráru 40%, de ez az egész gép értékének csak a 20%-át teszi ki. Az egyik hiányosság tehát, hogy éppen a nagyértékű alkatrészek nem szabványosak. E téren tervezőinknek még nagyon sokat kell tenniök, egész addig, hogy különféle szerszámgépekben egész rész-szerkezeteket egységes, tipizált szerkezetek felhasználásával alkalmazzanak.

A másik hiányosság, hogy a szabvány-alkatrészeket gyakran kis darabszámban gyártják, éppen csak egy-egy szériához való mennyiséget. Így a szabvány-alkatrészeknek az az előnye, hogy nagy tömegben előállítva igen olcsók, elesik. Ez a kérdés a tervezőkre annyiban tartozik, hogy a helyesen megállapított szabványválasztékok képzésével és következetes alkalmazásával az üzemet rászoríthatják a szabványalkatrészek nagy tömegben való gyártására.

Az anyaggal való takarékoskodás legfontosabb kérdése a szerszámgépeknél az öntöttvassal való takarékoskodás. Az öntödékkel kapcsolatos nehézségeink túlismertek ahhoz, hogy azokra itt ki kelljen térni. Elég annyit megállapítani, hogy a legnagyobb érdek fűződik ahhoz, hogy öntöttvassal a legtakarékosabban bánjunk. Erre is igen nagy lehetősége van a tervezésnek a következő okokból:

Az öntvényeket jelenleg részben öntéstechnológiai okokból, részben pedig azért, hogy a szerszámgépnek a merevség ellen kellő ellenállása legyen, igen súlyosra készítik. Megvizsgálandó azonban, hogy a rezgések elleni merevség és működés szempontjából szükséges szilárdság nem érhető-e el kisebb öntvénysúlyból is, amennyiben az öntvény kialakításánál a helyes öntéstechnológiai szempontokat és merevségi követelményeket a mainál sokkal jobban figyelembe veszik.

Itt elsősorban a bordákkal való merevítés kiterjedtebb alkalmazására gondolok. A jól elrendezett merevítő bordák nemcsak ugyanazt a merevséget eredményezik lényegesen kisebb súlyból, de öntéstechnológiailag is kedvezőek, mert a megdermedés közben utánahúzási lehetőséget biztosítanak az öntvénynek. A bordák helyes elhelyezése és méretezése komoly tanulmányt igényel. Ezt azonban a tervezőknek el kell végezniök. A szekrénytartó kiképzés fokozottabb alkalmazása, az öntvények görbületeinek helyes megválasztása, stb. mind eredményezheti az öntvény súlyának csökkenését anélkül, hogy ez a működési feltételek rovására menne.

Mindezekből a felsorolt példákból az világlik ki, hogy jó szerszámgéptervező csak az lehet, aki a tervezendő gép üzembeni működését jól ismeri, a szilárdsági számításokban é: a működési elv megvalósításához szükséges ismeretekben teljesen járatos, ezenfelül járatos azonban a gyártástechnológiában is, amely a szerszámgépek gyártásánál felmerül. Ebből a célból a jó szerszámgéptervezőnek a legszorosabb kapcsolatot kell fenntartania technológusokkal, üzemi szakemberekkel, öntödei, forgácsoló, kovácsoló specialistákkal stb. Emellett szüksé-

ges, hogy a tudományos előrehaladásról állandóan tájékozva legyen, a legszorosabb kapcsolatot tartsa fenn a tudományos kutató szervekkel, részben azért, hogy megismerje a kutatások eredményeit, de részben azért is, hogy vitás és nem tisztázott esetekben feladatokat adjon a tudományos kutatás számára. Ilyen kérdések pl. a szilárdsági vizsgálatok elvégzése, részben elméleti megfontolások, részben gyakorlati példák alapján; hegesztett szerkezetek alkalmazhatóságának vizsgálata és az azzal kapcsolatos szilárdsági és gazdasági vizsgálat; bizonyos anyagok felhasználhatósága, különös tekintettel a ma gyártott anyagok tényleges minőségére; egyértelmű anyagajánlási szabványtáblázatok készítése, annak figyelembevételével; hogy milyen anyag, milyen célra, milyen alkatrészek elkészítésére alkalmas, a szilárdsági, tartóssági és kifáradási méretezés tényezőinek reális megállapítása és ellenőrzése úgy, hogy a kézikönyvek gyakran túlhaladott, vagy a magyar szerszámgépépítésben nem alkalmazható adataiból származó bizonytalanságot megszüntessék.

Befejezésül rá szeretnék világítani az anyagtakarékosság egy másik népgazdasági jelentőségére.

Rákosi elvtárs 1950. október 27-i beszédében rámutatott arra, hogy iparosodásunk üteme következtében széntermelésünket fokozni kell. Nézzük meg tehát, hogy mit jelent az anyagtakarékosság szénben: Csak durván számolva: 1 kg öntöttvas vagy acél előállításához 1 kg 5000 Kal-ás szén kell 10% anyagmegtakarítás, átlag 2000 kg súlyú szerszámgépeknél évenként 200 tonna szén megtakarítását is jelenti 1000 db szerszámgépenként.

A szénmegtakarítás szempontjából nagyon fontos a szerszámgépek hatásfokának kérdése is. Tudjuk, hogy jelenleg szerszámgépeink átlagos hatásfoka igen rossz.

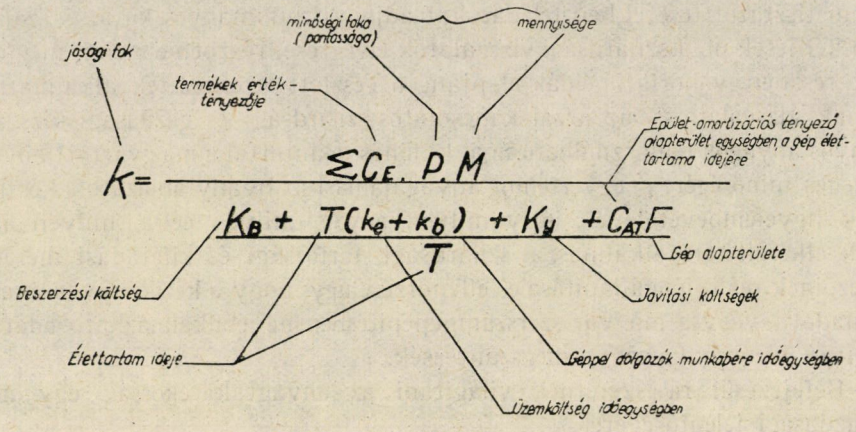
Átlagban csak 5 KW teljesítményt számítva (ez a szám a gyorsforgácsolás elterjedésével még növekszik) a hatásfok 10%-os megjavítása, óránként 1 tonna szén megtakarítását jelenti 1000 db szerszámgépenként.

Látjuk, hogy igen nagy és sokrétű feladatok háramlanak szerszámgéptervezőinkre, hacsak pusztán ezt a kiragadott részletfeladatot, a szerszámgépek anyagtakarékos tervezését vesszük is.

Ha tekintetbe vesszük, hogy szerszámgéptervező gárdánk nagy része most van kialakulóban, a feladatok nagysága nyomasztónak látszik. Azonban eddig már olyan hatalmas fejlődésen mentek keresztül, hogy ma már a siker reményében indulhatnak neki ezen feladatok megoldásának is.

A magyar szerszámgépgyártás perspektíváját tekintve, tudatában kell lenniök annak, hogy minden kg megtakarított anyag hatalmas összegű megtakarítást jelent népgazdaságunk számára. Minden megtakarítás pedig komoly tényező az ötéves terv megvalósításához, és így méltán csatlakozik aktív békeharcunk sikerének előmozdításához.

Ez a tudat kell, hogy áthassa őket, és akkor biztosak lehetünk, hogy a jövőben az anyagtakarékossági vonalon is komoly eredményeket fogunk elérni.



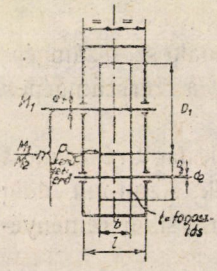
1. ábra

1) anyagár = térfogategység ára × térfogat = $k . V = \alpha . \sigma_t . V$ 2) térfogat = φ (méretek)

3) térfogategység ára = anyagártényező × megengedhető igénybevétel = $C . \sigma_t$ 4) megengedhető igénybevétel tengelyeknél: $\sigma_t = f$ (méretek) $= \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$

5) f (méretek) × φ (méretek) = f' (méretek)

6) anyagár = anyagtényező × f' (méretek)

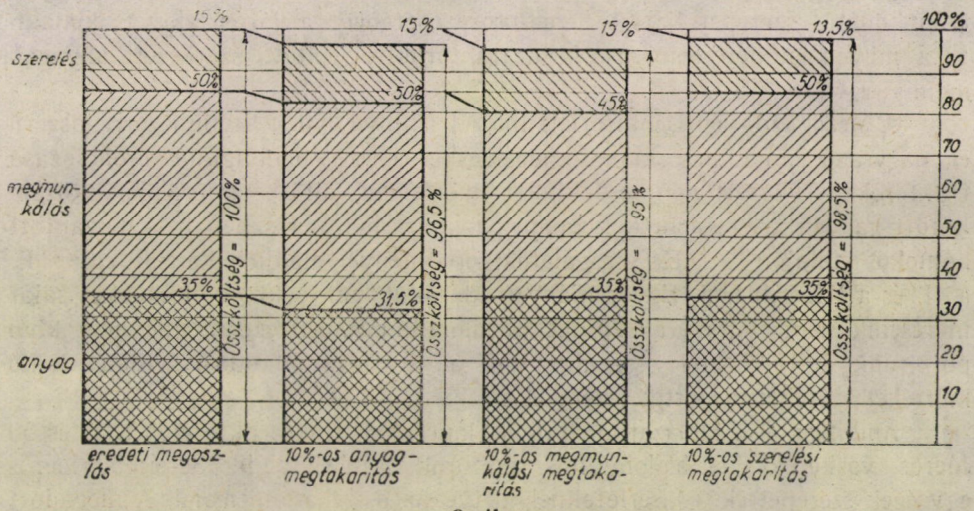


minden méret cm-ben

M_1 = átvitendő nyomaték
n = módosítás
k_t = anyagár Ft/cm³ tengely
σ = megengedhető ideális igénybevétel tengelynél kg/cm²
$\alpha = \frac{\sigma_t}{\sigma}$ = anyagártényező tengelynél
k_f = anyagár Ft/cm³ fogaskerék
$C = \frac{P}{b\,t}$ = fogaskerék igénybevételi tényezője kg/cm²
$\beta = \frac{k_f}{C}$ = anyagártényező fogaskeréknél
τ = anyagártényező a gördülő csapágyaknál Ft/kg sorozat

Anyagár	igénybevétel	anyagártényező	állandók	méretek
K 1. tengely	$= M_1 .$	α_1	4.	$\frac{1}{d_1}\sqrt{\frac{l^4}{D_1^2} + 4l^2}$
K 2. tengely	$= M_1 .$	α_2	4.	$\frac{1}{n . d_2}\sqrt{\frac{l^4}{D_2^2} + 4l^2}$
K 1. fogaskerék	$= M_1 .$	β_1	$\frac{1}{2}$.	$\frac{D_1}{m_1}$
K 2. fogaskerék	$= M_1 .$	β_2	$\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{n}\,\frac{D_2}{m_2}$
K csapágyak 1. tengelynél	$= M_1$	τ_1	4	$\frac{1}{D_1}\,d_1$
K csapágyak 2. tengelynél	$= M_1$	τ_2	4	$\frac{1}{n_1 D_2}\,d_2$

2. ábra. Anyagköltség megállapítása egyszerű fogaskerék áttételnél.


15 %
15%
15 %
13,5%
100%
90
80
70
60
50
40
30
20
10
szerelés
megmunkálás
anyag
50%
50%
45%
50%
35%
31,5%
35%
35%
Összköltség = 100%
Összköltség = 96,5 %
Összköltség = 95 %
Összköltség = 90,5%
eredeti megoszlás
10%-os anyagmegtakarítás
10%-os megmunkálási megtakarítás
10%-os szerelési megtakarítás

3. ábra

ANYAGMEGTAKARÍTÁSI LEHETŐSÉGEK MEZŐGAZDASÁGUNK GÉPESÍTÉSÉNÉL

RÁZSÓ IMRE lev. tag

Mezőgazdaságunk gépesítésénél anyagmegtakarítási lehetőségek többféle módon jelentkeznek:

1. A gépekbe épített szerkezeti anyagokkal kapcsolatosan.
2. A gépek üzemeltetéséhez szükséges üzemanyagfelhasználásnál.
3. A gépek alkalmazása révén a mezőgazdasági terményekben előálló, egyébként veszendőbe menő értékes termények, anyagok megtakarításának formájában.

Ami az első kérdést illeti, az általános szerkesztési és anyagmegválasztási elveken túlmenően, amelyekre Vörös professzor előadásában részletesen kitért, érdemes megvizsgálni, hogy a mezőgazdaság gépesítésének alapját nyujtó. tehát döntő szerepet játszó traktorok esetében, a járószerkezet kialakítása milyen módon befolyásolja a traktorokba épített szerkezeti anyagok mennyiségét.

A Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet a folyó évben különböző rendszerű és nagyságú lánctalpas, kapaszkodós-vaskerekes és ballongumi-abroncsozású traktorokkal végzett pontos fékkocsis méréseket kötött gyeptalajon, középkötött gabonatarlón, homokos talajú gabonatarlón és részben frissen szántott homokos talajon is. E vizsgálatok eredményei alapján készült el az I., a II. és a III. táblázat. Egyes hiányzó adatokat, amelyekre vonatkozóan saját méréseink nem voltak, a szovjet irodalomban rendelkezésre álló adatokból pótoltunk. A táblázatok összeállításánál az anyaggazdálkodási kérdések kellő kiértékelhetőségét tartottuk szem előtt.

Amint az első táblázatból kitűnik, lánctalpas traktorok esetében 37 és 50 lóerős, vaskerekes és ballongumis traktorok eseténél pedig 32 és 50 lóerős egységek szerepeltek a kísérleteknél, illetve az összehasonlításnál. A megadott lóerők a valóságban mért fékpadi motor-lóerőt jelentik. Az első rovat adatai mutatják, hogy az egy motor-lóerőre eső gyártási súly a korszerű lánctalpas traktoroknál a gép nagyságától függetlenül 95 kg, míg a vaskerekes traktoroknál a régebbi típusú szántótraktorok esetében 75 kg, a könnyebb építésű újabb traktoroknál 62 kg. Ugyanezen értékek ballongumis egységeknél 72, illetve 60 kg. Ezek szerint a motor-lóerőnként beépített súlyt tekintve, a lánctalpas traktorok kedvezőtlenebbnek látszanak anyagfelhasználási szempontból.

Másképpen alakul azonban a kép, ha a vontatási hatásfokokat is figyelembe vesszük. Ezt a második rovat adatai tüntetik fel. Az itt szereplő adatok minden esetben olyan értékek, amelyekkel átlagosan számolni lehet. Kiugró értékeket nem vettünk figyelembe. Ugyancsak mellőztük azoknak az adatoknak a figyelembe vételét is, amelyek olyan sebességek mellett adódtak, amelyekkel a szántóföldön dolgozni általában már nem lehet.

A különböző terepviszonyok mellett adódó vontatási hatásfokokat tekintve, az 1 vonóhorog-lóerőre eső — azaz a terepen hasznosítható 1 lóerőre eső — traktorsúlyok már egészen másként alakulnak, mint azt a 3. rovat adatai mutatják. A kerekes traktorok itt már csak a kedvező gördülési és kapaszkodási lehetőségeket nyujtó kötött talajon vannak némi előnyben, középkötött talajon általánosságban már a lánctalpasok adatai kedvezőbbek, különösen ha figyelembe vesszük, hogy a könnyű építésű kerekes traktorok, mint a későbbiekből kitűnik, szántásra kevésbbé látszanak alkalmasnak. Laza jellegű, vagy frissen művelt talajon a lánctalpas traktorok fölénye ilyen szempontból is elvitathatatlan.

A mezei munkáknál azonban az sem mindegy, hogy a hasznosítható teljesítményben a vonóerő és sebesség milyen arányban szerepel, hiszen nyilvánvaló, hogy egy bizonyos sebességen felül terepen már egyáltalában nem tudunk tartósan dolgozni, — ez a határ szállításnál pl. 8—10 km/óra értékre tehető, — de a legtöbb munka jóminőségű elvégzése alacsonyabb sebességhatárokat kíván meg. A 4. rovat ennek megfelelően az egyes traktorokkal kb. 3,5 km/óra sebességnél elérhető legnagyobb vonóerőre vonatkoztatott fajlagos traktorsúlyokat tünteti fel. (A 3,5 km/óra sebesség ugyanis az alsó sebességhatárnak tekinthető.) Látható, hogy a lánctalpas traktoroknál az adatok különböző terepviszonyok mellett alig mutatnak ingadozást, a kerekes traktorok azonban csak kötött talajon szolgáltatnak kedvező adatokat. Más terepen 1000 kg hasznos vonóerőt csak jóval több anyag felhasználásával állíthatunk elő velük, mint lánctalpas egységek alkalmazása esetében.

Meg kell jegyezni azt is, hogy a *-al jelölt adatok esetében a maximális vonóerő már a sebességtől függetlenül alakul, mivel annak a kapaszkodási viszonyok — adhéziós tényező — szabnak határt. Azaz a vonóerő a sebesség csökkentésével sem volna fokozható! Különösen így van ez a könnyebb építésű és nagyobb motorteljesítményű kerekes traktoroknál. Azt jelenti ez, hogy az 50 lóerő körüli kerekes traktoregységek még elfogadható eredménnyel csak erősen kötött terepen dolgozhatnak, mindenütt másutt csak rosszul használhatók ki, mert a kerekes járómű-rendszer a viszonylag nagy motorteljesítmény átvitelét a vonóhorogra csak korlátolt mértékben teszi lehetővé.

Az 5. rovat adatai azt tüntetik fel, hogy a különböző járó-szerkezetű traktoroknál, különböző vontatási viszonyok mellett 1 motor-lóerőből hány kg vonóerő állítható elő, ismét csak a 3,5 km/óra alsó sebességi határt választva alapul. Látható, hogy a lánctalpas rendszer itt minden körülmények között határozott fölényben van, és az egyes értékek itt is alig mutatnak ingadozást. A kerekes-rendszernél a *-al jelölt maximális értékek — úgy, mint a fentiekben — szintén a sebességtől függetlenek és az adhézióból adódnak.

Az üzemanyagfelhasználásra a traktor járószerkezetén kívül a traktorba épített motor rendszere gyakorolt befolyást, az üzemanyagfelhasználást befolyásoló egyéb tényezőket, mint pl. motorkihasználást stb. mindig azonos-

nak, mégpedig mindig a legkedvezőbbnek feltételeztük. A II. táblázatban ilyen szempontból a különböző járó-szerkezetű traktorok esetében még a szóba kerülhető különféle motorszerkezeteket is számításba vettük. — A táblázat adataiból üzemanyagfelhasználási vonatkozásban a Diesel-motoros lánctalpas traktor óriási fölénye tűnik ki.

Az ország kereken 9 750 000 kat. h-at kitevő szántó területéből mintegy 2 150 000 kat. h, azaz 22% határozottan laza jellegű talaj (homok- és láptalaj), 5 330 000 kat. h, azaz 55% középkötött vályog és 2 270 000 kat. h, azaz 23% pedig kötött és erősen kötött agyag és szikes. Az évelőkkel borított mintegy 600 000 kat. h évenként nem művelt terület levonásával tehát kereken 9 150 000 kat. h szántó rendszeres évi művelésével kell számolni. Ha számba vesszük az összes olyan szántóföldi munkákat, amelyek nem igényelnek különleges sorművelő traktorokat — mint pl. a kapálás és növényvédelem — és ezeket megfelelő átszámítási kulccsal mind a középkötött talajon 20 cm mélyen végzett 1 kat. h szántás munkaértékére átszámolva fejezzük ki (1 szántási egység), akkor számításunk szerint az ország szántó-területén elvégzendő összes ilyen jellegű munka kereken mintegy 31 700 000 szántási egységnek felel meg. Ebből középkötött és kötött, ülepedett talajon mintegy 10 495 000, illetve 6 990 000 szántási egységnek megfelelő munka történik, laza jellegű, de ülepedett talajra 3 720 000 szántási egység esik, míg a többi 10 495 000 szántási egységnek megfelelő munka mind frissen művelt, tehát mesterségesen fellazított talajon zajlik le. Már pedig, ha a traktorokkal nemcsak szántani és tárcsázni akarunk, akkor ezekkel a munkákkal is számolni kell.

A III. táblázat adatai azt tüntetik fel, hogy a különböző motorrendszerrel ellátott, különböző járószerkezetű traktorok esetében, a különböző munkafeltételeknek megfelelően elméletileg mennyire tehető a teljes üzemanyagfogyasztás, teljes gépesítettséget feltételezve, és figyelembe véve azt, hogy egy szántási egység elvégzése elméletileg kereken 17 lóerő-óra mechanikai munkát igényel. Látható, hogy a különböző kombinációk esetében üzemanyag-felhasználásban óriási különbségek lehetnek. Ezek a számok a valóságban természetesen nagy mértékben módosulhatnak, de az egyes traktor-rendszerek közötti arány ilyen vonatkozásban mindenesetre érvényesnek tekinthető.

A traktorokba épített szerkezeti anyagok súlyát tekintve tehát a lánctalpas rendszer, az üzemanyagfelhasználást tekintve pedig a Diesel-motoros lánctalpas traktor van döntő fölényben. A két szempont közül kétségtelen az utóbbi, az üzemanyagfelhasználás a döntőbb, mert míg a gépekbe épített szerkezeti anyagok mennyisége csak egyszer, illetve ritkán jelentkező tétel, az üzemanyagfelhasználásban elérhető megtakarítás állandóan érvényesülő tényező.

Ha az egész traktorkérdést csak anyaggazdálkodási szempontok szerint bírálnók el, az előadottak alapján a kérdés eldöntése nem is lehetne vitás. A lánctalpas rendszernek azonban, sajnos, van egy el nem hanyagolható hát-

ránya, mégpedig az, hogy homokon vagy kvarctartalmú homokos talajokon a lánctalpas járó-szerkezet aránylag gyorsan elhasználódik, és ennek pótlása a munka önköltségét jelentős mértékben emeli. A lánc elhasználódása ugyan számottevő anyagfelhasználást nem jelent, mert csak a használat közben elkopott anyagmennyiséggel és az újragyártásnál fellépő anyagfelhasználással kell számolni, s ez nem jelentős, azonban a költségek emelkedése és a járószerkezet felújításával kapcsolatos munkaidő-kiesés számottevő tényezők. Ezeket a kérdés dialektikus vizsgálatánál elhanyagolni helytelen volna, de nem is lehet. Ennek a komplex problémának a tisztázása azonban már nemcsak műszaki és agronómiai, hanem gyártástechnológiai és főként közgazdasági megfontolásokat is igényel. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a munkabérben jelentkező költségtényezők más súllyal veendők tekintetbe a kérdés elbírálásánál, mint az üzemanyagfelhasználással kapcsolatos kiadások. Kenőolaj tekintetében a Diesel-motor kétségtelenül igényesebb az olaj minőségét illetően, viszont olajfelhasználás szempontjából a legkedvezőbb.

Ami a gépek alkalmazása révén mezőgazdasági terményekben elérhető megtakarítást illeti, erre sok példa hozható fel. Így elsősorban komoly megtakarítást jelent a vetőgépek alkalmazása a kézi vetéssel szemben, amennyiben az agrotechnikai követelményeknek jobban megfelelő gépi vetés mellett 20—25%-kal kevesebb vetőmagfelhasználás mellett is biztosítani lehet a kívánatos sűrűségű növényállomány kifejlődését, sőt az eredmény még terméstöbbletben is jelentkezik. Ha figyelembe vesszük még azt, hogy a vetőmagfelhasználást a vetés időpontja is befolyásolja, mert ha később végezzük pl. az őszi gabonák vetését, akkor fokozatosan mindig több és több vetőmagot kell felhasználni ahhoz, hogy a kívánatos sűrűségű növényállomány a kedvezőtlenebb kelési és fejlődési viszonyok mellett is elérhető legyen, kitűnik, hogy a gépesítéssel elérhető anyagfelhasználás még azáltal is fokozódik, hogy a vetést traktoros egységekkel kedvező időben végezhetjük el. Hogy ez nagyságrendileg mit jelent, tájékoztatásul szolgáljon az, hogy pl. őszi búzánál korai vetés esetében 80 kg vetőmag is elegendő kat. holdanként, míg elkésett vetésnél ez a mennyiség 120—130 kg-ra is emelkedhetik.

A vetést megelőző vetőmagtisztítás is mindenkor anyagmegtakarítást eredményez, mert a vetőmagtisztítás révén azok a törött vagy gyengébb csíraképességű, fejletlenebb szemek, amelyek a földbe kerülve úgyis csak veszendőbe mennének, megtakaríthatók. Az így elérhető megtakarítás minden mázsa vetőmag esetében legalább 6—8 kg-ra tehető.

A Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet által két éven keresztül folytatott, igen kiterjedt kísérletek és mérések eléggé tisztázták, hogy a kézi aratással szemben a különböző gépi módszerek, főképpen pedig az arató-cséplő gépek alkalmazása milyen szemmegtakarítást jelenthet. Kat. holdanként átlagosan legalább 30—50 kg szemtermés megtakarításával számolhatunk bármelyik gépi módszer alkalmazása mellett, a kézi aratáshoz képest még igen kedvező

körülmények között végzett aratás esetében is; de ez a mennyiség a körülmények kissé kedvezőtlenebb alakulásánál könnyen 80—100 kg-ra emelkedhet, sőt még ezt az értéket is jelentősen meghaladhatja.

A folyó évben burgonya-arató gépekkel lefolytatott kísérletek azt a meglepő eredményt hozták, hogy a korszerű burgonya-arató gépek alkalmazása nemcsak emberi munkaerőben jelent számottevő megtakarítást, hanem a géppel végzett munka minőségileg is lényegesen jobb. Kevesebb gumó marad a talajban a gépi, mint kézi szedés esetében, nem is beszélve arról, hogy a gép a gumókat gyakorlatilag egyáltalában nem sérti meg, ellentétben a kézi szedéssel, ahol a kapa sok gumósérülést okoz, aminek következtében a sérült gumók megrothadása révén ismét csak érzékeny veszteségek keletkeznek. A sérülésekből származó kárt nem is számítva, csak a gumókban közvetlenül elérhető megtakarítás kat. holdanként legalább 2—3 mázsát jelent.

Nagy fontosságot kell tulajdonítanunk a kukorica-aratás gépesítésének is, mert a kukoricaszár időben történő betakarítása és besilózása révén igen jelentős mennyiségű takarmánytápanyag takarítható meg. Az ilyen irányban folytatott vizsgálatok szerint a szeptemberben betakarított kukoricaszár emészthető fehérjetartalma mintegy 1,5—1,6%; november végén azonban ez az érték már 0,1% alá süllyed. Ha tehát az erjedésnél előálló fehérjeveszteségeket tekintetbe véve csak 1% fehérjetartalom megmentésével számolunk, ez 22 millió mázsára tehető kukoricaszár-termésünk mellett 22 millió kg emészthető fehérje megtakarítását jelentené, ennyi emészthető fehérje pedig kb. 2 200 000 mázsa búzakorpa fehérjetartalmának felel meg. A késedelmes betakarítás folytán a keményítőértékben előálló veszteség még érzékenyebb: 100 kg-ként mintegy 12 kg-ra tehető. Ez a teljes kukoricaszár-mennyiségre átszámítva ismét csak óriási értékek megtakarítási lehetőségére utal.

Ha a pillangósvirágú takarmánynövények szénakészítésénél már általánosan alkalmazhatnók a bevezetni tervezett korszerű rendrakó gereblyéket, az e réven biztosított kedvezőbb szárítási feltételek mellett elérhető megtakarítás emészthető fehérjében a vizsgálatok tanusága szerint legalább 1,75 kg volna minden 100 kg pillangós szénánál. Az így elérhető megtakarítás országos átlagban mintegy 26,4 millió kg emészthető fehérjére becsülhető, tehát annyira, amennyi körülbelül 2,65 millió mázsa korpában van.

Ezek a felsorolt adatok azt bizonyítják, hogy a korszerű mezőgazdasági gépek alkalmazása sok esetben igen jelentős anyagmegtakarítással is jár, nem beszélve a gépeknek a munkaerő-megtakarításban és a termésátlagok fokozásában mutatkozó egyéb előnyeiről.

Az előadottak alapján a következő javaslatokat ajánlom megfontolásra:

1. A hazai viszonyaink között legcélszerűbben alkalmazható traktortípus kérdésének eldöntésére a Magyar Tudományos Akadémia felügyelete alatt mezőgazdasági gépészeti, agronómus, gyártástechnológus és közgazdasági szakemberekből álló komplex bizottság alakítandó, amelynek feladata volna, hogy

A gépesített szántóföldi

Megnevezés / Az elvégzendő munka		Lánctalpas traktor								
		Diesel		Izzófejes		karburátoros motor				
						benzin		petróleum		
		üzemanyag-felhasználás								
hol történik?	mennyisége szántási egységben kifejezve	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási
Kötött talajon	6 990 000	4,66	32,57	6,2	43,34	6,45	45,09	7,25	50,68	5,9
Középkötött talajon ...	10 495 000	4,66	48,91	6,2	65,07	6,45	67,69	7,25	76,09	7,1
Laza talajon	3 720 000	4,8	17,86	6,4	23,9	6,6	24,55	7,4	27,52	7,9
Frissen művelt talajon .	10 495 000	5,5	57,72	7,05	73,99	7,35	77,14	8,25	86,58	10,2
Összesen	31 700 000		157,06		206,30		214,47		240,87	

nkák üzemanyag-igénye

	Vaskerekes traktor						Ballongumis traktor							
	Izzófejes		Karburátoros motor				Diesel		Izzófejes		Karburátoros motor			
			benzin		petróleum						benzin		petróleum	
	üzemanyag-felhasználás						üzemanyag-felhasználás							
	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg	1 szántási egységre kg	összesen millió kg
0	7,65	53,47	7,9	55,22	8,9	62.21	5,5	38,44	7,05	49,28	7,35	51,38	8,25	57,67
4	9,2	96,55	9,35	98,13	10,7	112,3	7,15	75,04	9,2	96,55	9,35	98,13	10,7	112,3
7	10,2	37,94	10,6	39,43	12,0	44,64	7,9	29,38	10,3	38,31	10,7	39,80	12,0	44,64
1	13,2	138,5	13,6	142,7	15,3	160,5	8,9	93,40	11,5	120,7	12,0	125,9	13,4	140,6
1		326,46		335,48		379,65		236,26		304,84		315,21		355,21

az immár rendelkezésre álló adatok alapján a kérdést minden vonatkozásban megvizsgálva, javaslatot tegyen.

2. Ugyancsak a Magyar Tudományos Akadémia felügyelete alatt az összes érdekelt tényezők bevonásával bizottság vizsgálja meg és tegyen javaslatot arra nézve, hogy a mezőgazdaság gépesítésének üteme milyen rendszabályokkal volna meggyorsítható.

1. táblázat.

Traktortípus			Lánctalpas		Vaskerekes kapaszkodós		Ballongumis	
Motorteljesítmény	LE		37	50	32	50	32	50
1 motorlóerőre eső gyártási súly	kg/N_e		95	95	75	62	72	60
Vontatási hatásfok	η_v %	a	74		60		65	
		b	74		50		50	
		c	72		45		45	
		d	65		35		40	
1 vonóhorog lóerőre eső gyártási súly	kg	a	128		116	103	110	93
		b	128		150	124	144	120
		c	131		167	138	160	138
		d	146		215	178	180	150
1000 kg vonóerőre eső traktorsúly $v = 3{,}5$ km/ó. sebességnél	kg	a	1620—1640		1850	1350	1950	1400
		b	1640—1680		1960	2060*	2400*	3000*
		c	1660—1680		2460*	2650*	2400*	3160*
		d	1720—1780		2460*	2600*	—	—
1 motorlóerőre eső vonóerő $v \approx 3{,}5$ km/ó. sebességnél	kg	a	57—59		41	46	39	43
		b	57—58		39	30*	31*	21*
		c	56—59		32*	24*	31*	19*
		d	53—55		31*	24*	—	—

a: kötött talajon
b: középkötött talajon
c: laza talajon
d: frissen művelt talajon

* jelölt értékek a sebességtől függetlenül az adhézióból adódnak.

II. táblázat.

1 VONÓHOROG-LÓERŐÓRÁRA ESŐ FAJLAGOS FOGYASZTÁS (GRAMM)

Megnevezés		Lánctalpas traktor					Vaskerekes kapaszkodós traktor					Ballongumi-abroncsos traktor				
		vontatási hatásfok	Diesel-motor	izzófejes motor	karburátoros motor		vontatási hatásfok	Diesel-motor	izzófejes motor	karburátoros motor		vontatási hatásfok	Diesel-motor	izzófejes motor	karburátoros motor	
					benzin	petróleum				benzin	petróleum				benzin	petróleum
A motor fajlagos fogyasztása g/LEó.		—	210	270	280	315	—	210	270	280	315	—	210	270	280	315
1 vonóhorog-lóerőórára eső fajlagos fogyasztás (gr)	Kötött talajon	0,74	284	365	378	426	0,60	350	450	466	526	0,65	323	415	431	485
	Középkötött talajon	0,74	284	365	378	426	0,50	420	540	550	630	0,50	420	540	550	630
	Laza talajon	0,72	292	375	388	437	0,45	467	600	622	701	0,45	467	600	622	701
	Frissen művelt talajon	0,65	323	415	431	485	0,35	600	772	800	900	0,40	525	675	700	787

GŐZKAZÁNOK ÉS TÜZELŐBERENDEZÉSEK KORSZERŰ TERVEZÉSE

LINDNER ISTVÁN gépészmérnök

Az elhangzott előadás kiegészítéseképpen a hozzászólás a géptervezés egyik különleges ágában, a gőzkazánok és tüzelőberendezések tervezésében elérhető anyagtakarékossággal kíván foglalkozni.

A kérdés azért is időszerű és fontos, mert ötéves tervünk folyamán sok gőzkazánegység készül, úgyhogy az elérhető anyagmegtakarítás a terv sikeres végrehajtását kedvezően segítheti elő.

A kérdés tárgyalásakor a tulajdonképpeni gőzkazánt, vagyis a gőzkazán belső nyomásnak kitett alkatrészeit a többi alkatrésztől külön kell választani. Ezeknek a nyomás alatti alkatrészeknek a súlya korszerű gőzkazánoknál a teljes gőzkazán és a tüzelőberendezés vasalkatrészei súlyának csupán körülbelül 20—25%-a. Az erre a célra felhasznált anyag a nagy igénybevétel és a gőzkazánüzem veszélyességére való tekintettel különleges minőségű, a nagyobb hőfokú alkatrészeknél részben molibdénnel és krómmal ötvözött anyag. Az elérhető megtakarítás tehát ötvözött anyagokkal való ellátásunkat és minőségi anyaggyártásunkat hivatott tehermentesíteni.

A gőzkazánüzem veszélyessége és az idők folyamán előfordult gőzkazánrobbanások arra ösztönözték a kutatókat, hogy a gőzkazánok alkatrészeiben ellépő igénybevételek számítására megfelelő módszereket dolgozzanak ki. Ez a munka ma már be van fejezve, úgyhogy a gőzkazán-szerkesztők a fellépő erőket már az illető alkatrész tervrajzából megbízhatóan tudják számítani. A fellépő erők ismeretében a szükséges falvastagságok megállapítása egyszerű, ha a választott anyag megengedett igénybevétele ismeretes. Gőzkazánok nyomás alatti alkatrészeinek méretezésekor a választott anyag üzemi hőfokon mért folyáshatár értékének a biztonsági tényezővel csökkentett hányadát szokásos megengedett igénybevételnek venni. Ennek a biztonsági tényezőnek a helyes megválasztása egyelőre a szerkesztőre van bízva, és az errevonatkozó gyakorlat nagyon különböző. Az előfordult biztonsági számok (2,0—1,5-szörös között) változnak, ami azt mutatja, hogy ugyanannak az alkatrésznek a súlya 2-szeres biztonsággal számolva, éppen 33%-kal nehezebb, mintha 1,5-szörös biztonsággal számították volna.

Ezen a — véleményem szerint — igen jelentős hiányon csakis megfelelő szabvány mielőbbi elkészítése segíthet. Mindent el kell tehát követnünk, hogy a vonatkozó és tudomásom szerint kidolgozás alatt levő gőzkazánszabvány mielőbb érvénybe lépjen. Ennek a szabványnak tartalmaznia kell a gőzkazán-alkatrészekben fellépő igénybevételek számításán kívül a gőzkazánok céljaira alkalmas anyagok összes jellemző tulajdonságait. Elő kell írnia az üzembiztonság veszélyeztetése nélkül választható legkisebb biztonsági tényezőket, de ezen előírásokkal együtt nagyon gondosan elő kell írnia az egyes anyagok minőségi

átvételének részletes utasítását is, különben a kisebb biztonsággal méretezett alkatrészek nem kifogástalan anyagból kerülhetnek felhasználásra, és veszélyeztetik az üzemet.

Azt hiszem, hogy a kötelező érvényű szabvány megjelenése és a felhasználandó anyagok gondos minőségi átvételének rendszeresítése után, a jelenleg használatos biztonsági tényezők csökkentése következtében, a gőzkazánokhoz felhasznált minőségi és ötvözött anyagok súlyát tetemesen csökkenteni lehet.

Csökkenteni lehet továbbá a gőzkazánok nyomás alatt levő alkatrészeinek súlyát azáltal is, hogy a gőzkazánok fűtőfelületeit a jelenleg szokásos csőveknél kisebb átmérőjű csövekből készítjük. A kisebb átmérőjű cső falvastagsága azonos biztonság mellett ugyanazon belső nyomásra kisebbre adódik Ugyanolyan külső felületű cső súlya tehát kisebb lesz. Ezen a közvetlen súlycsökkenésen kívül még egy előnye van a kisebb átmérőjű csőből készített fűtőfelületnek éspedig az, hogy egyébként azonos körülmények (ú. m. gázsebesség, hőfok-különbség) között nagyobb a fajlagos melegfelvétele. Kisebb átmérőjű kazáncsövek használatánál tehát két okból csökken az azonos teljesítményű fűtőfelület súlya: először, mert a fűtőfelület nagysága másodszor, mert a fűtőfelület felületegységére jutó súlya csökken. A gőzkazánokhoz felhasznált anyagokkal való takarékosság követelménye szükségessé teszi tehát, hogy régebbi kazánszerkezeteinket azoknak ismételt felhasználása előtt lehetőleg kisebb csőátmérőjű szerkezetekre alakítsuk át.

A gőzkazánok fűtőfelületei a tüzelőanyag elégetésekor felszabaduló meleget sugárzás és érintkezés által veszik fel. A sugárzás folytán felvett melegmennyiség rendszerint sokszorosa az azonos körülmények között érintkezéssel átadható melegmennyiségnek. Nagyobb teljesítményű gőzkazánjaink szerkesztésénél a besugárzott fűtőfelületek nagyobb fajlagos teljesítményét ki is használjuk, de szükséges volna az így elérhető anyagmegtakarítást kisebb kazánegységek tervezésénél is hasznosítani és ezeknél a kisebb teljesítményű egységeknél is lehetőleg nagy besugárzott fütőfelületeket alkalmazni. Ez a körülmény más szóval azt mondja, hogy az eddig használt ilyen gőzkazánszerkezeteinket ismételt felhasználásuk előtt lehetőleg meg kell változtatni.

Az előbbiekben röviden vázolt módszerek rendszeres alkalmazásával, véleményem szerint, a gőzkazánok nyomás alatti részeinek anyagszükségletében jelentős megtakarítások érhetők el.

A gőzkazánok nyomás alatti részeit minden esetben vasszerkezeti állványzatra függesztik fel. Nagyobb gőzkazánegységeknél ez az állványzat hordja a teljes kazánbefalazás súlyát is. Az állványzatot tehát a gőzkazán vízzel telt súlyának és a falazat súlyának megfelelő hordképességűre kell készíteni. Ezek a terhelések igen tetemesek. Egy óránként 50 tonna gőzt termelő gőzkazán vasszerkezeti állványának 1000 tonna súlyt kell hordoznia. Ennek a terhelésnek megfelelően az állványzat vasszerkezetének súlya is tetemes, kb. 135 tonna, vagyis a kazán és a tüzelőberendezés vasalkatrészei súlyának mintegy 30—35%-a.

A felhasznált anyag ugyan kereskedelmi minőségű hengerelt áru, de éppen a felhasznált nagy súlyok itt is serkentsék anyagtakarékosságra a szerkesztőt. A felépő statikus igénbevételeket pontosan meg lehet határozni és így a szerkesztőnek módjában van, gondosan átszámított több előterv segítségével, a célnak megfelelő, de legkisebb súlyú megoldást kiválasztani. Régente a kazánszerkesztéssel foglalkozó irodákban nem volt statikus szerkesztő, így a kazánállványokat a kazánszerkesztők tervezték, és a vonatkozó számításokat a tényleges igénybevételek lehetőségig egyszerűsített megállapításával végezték. Az eredmény rendszerint túlméretezett állványzat volt.

Anyagtakarékossági szempontból feltétlenül szükségesnek tartom, hogy a gőzkazánok vasszerkezeti állványait gyakorlott statikus szerkesztők méretezzék, mégpedig a modern statikai tudomány minden eredményenek felhasználásával, lehetőleg több előterv súlyadataiból kiválasztott legkisebb súlyú megoldás szerinti elrendezésben.

A tapasztalat szerint az elmondott módszerrel igen tetemes súlymegtakarítást lehet elérni. Megemlítem például, hogy egyik kazánszerkesztéssel foglalkozó irodánk egy régebben szerkesztett 50 tonna óránkénti gőztelesítményű gőzkazán ujból gyártása előtt a kazán vasszerkezti állványzatát a fentiek értelmében átszerkesztette. Ezzel a célnak változatlanul megfelelő új állvány teljes súlyát a régebbihez képest 28 tonnával sikerült csökkenteni, ami a régi állványsúlyra vonatkoztatva kb. 20 % megtakarításnak felel meg. Egészen természetes, hogy az új állvány szerkesztésénél mindenütt, ahol csak lehetséges volt, hegesztett szerkezetet alkalmaztak.

Régebbi, de jelenleg szerkesztett gőzkazánjaink is falazott kivitelüek. Ez azt jelenti, hogy az egész gőzkazán külső burkolófelületét kb. 650 mm vastagságú falazatból képezzük ki. Ennek a falazatnak belső, kb. 250 mm vastagságú része azokon a helyeken, ahol a falazat a nagy hőfokú füstgázokkal érintkezik, nagy tűzállóságú samottból készül. A falazat többi része részben hőszigetelő tégla, részben közönséges falitégla. A felhasznált téglasúlyok igen tetemesek. Tájékoztatásul szolgáljon, hogy az előbb említett 50 tonna óránkénti gőzteljesítményű kazán teljes befalazásának, tehát a felhasznált samott-, szigetelő- és vöröstégláknak együttes súlya kereken 600 tonna.

A Szovjetunióban, mint az errevonatkozó szakirodalom tanulmányozásából tudjuk, készítenek már befalazás nélküli gőzkazánokat is. Ez úgy értelmezendő, hogy ezeknek a kazánoknak külső burkoló felülete nem az előbb említett, kb. 650 mm vastagságú fal, hanem egy sokkal vékonyabb 100—200 mm vastagságú, kitűnő hőszigetelő képességű szigetelő-anyag. Ennek a szigetelő anyagnak azonban, a rossz hővezető képességen kívül még olyan tulajdonságokkal is rendelkeznie kell, amelyek gőzkazánok burkolására alkalmassá teszik.

Az elmondott elveknek megfelelő kazánfalazási konstrukciónk még nincsen. Nincsen továbbá tapasztalatunk az alkalmazandó szigetelőanyagokkal sem. Pedig a felvetett probléma sikeres megoldása igen tetemes falazati anyagmeg-

takarítást jelentene. A kazánok befalazását tervező irodának ezzel a problémával mielőbb foglalkoznia kell, mégpedig olyan ütemben, hogy eredményeit hamarosan használhassuk.

Mint már említettem, a kazánok vasszerkezeti állványzata hordja a befalazás súlyát is. Ha sikerül a befalazás súlyát tetemesen csökkenteni, akkor a kisebb hordképességnek megfelelően a vasszerkezeti állvány súlya is tovább csökkenthető lesz.

További súlymegtakarítás lehetőségét látom a porszéntüzelőberendezések őrlőmalmainál. Ezeknek az őrlőmalmoknak a házait edddig öntöttvasból készítették. A fellépő erős ütéseknek megfelelően igen nagy falvastagságú öntvényeket alkalmaztak. Ha az őrlőmalmok házait a jövőben acéllemezekből hegesztve készítjük, akkor a rideg öntöttvasház falvastagságánál lényegesen kisebb falvastagságok is elegendők lesznek. Mivel ötéves tervünk céljaira igen sok szénportüzelésű kazán készül, már rátértünk az említett útra, és az eddig használt legnagyobb malomtípus házát acéllemezből hegesztett kivitelűre változtattuk meg. Ezt a szerkesztési munkát a lehetőség szerint a többi malom átszerkesztése fogja követni.

A gőzkazánok túlhevítőit és többi, nagy hőfokú füstgáztérben levő alkatrészeit eddigi megoldásainknál nagy hőfoknak ellenálló, nagy százalékban krómmal és molibdénnel ötvözött felfüggesztőszerkezetek hordják. Ezeknek a szerkezeteknek a súlya a gőzkazán többi vasalkatrészeinek súlyához viszonyítva ugyan nem nagy, de ötvözőelem-szükségletük az említett okból igen jelentős. Ismeretesek olyan megoldások — és ezeket a megoldásokat legújabb szerkezeteinkben alkalmazzuk is, — amelyeknél az ötvözött anyagú felfüggesztéseket ötvözetlen, gőzzel hűtött csövekből alkotott szerkezetek helyettesítik. Ilyen módon a régebbi megoldásoknak erre a célra szükségelt teljes ötvözőanyagmennyiségét meg lehet takarítani.

Szükséges tehát, hogy a régebbi kazánszerkezeteink szerinti gőzkazánok ismételt gyártása előtt ezek a felfüggesztő elemek, lehetőség szerint a fenti elvek figyelembevételével módosítassanak.

A nagy hőfokú gőzt termelő gőzkazánok — nagy hőfokú gőzön 450—500° C hőfokú és ennél nagyobb hőfokú gőzt értek — túlhevítőit és részben tápvízelőmelegítőit is molibdénnel és krómmal ötvözött acélcsövekből készítjük. Mindkét ötvőzőelem külföldi, főleg tengerentúli származású, és ezért beszerzésük külföldi valutát igényel. Az erre a célra szükséges ötvözőanyagok mennyiségét nem lehet csökkenteni, de valószínű, hogy ezeket a nehezen beszerezhető ötvözőelemeket, vagy legalább is a molibdént belföldi származású ötvözőelemmel lehet helyettesíteni. Elsősorban a molibdénnek vanadiummal való helyettesítésére gondolok, mégpedig azért, mert tudomásom szerint egyik kutatóintézetünk már ki is dolgozta azt az eljárást, amelyik lehetővé teszi a timföldgyártás melléktermékeiből vanadiumnak az előállítását. Az így nyerhető vanadiummennyiség elegendő lesz jelenlegi molibdénigényünk nagy részének helyettesítésére.

Az adott helyzetben az a véleményem, hogy szükséges volna kohászati kutatásainkat a külföldi ötvözőelemek belföldi származású ötvözőelemekkel való helyettesítésére irányítani.

Ez a helyettesítés természetesen ne befolyásolja hátrányosan az eddigi, nagy hőfokon használt, ötvözött anyagainknak a gőzkazánüzem szempontjából fontos tulajdonságait.

Ha ezek a kutatások eredményesek lesznek, akkor a gőzkazánok gyártásához szükséges ötvözőanyagok külföldi valuta szükséglete lényegesen csökkenni fog.

Az ötéves terv folyamán készülő gőzerőtelepeink túlhevítési foka 500 °C, főleg azért, mert ennél a hőfoknál nagyobb hőfokú gőz előállításához nincsen megfelelő ötvözött csőanyagunk. A későbbi tervek gőzerőtelepei fajlagos kalóriafogyasztásának csökkentése céljából szükséges volna azonban az említetnél nagyobb túlhevítésű gőzt használni. Véleményem szerint kohászati kutatásainkat az ennek a célnak megfelelő csőanyagok kikísérletezésére minél előbb meg kell indítanunk azért, hogy a szóbanforgó erőtelepek tervezésének időpontjában a használandó túlhevítési hőfok anyagának és ötvöző anyagának kérdései már tisztázva legyenek.

Közvetett anyagmegtakarítást érhetünk el továbbá azzal is, hogy az erőtelep gőzszükségletét lehetőleg nagy kazánegységekkel termeljük. Idevonatkozó számításaink azt mutatták, hogy kétszeres óránkénti gőzteljesítményű, egyébként azonos üzemviszonyokra szerkesztett gőzkazán vasalkatrészeinek súlya csak kb. 1,6-szorosa a félteljesítményű kazán súlyának.

Ha tehát azonos óránkénti gőzmennyiségeket két kazánegység helyett egy kazánnal termelünk, akkor a két kazán együttes vasalkatrészsúlyának kb. 80%-át takaríthatjuk meg.

Még egy anyagtakarékossági lehetőségről kívánok néhány szót szólni, annak ellenére, hogy ez a megtakarítási lehetőség nem annyira a gőzkazánok szerkesztését, hanem inkább azok üzemét érinti. Ez a probléma az üzemi korróziók kérdése.

Nagy kéntartalmú hazai szeneinkkel fűtött gőzkazánjaink tápvíz előmelegítőinek és léghevítőinek fűtőfelületi sok esetben, a fellépő korroziók folytán, igen gyorsan meghibásodnak. Ezért ezeket a fűtőfelületeket rendszeresen ismétlődő időközökben újakkal kell pótolni. Tájékoztatásul közölhetem, hogy egyik 50 tonna óránkénti teljesítményű gőzkazánokkal felszerelt erőtelepünk minden egyes kazánjában évenként kb. 4—5 tonna csőanyagot kell ebből az okból kicserélni. Ehhez járul még a ki- és beszerelés alatti üzemszünet okozta teljesítménykiesés.

Az említett korrozió más, hasonló üzemviszonyok között működő, de másfajta szénnel fűtött gőzkazánoknál viszont nem tapasztalható. Hogy ennek a különböző viselkedésnek mi az oka, azt egyelőre nem tudjuk. Az a véleményem, hogy megfelelő kutatómunkával a látszólagos ellentéteket fel lehetne deríteni

és a magyarázat alapján, minden valószínűség szerint, könnyű feladat a korroziók megszűntetése.

Más kazántelepeken a léghevítő vasalkatrészeinek cseréje emészt fel állandóan tetemes vasmennyiséget.

Szükségesnek tartom tehát a korroziók és a kazánok üzemi körülményei közötti összefüggések felderítésére irányuló kutatómunka megindítását és lehető gyors lefolytatását. Az eredmény igen jelentős évi vasanyagmegtakarítás lesz.

Az elmondottak alapján a következő határozati javaslatokat terjesztem elő:

1. Anyagtakarékossági szempontok is szükségessé teszik a gőzkazánok szerkesztésére, anyagára és anyagátvételére vonatkozó MNOSZ szabvány mielőbbi kiadását.

2. A kazánok befalazását tervező iroda foglalkozzék a befalazás nélküli, csupán szigetelőburkolattal ellátott gőzkazánok szigetelésének megfelelő kialakításával, beleértve a felhasználandó szigetelőanyagok kiválasztását is.

3. Kohászati kutatóintézetünk foglalkozzék a gőzkazánok ötvözőanyagául használt molibdén és króm belföldi ötvözőanyagokkal való helyettesítésével, továbbá 500° C-nál nagyobb túlhevítésű gőz termeléséhez szükséges ötvözött acélanyagok kikísérletezésével.

4. A füstgázoldali korroziók körülményeinek tisztázására indíttassék kutatómunka.

ANYAGTAKARÉKOSSÁG LEHETŐSÉGEI A GŐZGÉPEKNÉL ÉS GÁZGÉPEKNÉL

KOMONDY ZOLTÁN műegy. ny. r. tanár.

Nekem jutott az a feladat, hogy ahhoz a tervgazdálkodásunk szempontjából is igen fontos témához, amelyet a vezető előadó ismertetett, a kalorikus gépészet területéről szóljak hozzá. Nem könnyű ez a feladat, mert ezen a területen az anyaggazdálkodási problémáknak oly nagy tömege vár gyors megoldást, hogy egy ilyen rövid hozzászólás keretében mindegyikről valami érdemlegeset mondani szinte lehetetlen. Ezért a részletekbe nem bocsátkozhatom, hanem csak azokat az általános irányelveket ismertetem, amelyeken keresztül a hőerőgépekkel és a hozzájuk tartozó berendezésekkel kapcsolatos anyaggazdálkodási kérdések összefoghatók és megoldhatók. Elgondolásomat arra a régi tapasztalatra alapítom, hogy az alapvető tudományos problémák megoldásából a közösség mindig nagyobb hasznot húz, mint a konkrét, gyakorlati kérdések megoldásából, feltéve — és ez a szocialista gazdálkodásban mindig fennáll —, hogy az eredményeket az ipar teljes mértékben fel is használja. A részletek átdolgozása is hozhat természetesen jelentős eredményeket, azonban ezek nagyságrendileg kisebb jelentőségűek.

A kalorikus gépészetben megoldásra váró anyagproblémák tömeges jelentkezése annak a sajnálatos ténynek a természetes következménye, hogy a múlt iparát finanszírozó profitéhes tőke inkább vállalta a külföldi, de a mi szempontjainkból sokszor kétes értékű technikai újítások használati engedélyének licencia útján, tehát minden kockázat nélkül való megszerzését, mint a mi sajátos problémáink itthoni megoldásához szükséges összegnek a rendelkezésre bocsátását, nyilván azért, mert az utóbbi esetben az üzlethez rizikó is kapcsolódott. Ehhez még az az ellentét is hozzájárult, amely az empírián felnőtt óvatos öregeket a saját erejükben bizakodó, tudományosan képzett fiataloktól az újítások értékelése tekintetében elválasztotta és őket a tőke kritika nélküli kiszolgálóivá alacsonyította. Ezzel azután olyan ipart hagytak reánk örökségül, melynek a külföld béklyóiból való kiszabadítása és a szociális termelési rend szolgálatába való állítása csak az apró részletekig megszervezett műszaki erőkkel és a technikával sikerült. A megoldásra váró problémák bizonyos súlyponti csoportokat alakítanak ki.

Az egyik ilyen anyaggazdálkodási súlyponti csoport *hazai szeneink tüzelástechnikai problémáival* kapcsolatos. Szégyenkezve kell bevallanunk, hogy hazai szeneinket nem ismerjük és hogy a kazán-tüzelő berendezések és egyéb hasonló célú szerkezetek alakításához és méretezéséhez szükséges kísérleti adatok is teljesen hiányoznak. Már pedig a tűztér alakját, méreteit megszabni és mind a szerkezeti anyagokkal, mind a tüzelőszerrel takarékosan gazdálkodni, az eltüzelésre kerülő szénfajta fizikai és égéstechnikai jellemzőinek ismerete nélkül lehetetlen. Ezen a téren nem alkalmazhatjuk azt az előbb már említett kényelmes, de anyag- és energiagazdálkodásunk szempontjából teljesen értéktelen módszert, hogy az adatgyüjtés viszonylag költséges munkáját a külföldre bízzuk és a külföldnek ezen a téren elért eredményeit használjuk fel, mert ezeket átvenni és a mi viszonyaink között változatlanul értékesíteni nem lehet.

A másik fontos feladatunk, hogy *a tüzelőberendezések fajtáinak számát csökkentsük* és pedig azáltal, hogy gyenge minőségű szeneink gazdaságos eltüzelésének megteremtésével az egy-egy fajta berendezésben *felhasználható szénskálát kiszélesítjük*. A nemzetgazdasági és tervgazdálkodási érdekek természetesen a *teljes univerzálitásra való* törekvést diktálják, vagyis olyan tüzelőszerkezet kialakítását, amelyben a legtöbb szénfajta egyforma gazdaságossággal eltüzelhető. Ennek a célnak az elérése nyilván csak akkor sikerülhet, ha szeneink nedvesség- és hamutartalmában, továbbá a szilárd éghető részek égéstechnikai viselkedésében jelentkező lényeges eltéréseket kiküszöböljük, tehát ha a szeneket az eltüzelés előtt a szükséges mértékig kiszárítjuk, majd kíméletesen kigázosítjuk, azután a visszamaradó fixkarbont a hamu egyidejű kiolvasztása mellett elgázosítjuk, továbbá az így termelt gázt az előbbi kigázosítás termékeivel az égésnél kialakuló sugárzás növelése céljából karburáljuk és végül a gázt a kazánban elégetjük. Az ilyen tüzelés kifejlesztése nemcsak univerzális használhatóságot jelentene, hanem a kazán üzemében és főképpen súlyában is igen lényeges

megtakarításokat eredményezne. Az utóbbi körülmények olyan vas-szegény országban, mint a mienk, igen nagy súllyal esnek latba.

Ennek a — hogy úgy mondjam — eszményi tüzelőszerkezetnek kialakítása természetesen igen beható és súlyos anyagi áldozatokkal járó kutató munkát igényel. Meg lehet azonban a célt jól közelíteni már azáltal is, hogy a nem sülő, nagyobb nedvességtartalmú szeneket kiszáríthatjuk. Ilyen szénszárító kompendiózus és biztos eredményt igérő szerkezet kialakítására *Rozinek Artur* tett javaslatot, amely a laboratóriumi kivizsgálást túlhaladva, már gyakorlati kipróbálás alatt áll.

Lényeges anyagmegtakarítás remélhető a tüzelőberendezések és ipari kemencék szerkezeti anyagaiban a *láng sugárzó képességének növelése által.* A sugárzás útján átszármaztatott hő ugyanis a sugárzó közeg feketeségi fokával arányosan és abszolut hőfokának negyedik hatványával nő, míg a konvekció útján történő hőátadás a hőfoknak csak első hatványával arányos. Mivel pedig hatásosan csak a szilárd fekete test sugároz, azért a sugárzást legegyszerűbben úgy lehet intenzívebbé tenni, hogy az égéshez sugárzóképes szénhidrogéneket adagolunk, mert ezek a pirogénbomlásuk folyamán kiváló karbóniumszemcsék révén a láng sugárzó rácsát sűrűbbé teszik. Erre a célra azok a szénhidrogének a legalkalmasabbak, amelyekben a karbonium- és hidrogénatomok száma egyenlő. Ilyen szénhidrogén sugárzása a nem világító lángban a fűtőértékének csak 7%-át, míg a világító lángban, tehát akkor, ha a pirogénbomlás kifejlődhet, kereken 30%-át teszi ki. Ezzel szemben pl. a metán, amelyben a karbonium- és hidrogénatomok számaránya 1 : 4, mindkétféle lángban kb. egyforma hőmennyiséget sugároz. A kérdés felvetésével természetesen távolról sem akarom azt mondani, hogy a szenek és a nyersolaj értékes szénhidrogénjeit főképpen erre a célra használjuk fel, hiszen ezekre szerves vegyi iparunknak szüksége van, hanem csak azt, hogy az ott fel nem használható anyaggal tervszerűen gazdálkodjunk, mert a sugárzás intenzívebbé tétele új szerkezetnél a fűtőfelület csökkentését, a meglevőknél pedig a teljesítmény növelését eredményezi. Megemlítem még, hogy a koksz is igen kiváló sugárzó közeg.

Anyaggazdálkodásunkkal szintén szoros összefüggésben áll a *tápvízkérdés.* Vizeinkkel is kb. úgy állunk, mint a szeneinkkel — nem ismerjük őket. Pedig ez a nemismerés, illetve az ebből folyó nem megfelelő kezelés óvatos becslés szerint is mintegy 4 millió Ft évente megismétlődő kiadást jelent főleg anyagban és ezenkívül energiában; továbbá pénzben ki sem fejezhető anyagkárokat okoz a nagynyomású gőz használatával kapcsolatban. Az újabb, gazdaságosabb eljárások (pl. a Virbosz-féle) alkalmazása a vízlágyítók méreteinek lényeges csökkentését is lehetővé teszi. Az a körülmény, hogy a mondottak nemcsak a kalorikus gépészetben használt vizekre vonatkoznak, hanem a vegyészeti ipar vizeire is — csak súlyosbítja a kérdést.

Szinte hihetetlenül hangzik, hogy nálunk az ipari *porkárok* évi összege 100—200 millió Ft-ra rúg, nem is beszélve azokról a pénzben ki nem fejezhető

ártalmakról, amelyekkel a por a dolgozók egészségét támadja meg. Ezek a károk és ártalmak a gyengébb minőségű, tehát nagyobb hamutartalmú szénfajtáink fokozottabb felhasználásával és a nagyteljesítményű portüzeléses kazánok szaporitásával egyre növekszenek. Súlyosbítja a helyzetet még az a körülmény is, hogy hazai iparunk egyfelől korszerű porkiválasztók gyártására nincs felkészülve, másfelől a külföldön már kialakított és kipróbált szerkezeteket nem lehet minden további nélkül hazai viszonyainkra alkalmazni. A kérdés megoldását egyik kiváló tagtársunk, *Koncz István* vette kézbe és olyan multiciklont szerkesztett, amely helyes aerodinamikai kialakításánál fogva a külföldi hasonló szerkezetek hátrányait kiküszöböli és amely ultrahang bolyhosító berendezéssel még továbbfejleszthető. Ez a szerkezeti megoldás hatásfok tekintetében egyenértékű az elektromos porkiválasztóval, de lényegesen olcsóbb nála. A megejtett kalkuláció szerint egy 1,5 milliós külföldi berendezést kb. 500 000 Ft-ba kerülő Koncz-féle hazai szerkezettel lehet helyettesíteni.

További súlyos anyagproblémánk a *tüzálló kerámiai* anyagok szűk keresztmetszetéből származik. Gyorsan fejlődő iparunknak ezirányú szükségletét csak új égetőkemencék felállításával lehetne kielégíteni, de a problémát még ez sem oldaná meg, mert szakmunkásokban is hiány mutatkozik. Mindkét irányú szűk keresztmetszet tágítását lehetővé teszi olyan *tűzálló beton* kifejlesztése, amely barnaszeneink salakjai aggressziv hatásának ellentállni képes. Örömmel jelenthetem, hogy a már elvégzett tájékoztató kísérletek szerint ezen a téren is jó eredmény várható. A tűzálló beton megteremtése többek között kályhagyártásunk vas-szükségletének pótlását eredményezi amihez hathatós segítséget nyujtanak a szovjet szakirodalom erre vonatkozó közlései.

A másik probléma-csoport a *gőzgépek* területéről származik, és a gőzzel érintkezésbe kerülő szerkezeti és kenőanyagokkal áll összefüggésben. Az utóbbi természetesen csak a dugattyús gőzgépeknél jelentkezik. Ismeretes, hogy a gőzturbinák fejlődésének legutolsó szakasza már nem annyira a termodinamika, mint inkább a technológia diadala, amennyiben a szerkezeti anyagok minőségének javítása és a gyártásnak vele párhuzamos tökéletesítése által lehetővé tette az expanzió felső határának felfelé való kitolását. Az előbbi a munkafolyamat termikus hatásfokának, az utóbbi pedig a turbina termodinamikai hatásfokának lényeges javulását eredményezte. Tekintettel arra, hogy a gőzgép munkafolyamatának carnotizálásával — adott felső határ mellett — a vízgőznél a termikus hatásfok javításának utolsó lehetőségét is felhasználtuk, azt hiszem, nem túl merész az az állítás, hogy a gőzturbinák jövendő fejlődését elsősorban a technológia terén elért haladás fogja előbbre vinni. Ez a megállapítás még inkább vonatkozik a gázturbinára, mert a benne megvalósított munkafolyamat hatásfoka sokkal inkább függ az expanzió előtti hőfoktól. A hőfok növelésének lehetőségét pedig egyedül a szerkezeti anyagok hőfokálló-képessége korlátozza. Ha ez a kellemetlen hőfokkérdés az anyagokkal kapcsolatban nem állana fenn, a turbinaépítés fejlődése — véleményem szerint — valószínűleg

egészen más utakon haladt volna és majdnem bizonyosra vehető, hogy ma nem a gőz- hanem a gázturbina lenne a nagy teljesítmények megvalósítója.

A szerkezeti anyagok hőfokállósága már bennünket is érdekel, mert egyfelől a nálunk gyártásra kerülő gőzturbinákat három év óta magunk is szerkesztjük, másfelől a gázturbina kérdésével is előbb-utóbb kénytelenek leszünk foglalkozni. Az első ötéves tervünkben a gőz hőfokát a turbina előtt mérve 485—500 C° fölé nem akarjuk növelni, a következő ötéves tervben azonban már kénytelenek leszünk mi is magasabb hőfokot alkalmazni. Ezáltal azonban a turbina-anyagoknak ma is nehéz gondja még inkább súlyosbodni fog.

A gőzturbina gyártásának az anyaggal való takarékosság elvét a Lánggyár tudomásom szerint a konstrukció egész terjedelmén már generálisan végig vitte, amennyiben a súlyos gyártási nehézségeket jelentő acélöntvényeket, ahol csak lehetett, hegesztett részekkel helyettesítette, egyes részeket átkonstruált és ezzel igen tekintélyes súlycsökkentést ért el. Pl. a kondenzátor súlyát az eredeti súlynak 40%-ára sikerült csökkenteni. Tekintettel arra, hogy a jövendő energiatermelésünk eszközei legnagyobb részben a gőzturbinák lesznek, rendkívül fontos, hogy a bennük felhasználásra kerülő szerkezeti anyagokat az előírt minőségben idehaza tudjuk majd előállítani.

A dugattyús gőzgépeknél az anyagkérdés egyfelől a fordulatszám növelésével, másfelől ugyancsak a túlhevítés mértékével kapcsolatban jelentkezik. Az előbbivel közel arányosan nő a gép teljesítménye és ezen keresztül csökken annak fajlagos súlya. Az anyaggazdálkodás szempontjából tehát a fordulatszám növelése kívánatos. A fordulatszámmal azonban növekszenek, mégpedig négyzetesen növekszenek a rázó erők, ezeket viszont lehetőleg kis értékben kell tartani. Ez csak úgy sikerülhet, ha az ide-oda mozgó részek súlyát csökkentjük. Ezért ennél a gépfajtánál különösen fontos a hajtóműben az anyag szilárdságának messzemenő kihasználása és a kis fajsúlyú anyagok alkalmazása. Ez a megállapítás természetesen valamennyi dugattyús gépre vonatkozik.

A túlhevítés fokozása természetesen ennél a gépfajtánál is kívánatos. Ennek azonban nem a szerkezeti anyagoknak, hanem a kenőolajnak hőfokálló képessége szab határt. Megállapítottuk, hogy a túlhevítéssel sok esetben nem mehetünk fel az ökonomia javítása által megkívánt határig, mert nincs megfelelő hengerolajunk. Ezen a hiányosságon sürgősen segíteni kell, mert a hőfokállóbb olaj gyártásában jelentkező többletköltség az ökonomikusabb működés révén elért szénmegtakarításban és a karbantartási költségek csökkentésében sokszorosan visszatérül.

A gőzgépekkel kapcsolatban rá akarok mutatni arra a rendkívül nagyjelentőségű javaslatra, amelyet *dr. Heller László* kartárs a *légkondenzáció* gyakorlati megvalósítására vonatkozólag tett. Világszerte sajátos jelenség, hogy a fiatal barnaszén- és lignit-előfordulások vidékei rendszerint vízhiányban szenvednek és emiatt éppen azokon a helyeken nem telepíthetők nagyteljesítményű erőművek, amelyeken leginkább kívánatos volna, mert a rossz minőségű

szenek szállítása sem az erőmű, sem a nemzetgazdaság szempontjából nem gazdaságos. Már régóta kísért a gondolat, vajjon nem lehetne-e a fáradt gőz kondenzációjához szükséges hűtővizet levegővel pótolni. Az erre vonatkozó kísérletek eddig azért nem jártak eredménnyel, mert egyfelől a kisnyomású, rendkívül nagy fajtérfogatú gőznek a turbinától a kondenzátorig való szállítása nagy átmérőjű csöveket igényelt, másfelől a levegőnek, mint hűtőközegnek a használatával annak termikus hátrányait (kis fajhő, rendkívül rossz hőátadás) is át kellett venni és ezeknek a hátrányoknak a legyőzése súlyos és drága konstrukciót eredményezett. A Dr. Heller javasolta megoldás, amelyet én részletesen nem kívánok ismertetni, hiszen később úgyis tárgyalásra kerül, mindezeket a nehézségeket igen szellemesen kiküszöböli és így az erőműveknek a vízszegény vidékekre való telepítését is lehetővé teszi. Én, eltekintve attól, hogy hangsúlyozni kívánom ennek a javaslatnak nagy horderejét, azért hoztam fel, mert azáltal, hogy a felületi kondenzátort keverő kondenzátorral helyettesíti, ami lényegében nem más, mint egy bő cső, az anyaggazdálkodás terén is eredményt jelent.

Hozzászólásom körébe tartoznak tulajdonképen a *belső égésű* motorok is. Ezeknek két fajtáját különböztetjük meg: a benzingőz-levegő keverékkel dolgozó ú. n. robbanó-motorokat és a Diesel-motorokat. Mindkettőnél az anyaggal való gazdálkodásra azonos anyagminőség mellett a literteljesítmény nagysága van befolyással, ez viszont az alkalmazott kompresszióviszonyoknak és a gyorsjárásnak a függvénye. Mivel a kompresszióviszony növelése nemcsak a fajlagos súly csökkenését eredményezi a literteljesítményen keresztül, hanem a tüzelőanyagfogyasztás csökkenését is, ezért általában ennek növelésére törekszenek. A kompresszióviszony büntetlenül azonban csak a használt tüzelőanyag kompressziótűréséig növelhető, mert ezen felül az előidézett detonációs égés következtében inkább ártalmas, mint hasznos. A jó kompressziótűrésű benzinek előállítása tehát országos érdek. Sajnos, a mi benzinjeink e tekintetben elég kellemetlenül viselkednek, mert az általában külföldi származású motorokban kopogó égést eredményeznek. Örömmel kell tudomásul venni azt a javaslatot, amely benzinjeink aromatizálását és ezáltal kompressziótűrésük növelését tűzte ki feladatul. Ezáltal a tervgazdálkodásunk motorizálásának előrehaladásával viszonylag egyre szűkülő kontingensünk gazdaságosabb felhasználása válik lehetővé.

Diesel-motor gyártásunknál anyagprobléma egyelőre nem merül fel, hisz kész konstrukciónak a gyártásáról van szó. Itt inkább a megfelelő kenőolaj gyártása és előteremtése okoz gondot. Szintén örömmel állapíthatjuk meg, hogy ezen a téren az utolsó hónapok munkája rendkívül eredményes volt, és ma már nem is egy, hanem többfajta minőségi- motorolajjal rendelkezünk.

Mindkét motorfajtánál és a járómű-motorjainknál általában égetően sürgős a *dugattyúgyűrűk* kérdésének kielégítő megoldása.

A hűtőgépek és hűtőberendezések területén elmaradottságunk különösen szembetűnő. A sürgős tennivaló igen sok irányú. A kompresszorépítésben nagyon

eredményes anyagmegtakarítást jelentene az álló egyenáramú kompresszorok fordulatszámának olymértékű növelése, hogy azokat a hajtásukra szolgáló elektromotorokkal közvetlenül kapcsolni lehessen. A nagyobb hűtőteljesítmények létesítése inkább a hengerek, mint a gépegységek számának szaporításával történjék. A forgódugattyús és turbókompresszorok építése szintén tekintélyes anyagmegtakarítást jelentene. Ez alkalommal is nyomatékosan fel akarom hívni a figyelmet az *abszorpciós hűtőgépek* jelentőségére. Ez a hűtőgép-rendszer a kompresszorostól abban különbözik, hogy a hűtést nem munka, hanem külső hő felhasználása által végzi. Ezért az abszorpciós gép a tervszerű hőenergiagazdálkodásnak ma már integráns része. Ilyen gépeket a hazai ipar eddig nem gyártott, a jövőben azonban be kell a gyártásukra rendezkedni, mert abból a nagyszabású hűtő-programmból, amelyet második ötéves tervünk folyamán meg kell valósítanunk, az abszorpciós gép mind energetikai, mind anyaggazdálkodási okokból nem maradhat ki.

A hűtőberendezések terén nagy haladást jelent a *Faragó* által javasolt jéggyártókészülék, amelynek hely- és anyagszükséglete elenyészően kicsi a nálunk még általában használatban levő, ú. n. klasszikus jéggyárakéhoz képest.

A hazai hűtőgép-kondenzátor építése is újításra szorul. A meglevő rendszereink vízfogyasztása általában túlnagy és ez sok helyen már a hűtőtelep létesítését is megakadályozhatja. Tehát új rendszerű kondenzátorok alakítandók ki. Főképpen anyagtakarékossági szempontból számításba kell venni az ú. n. evaporatív-szerkezeteket, amelyek a víz rejtett hőjét is felhasználják a hűtőközeg cseppfolyósítására. A bordázott csövek alkalmazása szintén jelentékeny anyagmegtakarítást helyez kilátásba. Kísérleteket kell folytatni továbbá abban az irányban is, hogy az eddigi húzott acélcsöveket olyan ötvözetű alumíniumcsövekkel lehessen helyettesíteni, amelyek a használt hűtőközeg aggresszivitásának ellenállnak.

Külön súllyal esik latba a hűtés területén a *hőszigetelő anyagok* kérdése. A hűtőházak és egyéb berendezések falainak, továbbá a csővezetékeknek a szigetelésére nálunk kizárólag parafakő-lapokat, illetve héjakat használnak. Ezt az anyagot külföldről kell importálnunk, mégpedig dollárfizetés ellenében. A kérdés nagy horderejére való tekintettel a *Hőtechnikai Intézet* a közelmúltban pályázatot hirdetett hazai nyersanyagokból előállítható olyan szigetelőkre, amelyek a hűtőházak részére alkalmasak.

Ezzel kapcsolatban nem hagyhatom megemlítés nélkül azt a kezdeményezést, amely egy nálunk vadon termő fűféleség rendszeres termesztését javasolja. A növény selymes magpelyhe ugyanis igen jó hőszigetelőanyagnak bizonyult, és ezért valószínű, hogy azokban az esetekben, amelyekben a kis térfogatsúly és a kis hőkapacitás szerepet játszik, előnyösen felhasználható lesz. A növény ezenfelül még azért is figyelmet érdemel, mert szárrostjai közel állanak a kenderéhez, virágja kitűnő mézelő, és sovány, homokos talajon is megterem.

Végül még a *hőkicserélőkkel* foglalkozom röviden. Ezek hőátadó felülete egyébként azonos viszonyok között fordítva arányos a hőátszármaztatási

tényezővel, tehát ennek növelésével arányosan csökkenthető. A hőátadási tényező növelésére eddig általában a hőkicserélődésben szereplő közegek áramlási sebességének növelését használtuk fel. Ez az eszköz azonban abból kifolyólag, hogy az áramlást gátló ellenállások a sebesség négyzetével arányosan nőnek, olyan esetekben nem használható, amikor az áramló közeg nyomásának csökkenése tekintetében korlátozva vagyunk. Már pedig ez a követelmény a legtöbb ipari regenerátornál fennáll. Az újabb vizsgálatok szerint kis áramlási sebesség mellett is igen kedvező hőátadási tényező érhető el akkor, ha egyfelől a két közeget vékony rétegekben áramoltatjuk, másfelől a hőátadó felületnek az áramlás irányában eső hosszát folytonos megszakításokkal rövidre (1—2 mm) vesszük, mert így nem alakulhat ki a hőátadást gátló határréteg és ennek következtében konvekció nélkül is igen jó hőátadást, az eddigi értékeknek 6—8-szorosát lehet elérni. Ez az úgynevezett *termocell-rendszer*, amelynek kifejlesztése *Forgó László* kartársunk érdeme. A termocell elemekből összeállított ú. n. apró bordás hőkicserélő igen alkalmas szerkezetként kínálkozik a gőzgépek és hűtőgépek légkondenzációs berendezéseinél, továbbá a gőzturbinák és az oxigéntermelés regenerátorainak és a kaloriferekneк gyártásánál stb.

Fentiekben csak szemelvényeket ragadhattam ki az érintett területekről. Igyekeztem azonban ezekkel a szemelvényekkel egy-egy területrész általánosabb anyaggazdálkodási problémáira rávilágítani. Ezek között a problémák között, amelyek nagyrésze a Hőtechnikai Intézet kutatási programmjában már szerepel, vannak igen sürgősen megoldandó kérdések és vannak olyanok is, amelyek hosszabb-rövidebb halasztást tűrnek.

Ezért javasolom, hogy vizsgálja felül az Akadémiának erre illetékes bizottsága azokat a lehetőségeket és javaslatokat, amelyekkel az anyagfelhasználásban akár közvetve, akár közvetlenül megtakarítás érhető el és a fontossági sorrend megállapításával szorgalmazzák ezek gyakorlati megvalósítását, az esetleg még szükséges kutatások elvégzésének elrendelésével. Ha pedig magáévá teszi az Akadémia javaslatainkat, kérem, hogy szorgalmazza is azok keresztülvitelét, nehogy ezek is a pusztába kiáltott szóvá legyenek, mint a pécsi kalorikus konferencia és más egyéb konferenciák határozatai.

Javaslom továbbá, hogy az anyaggal való gazdálkodás fontossága különösképpen domboríttassék ki a gépészmérnök-képzés tananyagában, akár a meglevő tantárgyak, akár egy új tantárgy keretében — hasonlóan az energiagazdálkodáshoz.

AZ ANYAGMEGTAKARÍTÁS LEHETŐSÉGEI VASÚTI VONTATÓ JÁRMŰVEK KORSZERŰ TERVEZÉSÉNÉL

MELKUHN ISTVÁN okl. gépészmérnök

A bevezető előadás az anyagmegtakarítás sokrétű kérdéséből a géptervezésnél elérhető megtakarítás lehetőségét emelte ki, és a kérdésnek megoldását

a korszerű méretezésben és a gyártási anyagoknak korszerű kiválasztásában kereste.

Hozzászólásom a bevezető előadáson hallottak figyelembevételével kívánja az anyagmegtakarítás lehetőségeit a vasúti vontatójárművek tervezésével kapcsolatban vizsgálat tárgyává tenni, mégpedig elsősorban a gőzmozdonyokra vonatkozólag, minthogy belföldön a különféle vasúti vontatójárművek között ezek vannak legnagyobb számban forgalomban, és ezekből szerzünk be, illetve gyártunk legtöbbet.

Mivel a járművek szerkezete és a járművek gyártásához felhasznált anyagok kiválasztása üzemi és fenntartási szempontból is elbírálandó, az anyagmegtakarítás kérdése közös kérdése a gyártó iparnak és az üzembentartó vasútnak. Az anyagmegtakarítás lehetőségeit ezért mindkét szempont összeegyeztetésével indokolt tárgyalni, sorravéve a gőzmozdonyoknak azokat a részeit, amelyeknél anyagmegtakarítás lehetséges.

Nagyobb szilárdságú lemezek alkalmazása mozdonykazánoknál

A gőzmozdony kazánjai belföldön általánosságban 35 kg/mm² szakító szilárdságú acéllemezekből készülnek, de egyes mozdonyokhoz hengerkazánlemezeket, valamint állókazánköpenylemezeket kísérletképpen nagyobb szakító szilárdságú acéllemezekből is gyártanak. *A nagyobb szakító szilárdságú acéllemezek alkalmazását, legalább is a hengerkazánoknál* rendszeresíteni lehetne, mind az újonnan készülő kazánoknál, mind a felújításra kerülő kazánoknál is

Ha pl. a hengerkazán átmérője 1740 mm, üzemi nyomása pedig 14 kg/mm², akkor ha 35 kg/mm² szakító szilárdságú acéllemez helyett 47 kg/mm² szakító szilárdságú lemezt alkalmazunk, a lemez vastagsága 16 mm helyett 14 mm lehet. A megtakarítás ebben az esetben 12,5%-a 16 m vastagságú lemez súlyára vonatkoztatva.

Hegesztéssel készült varratok alkalmazása mozdonykazánokon

A hegesztés alkalmazása a kazánépítésben mindinkább terjed. Belföldi mozdonyokon már kb. 4 évtizeddel ezelőtt alkalmzatak jó eredménnyel vízgázzal hegesztett hengerkazánöveket. Később mégis a szegecselt övekre kellett visszatérni, minthogy vízgáz előállítására szolgáló berendezések nem állottak többé rendekezésre.

Külföldi mozdonyokon ma nemcsak a hengerkazánövek, hanem az állókazánok és a tűzszekrények is hegesztéses varratokkal készülnek. A szegecselt varratok az ilyen kazánokon csupán az álló- és a hengerkazán, továbbá a hengerkazánövek összeerősítésénél maradnak meg. Kísérletek történtek arra, hogy a tűzszekrényhez való erősítés kivételével, valamennyi varrat hegesztéssel készüljön.

A hegesztéses varratok alkalmazásával anyagot lehet megtakarítani a lemezátlapolások, a hevederlemezek és a szegecsek elmaradása révén. De megtakarítások jelentkeznek a kazánok gyártásakor a kézi és gépi munkában, valamint a felhasznált energiában is.

A kazán üzemi költségeiben, valamint fenntartási költségeiben szintén lehet számolni megtakarítással, mert jól sikerült hegesztés esetén a kazánvarratai tömörnek tekinthetők, üzemi megfolyósodásoktól nem kell tartani.

További anyagtakarításra nyújt lehetőséget a hegesztéses varratok jósági fokának kedvezőbb értékelhetősége. A jósági fokot ma általánosságban nem veszik jobbnak, mint a szegecselt varratoknál, de a hegesztési munka tökéletesítésével, valamint a vizsgálati módszerek fejlődésével el lehet majd érni, hogy a jósági fok hegesztés esetében a szegecselt varraténál jobb minőségűnek legyen tekinthető. Ennek alapján a lemezeket, legalább is a hengerkazánoknál, vékonyabbra lehet majd méretezni.

A nagyobb szakító szilárdságú lemezek alkalmazásával, a varratok hegesztésével és a varratok jósági fokának kedvező értékelésével könnyebb mozdonykazánokat lehet majd készíteni, mint eddig. Ennek az anyagmegtakarításon kívül még az az előnye is meg lesz, hogy az eddiginél nagyobb teljesítményű kazánokat lehet a mozdonyokra elhyezni. A mozdonyok teljesítményének ily módon való növelése nemcsak új tervezésű mozdonyokon vihető keresztül, hanem azokon üzemi mozdonyokon is, amelyeknek kazánja cserére szorul.

Tekintettel a kazánok varratainak hegesztésével járó előnyökre a hegesztett kazánokkal folyó belföldi kísérleteket indokoltnak látszik kiszélesíteni. Ha ezek a kazánok az üzemben beválnak, akkor a hegesztéses varratok alkalmazását általánosítani lehet.

Különös jelentősége van a hegesztésnek lemezes tűzszekrények gyártásakor, ha azok vörösréz helyett acélból készülnek. Az acélnak a vörösréznél rosszabb hővezető képessége miatt, az acéltűzszekrények lemezei jobban felmelegednek. A felmelegedés csökkentése érdekében a lemezek vastagságát addig a mértékig célszerű csökkenteni, ameddig az szilárdsági és szerkezeti szempontból lehetséges. Külföldi mozdonyokon a köpeny- és a hátfal-lemeze 10 mm vastag, a csőfal-lemeze pedig 15 mm vastag szokott lenni. A lemezek varratai majdnem minden vasútnál hegesztéssel készülnek. Ha ugyanis a hegesztéses varratok helyett átlapoltan szegecselt varratok volnának, akkor az átlapolások helyén nagyobb mértékű felmelegedés következnék be, s ez a tűzszekrény meghibásodására vezetne.

A belföldi mozdonyok acéllemezes tűzszekrényei a lemezek vastagsága tekintetében eltérnek a külfödiekétől, 2 mm-rel vastagabbak. Ezt a vastagítást nemcsak anyagtakarékosság szempontjából, hanem a lemezek felmelegedésének csökkentése érdekében is el kellene kerülni.

Az acéllemezes tűzszekrények hegesztése belföldi mozdonyokon nem álta-

lános. Külföldi példákra támaszkodva azonban mind az új gyártású, mind az olyan mozdonyokon, amelyeknek tűzszekrénye cserére szorul, *az acéllemezes tűzszekrényeket hegesztett kivitelben lehetne a jövőben általánosságban készíteni.*

A vörösréz tűzszekrények kiküszöbölése

A mozdonykazánok gyártásában a legszámottevőbb megtakarítás a vörösrézlemezes tűzszekrényeknek acéllemezes tűzszekrényekkel, vagy pedig az egész kazánnak vízcsöves tűzszekrényű kazánnal való helyettesítése. Az első esetben, amikor a vörösrézlemezes tűzszekrényt acéllemezes tűzszekrénnyel helyettesítjük a kazán szerkezetén változtatni nem kell, a cserét tehát meglévő kazánokon is keresztül lehet vinni. Sőt a vörösréz tűzszekrénylemezek süllyesztékeit is fel lehet használni acéllemezek sajtolására. Az újonnan gyártott acéllemezes tűzszekrényű kazánoknál, amelyeknél a méretek szabadon választhatók, a tűzszekrénylemezek és az állókazánlemezek egymástól való távolságát, vagyis a vízközt nagyobbra szokták venni. A vízköz megnövelésének két előnye van: az egyik az, hogy a kazánvíz mozgásának ellenállása a két fal között csökken, és a vörösréznél magasabb hőfokú acéllemezek hűtése kedvezőbbé válik; a másik előny, hogy a hosszabb támcsavarok igénybevétele kisebb lesz, s a támcsavaroknak a vékony tűzszekrényfalakra kifejtett befogási nyomatéka is csökken.

Acéllemezes tűzszekrények alkalmazása révén egy 180—190 m² fűtőfelületű kazánnál körülbelül 4600 kg vörösrezet lehet 3190 kg acéllal pótolni.

A második esetben, amikor vízcsöves tűzszekrényű kazánok alkalmazásával történik a vörösréztűzszekrények kiküszöbölése, a vörösrézmegtakarítás nem olyan mértékű, mint az első esetben. A vízcsöves tűzszekrényű kazánoknak kipróbált és bevált kivitelénél ugyanis a csőfal vörösrézből van.

A kétféle rendszerű kazánnak külön-külön megvan a maga sajátossága. Általánosságban az első esetként említett acéllemezes tűzszekrényű kazánok terjedtek el jobban. A vízcsöves tűzszekrényű kazánok alkalmazása külföldön jóval ritkább, belföldön azonban eléggé elterjedt. *Mindkét szerkezetű kazán alkalmas arra, hogy akár az egyikkel, akár a másikkal helyettesíteni lehessen a vörösréz-lemezes tűzszekrényű kazánokat. A jövőben a tűzszekrények készítéséhez a vörösréz használatát egészen vagy részben kiküszöbölhetjük.*

Hegesztés alkalmazásával elérhető további anyagmegtakarítás

A kazán varratainak hegesztésén kívül a mozdony több más alkatrészének anyagszükségletét is csökkenteni lehet, hegesztéses kötés alkalmazásával.

Magán a kazánon a gőzkúp, a kimosó nyílás karimái, a kazánszerelvények karimái, a kazán belső merevítései mind alkalmasak hegesztéses kötés alkalmazására.

A füstszekrény és a hamuszekrény varratai szintén készülhetnek hegesztéses kötésekkel.

Eléggé elterjedt a mozdonykeretek hegesztése is. Az alkalmazott kivitel a csavarolt keret szerkezetéből fejlődött ki. Ezeknél a két főkeretlemez éppúgy megvan, mint a csavarolt kivitelnél, csakhogy a keretkötések a csavaroskötés helyett szakaszos hegesztéssel vannak a két főkeretlemezhez kötve. Ily módon a keretkötések szögvasai vagy a keretkötések peremezései megtakaríthatók. A hegesztett kerettel éppúgy mint, a hegesztett kazánnal, anyagot lehet megtakarítani.

Egyes esetekben a hegesztés alkalmazása révén acélöntvényeket lehet pótolni lemezszerkezetekkel. Példának hozható fel a túlhevítő gőzgyűjtő, amely, ha hegesztéssel készül, nemcsak könnyebb, hanem tömörebb is, mint az acélöntvény gőzgyűjtő.

Kazánszerelvények bronz helyett öntöttvasból vagy acélöntvényből

A kazánszerelvények felfagyás, repedés, korrozói és rozsdásodás elkerülése végett általánosságban bronzból készülnek, de a szerelvények házai készülhetnek öntöttvasból vagy acélöntvényből is. Az utóbbi esetben a szelepülékek és a szelepek, valamint a tömszelencék bronzból vannak. Üzembiztonság végett egyes vasutak bronzszerelvények pótlására csak acélöntvény szerelvényeket engedélyeznek, más vasutak öntöttvas szerelvények alkalmazását is megengedik. Lehetséges, hogy kísérletek alatt álló magnézium ötvözésű, gömbszemcsés grafitú öntöttvasban olyan anyagot sikerül kapni, amely alkalmas lesz az armatúrabronz *pótlására. A folyamatban lévő kísérletek általános érdeklődést érdemelnek, nemcsak a gyártóipar, hanem* a vasút részéről is.

Túlhevítőelemek füstszekrénybe eső, forduló végeinek megrövidítése

A kettős bemerülésű túlhevítőelemeknek három forduló végük van: kettő a tűzszekrénycsőfaltól mintegy 400 mm távolságra a füstcsőben, a harmadik általánosságban a füstcsövön kívül a füstszekrény terében. A harmadik forduló végét is be lehet helyezni a füstcsőbe úgy, mint az első két forduló végét anélkül, hogy a túlhevítés mértéke számottevően csökkenne. Ezzel elemenként mintegy 1,4 méter túlhevítőcsövet lehet megtakarítani, mozdonyonként 25 elemet számítva, tehát mintegy 55 métert. Ez a megtakarítás nemcsak új mozdonyokon érhető el, hanem az üzemekben lévők túlhevítőelemeinek felújításakor is.

A kazán bekapcsolása a mozdonykeret merevítésébe

A kazán a legmerevebb része a gőzmozdonynak. A mozdony keretének merevítésébe való bekapcsolására akkor került sor, amikor az acélöntvényből,

illetve a 100—120 mm vastag hengerelt tartóból készült kereteket kezdték alkalmazni. Ezek függőleges irányban nem voltak elég merevek, emiatt függesztő lemezekkel kötötték ki a kazánhoz.

A kazán bekapcsolása a keretmerevítésbe lemezkereteknél is lehetségesnek látszik, noha a lemezkeret merevebb. A lemezkeretek méretezésekor ezt számításba lehet venni, és a keretet könnyebbre lehet készíteni. Számottevő anyagmegtakarítást ezzel elérni mégsem lehet, mert inkább csak a könnyítő kivágások lesznek így nagyobb méretűek.

Hajtótengelyeknél és hatjóforattyú-csapoknál nikkelacél helyett szénacél alkalmazása

Amikor az erősebben igénybevett alkatrészekhez ötvözött acélokat kezdtek a gépiparban alkalmazni, akkor a vasutak nagyobb sebességgel közlekedő mozdonyaik hajtótengelyeinél és hajtóforgattyúcsapjainál szénacélról nikkelacélra tértek át. Nincs adat arra, hogy a tengelyek vagy forgattyúcsapok repedése szolgáltatott volna okot a nikkelacélra való áttérésre, de a nagyobb szilárdságú, nagyobb fajlagos megnyúlású és nagyobb folyási határral rendelkező anyag nagyobb biztonságot nyújtott a tervezők számára. Az ötvözéshez felhasznált nikkelmennyiség elég számottevő. Ha mozdonyonként 1 tonna 3%-os nikkelacélt veszünk számításba, az ötvözéshez szükséges nikkel 30 kg-ot tesz ki.

A belföldi mozdonyokkal kapcsolatban megkellene vizsgálni, hogy *nem volna-e lehetséges visszatérni a szénacélra. Ennek érdekében tovább kellene folytatni a már korábban megkezdett kísérleteket nikkelacélból készült tengelyeknek és foganttyú-csapoknak szénacéltengelyekkel és forgattyúcsapokkal való pótlására.*

Szükség esetén átszerkesztéshez is lehet folyamodni, pl. a tengelyméret növeléséhez és a nyomatéki kar esetleges csökkentéséhez.

A tengelyágyaknál elérhető anyagmegtakarítás

A tengelyágycsészék készítéséhez felhasznált fémanyag igen számottevő Az első lépés az anyagtakarékosság felé az ötvöző anyagok közül az ónnak a csökkentése. Így 9% óntartalmú bronz helyett 5% óntartalmú bronz alkalmazása. Az ónnak teljes kiküszöbölése is lehetséges a tengelyágycsészéknek alumíniumbronzból vagy sárgarézből való készítése révén.

Még messzebbmenő megtakarítást lehet elérni akkor, ha a csészék acélöntvényből készülnek, vékony bronzbéléssel. A bronzbélés azért kell, hogy a csészében jobb legyen a csapágyfém kötése és hogy hőnfutás esetén, ha a csapágyfém kiolvad, az acélöntvénycsésze meg ne sértse a tengelyt.

A tengelyágycsészék kiöntéséhez különféle összetételű csapágyfémet használnak. Igen elterjedt ezek közül a 80% óntartalmú csapágyfém. Ezt — nagy óntartalma miatt — mindinkább ónszegény csapágy-fémmel pótolják.

Az ismertebb ónszegény és ónmentes csapágyfémek a következők:

	Sn	Cu	Sb	Pb	Ca	Na	Ba	Sr	As	Cd	Ni
1.	% 7	1,5	17	69,8	—	—	—	—	1,5	1,5	1,7
2.	% 5,3	1,5	14	79,2	—	—	—	—	—	—	—
3.	%10—11	3—4	17	69—70	—	—	—	—	—	—	—
4.	% —	—	—	96,5	0,4	0,3	2,8	—	—	—	—
5.	% —	1,35	—	94,9	1,75	—	1	1	—	—	—

Gőzmozdonyokon a teljes önmentes csapágyfémek nem váltak be, ezért ezekhez csak önszegény csapágyfémeket használnak.

A tengelyágyak vezetékeit bronz csúszólapokkal szokták borítani. Újabban 12—14% mangántartalmú acélöntvényt használnak a bronzlapok helyett. Ilyenkor a vezetékek között csúszó tengelyágy öntöttvas bélést kap.

Hajtóműnél elérhető anyagmegtakarítás

A hajtóművek szerkesztésének régebbi elve az volt, hogy a szerkezetnek olyannak kell lennie, hogy szereléskor lehetővé tegye a gyártási pontatlanságok kiküszöbölését, üzemben történő utánállításával pedig a hajtómű kopása folytán keletkezett hézagok kiküszöbölhetők legyenek. Az ilyen hajtóművek gondos kezelés mellett és nem váltott személyzetnek felügyelete alatt jók is voltak. Megfelelt ez annak a régebbi felfogásnak is, hogy minden mozdony individum vagyis minden mozdonynak megvannak a maga saját pontatlanságai, amelyeket egyéni módon megfigyelés alapján kell kiküszöbölni.

Ez az elv nehéz szerkezetekre vezetett, mert az állítóéknek elhelyezése nagy rúdfejméreteket kívánt és mert mozgó alkatrészekről volt szó tehát nagyobb ellensúlyokat kellett elhelyezni.

A gyártás pontosságának fejlődése, a mérési eljárások tökéletesedése, úgyszintén a jobb és homogénebb gyártási anyagok alkalmazásának lehetősége, ezeket az elveket megváltoztatta. Az új elv— kihasználva a korszerű gyártásnál és javításnál elérhető pontosságot és alkalmazva az új mérési eljárásokat — lehetővé teszi a rúdágyak állításának elhagyását. Az ezzel járó előny többféle: a hajtómű könnyebb lesz, készítése, karbantartása és javítása olcsóbbá válik, a hajtómű átvizsgálása meggyorsul, a mozdony személyzet figyelmét nem köti le annyira a szerkezet, a lehetséges meghibásodások komolyabb károkat nem okoznak.

Anyagmegtakarítás szempontjából is jelentős a könnyebb szerkezet mert megtakarítást enged meg kovácsolt alkatrészekben, bronzban és acélöntvényekben.

A belföldi mozdonyokon a hajtómű állításának elhagyására történtek már kísérletek. *A kísérleteket célszerű volna folytatni és az új elv rendszeresítéséről a szerzett tapasztalatok alapján dönteni.*

Szerkocsik víztartányának keretként való felhasználása

Az utóbbi években külföldön készültek olyan szerkocsik is, amelyeknél a keret éppúgy elmaradt, mint az egyes tartánykocsiknál. A félhenger alakú vízszekrény alján végigfutó merevítés póttolja a keretet, amely a vonóerőt közvetíti, és amellyel a vízsszekrény a forgóállványokra támaszkodik. Az elérhető súlymegtakarítás eredményeképpen a szerkocsi kiszerelt súlyának 55%-a helyett mintegy 67% lehet a készlet, a vízvétel nélkül, befutható vonalrész hossza ennek arányában növekedhet. Az ilyen szerkocsi üres súlya 20%-al könnyebb, mint a keretes kivitelűé, gyártása tehát ennyivel kevesebb anyagot igényel. *A keret nélküli szerkocsik belföldi vonatkozásban különös figyelmet érdemelnek könnyű kivitelük miatt*

Egységesítés révén elérhető anyagmegtakarítás

A típusok egységesítésével el lehet érni, hogy bizonyos alkatrészek több különböző típusú mozdonyon azonosak lehetnek. Anyagmegtakarítás szempont jából ennek kovácsolt alkatrészeknél van jelentősége, minthogy a nagyobb darabszám esetén érdemessé válhat süllyesztékek alkalmazása, amelyekben a kovácsolt alkatrészek megmunkálatlanul hagyható felületükön kész méretekkel állíthatók elő. Ilyen alkatrészeknek tekinthetők a vezénymű és még néhány alkatrész, amely kézikovácsolással készül.

Könnyű vasúti kerékpárok alkalmazásával elérhető anyagmegtakarítás

A könnyű vasúti kerékpárokat, amelyeket hengerelt tárcsákkal bíró kerékpárokból fejlesztettek ki a következők jellemzik :

a tárcsa, az agy és a koszorú vékonyabb ;

a tárcsának a szokásos domborításon kívül sugár irányú hajlításai is vannak ;

a tengely üreges.

Az elérhető megtakrítás a szokásos kivitelhez képest körülbelül 40%. A könnyű kerékpárok jelentősége főképpen könnyű kivitelű vasúti kocsik építésében van, de alkalmazzák anyagmegtakarítás szempontjából is, nemcsak új építésű kocsiknál, hanem azoknál az üzemben lévő kocsiknál is amelyeknek kerékpárjai cserére szorulnak.

Külföldön a könnyű kerékpárok eléggé elterjedtek, belföldi kipróbálásukra azonban még nem került sor. *Indokoltnak látszik gyártásuknak és alkalmazásuknak kérdését belföldi vonatkozásban is megvizsgálni.*

Villamos vagy egyéb hajtású vasúti vontatójárművek szerkezeti részein elérhető anyagmegtakarítás

Villamos és egyéb hajtású mozdonyokon a járóműszerkezeti rész magá-

ban foglalja a futóművet, a keretet, a mozdonyszekrényt és a féket, azaz a mozdony teljes súlyának körülbelül a felét. A súly másik felét a gépi berendezés teszi ki. Hozzászólásomban csak a járóműszerkezeti résszel kívánok foglalkozni. Ennek a résznek kétféle kivitele lehetséges: az egyiknél a mozdonykeret olyan erősre van méretezve, hogy saját súlyán kívül egyedül tudja felvenni a gépi rész és a mozdonyszekrény terhelését; a másiknál a mozdonykeret és a mozdonyszekrény együttesen hordja a gépi rész terhelését saját súlyával együtt. Az elsőnek említett kivitel a gőzmozdonyok keretéből fejlődött ki, a második a vasúti kocsikkal mutat hasonlóságot, ahol a kocsikeret és a kocsiszekrény újabban egy egységes tartót képez.

Az erős kerettel épített szerkezet méretezése egyszerűbb, mert a mozdony hosszában futó két főtartó igénybevétele a tartók méreteiből és a terhelésből gyakorlati pontossággal megállapítható.

Az egybeépített mozdonykeret és a mozdonyszekrény szilárdsági méretezése bizonytalanabb. A várható igénybevételekre inkább csak próbaterhelések alatt mért behajlásokból lehet következtetni.

Az olyan mozdonyoknál, amelyeknél a kerekeket hajtó villamos motorok marokcsapágyas kivitelben készülhetnek, a szekrénnyel egybeépített keret ad könnyebb szerkezetet.

Ha a mozdonyokba olyan teljesítményű, illetve méretű motorokat kell beépíteni, amelyek a marokcsapágyas felerősítéssel már nem helyezhetők el, akkor az a keret látszik megfelelőbbnek, amely önmagában tudja a terheléseket felvenni. A villamos és egyéb hajtású mozdonyokon még nem alakult ki olyan egységes szerkezet, mint a gőzmozdonyokon, emiatt határozott javaslatot sem lehet tenni az anyagmegtakarításra vonatkozóan. A járóműszerkezeti rész tervezésével kapcsolatban mégis fel lehet hívni a figyelmet néhány szempontra.

1. A terheléseket és az erőket úgy célszerű átvinni a szerkezetre, hogy abban minél kisebb hajlító igénybevétel keletkezzék.

2. A szerkezet anyagát úgy kell szétosztani, hogy annak minél nagyobb hányada vegyen részt az igénybevételben.

3. A szerkezetet lehetőleg olyant részekre kell tudni bontani, amelyek igénybevétele számítással megállapítható.

4. A szerkezeti elemek kötései is méretezhetők legyenek.

Összefoglalás:

A bevezető előadáshoz történt hozzászólás összefoglalásaképpen legyen szabad rámutatnom, hogy a felsorolt esetek csak egy részét teszik az anyagmegtakarítás lehetőségeinek a vasúti vontatójárművek tervezésében és javaslataim, ha alkalmasak voltak a figyelem felkeltésére, mások részéről is bizonyára ki fognak egészülni.

Végső eredményként még arra kell rámutatnom, hogy a szerkezetek fejlesztése és az anyagmegtakarítás lehetőségeinek keresése két, egymást kiegészítő törekvés. A kettő együttesen hozza létre a jobb és gazdaságosabb szerkezeteket.

KORSZERŰ ÉPÍTÉSI SZERKEZETEK ÉS ELJÁRÁSOK

MIHAILICH GYŐZŐ rendes tag előadása az 1950 november 28-i osztályülésen.

A fölszabadulás óta eltelt néhány év számunkra valóban nagy jelentőségű változásokat és eredményeket hozott.

Míg a hároméves terv a romok eltakarítására, a rombadőlt építmények helyreállítására, az egész ország újjáépítésére irányult, az ötéves terv feladatául már új országépítést tűzött ki, a szocializmus alapjainak kiépítését.

A szocializmus szelleme hatja át dolgozóinkat, mikor arra törekszünk, hogy mennél jobbat, mennél rövidebb idő alatt és mennél gazdaságosabban termeljünk. A Szovjetunióban a sztahanov-mozgalom nagyban hozzájárult a gigászi szovjet tervgazdálkodás óriási feladatainak sikeres keresztülviteléhez. Egymásután jelentkeztek újabb és újabb sztahanovisták, majd számuk annyira megnövekedett, hogy egyes csoportok, mesterek, művezetők, élmunkások, komplex-brigádokat alkotva, az egész gyárüzemet sztahanovista munkarendszer alapján szervezték meg.

Sztálin az első sztahanovista-kongresszuson a sztahanov-mozgalomról a következőket mondotta:

»Ez a mozgalom megdönti a technikára vonatkozó régi elveket, a régi technikai normákat, a régi termelési terveket. Ennek a mozgalomnak az a hivatása, hogy forradalmat idézzen elő az iparban.«

A sztahanovista munka a szocializmus építésének legerősebb gazdasági fegyvere, alappillére. Ezek révén válnak lehetővé a nagy sztálini természetátalakító tervek is.

A sztahanovista munkaszellem további fontos jellemzője a *tapasztalat-továbbadás, a tapasztalat-csere*, melynek révén egész gyár vagy egy egész iparág fordíthatja hasznára a sztahanovista újítást, illetőleg az új munkamódszert.

Az építőipar rekonstrukciója során egyik legfontosabb *követelmény, hogy a sztahanovista-mozgalom tömegmozgalommá* váljék; az építőiparban nálunk — minden szovjet példa és segítség ellenére is — meglehetősen nehezen terjed. Főleg a kőmívesmunka terén működnek magyar sztahanovisták, Pozsonyi Zoltán és Fabik József Kossuth-díjas sztahanovisták iránymutatása mellett; az ácsok és a különböző szerelők, festőmunkások és betonozómunkások közt pl. csak legújabban hódít tért a sztahanov-mozgalom. A sztahanovista-munka nagyszerű eredménye egy építményen csak akkor érvényesülhet teljes mértékben, ha minden iparos-munka sztahanovista szellemben folyik.

Az ötéves tervről szóló törvény összesen 50,9 milliárd forintot irányzott elő, amiből 42%, több mint 21 milliárd esik az építőiparra.

Az ötéves terv nagy építőipari feladatainak megoldásához a korszerű szerke-

zetek alkalmazása mellett elsősorban teljes gépesítés szükséges, továbbá az, hogy kellő mennyiségű és minőségű, valamint lehetőleg olcsó építőanyag álljon rendelkezésre. Észszerűen kell takarékoskodni az építőanyagokkal, főleg a fával, vassal és a cementtel. A szükséges önköltségcsökkentés mellett a nagymérvű termelékenység biztosítására pedig a sztahanov-mozgalmat kell tömegmozgalommá kifejleszteni.

A gépesítés az építkezések terén is megindult már. Látunk büszke toronydarukat, melyek többemeletes épületek 40—50 dolgozójának munkáját végzik el. De azt is sokszor észrevesszük, hogy a daru áll, nincs munkája. Nagy jelentőségű szervezési kérdés, hogy a rendelkezésre álló gépparkot jól ki is tudjuk használni. Különösen nagy a géphiány a földmunkák terén, ahol pedig a gépi felszerelés feleslegessé teszi a nehéz testi munkát, és lényegesen csökkenti az önköltséget ; kotró-, markoló és árokásó, s döngölőgépekre van szükség. Egy földásó, földfejtőgép 100—200 kubikos munkáját végzi el. Zúzó és osztályozó berendezések, beton- és habarcskeverőgépek, vibrátorok az anyagelőkészítést és a bedolgozást könnyítik meg.

Szállítószalagok, rakodógépek, kisvasutak, billenőszekrényes teherkocsik a gazdaságos és gyors vízszintes anyagszállítást biztosítják.

Felvonók, csörlők, emelők, daruk és elevátorok a függőleges szállítást segítik elő. Tekintettel arra, hogy az építőipari gépek gyártása hazánkban rendkívül elmaradt, egyelőre elsősorban külföldi, főleg szovjet-gépek beszerzéséről van szó. Nagy jelentőségű ezért a hazai viszonyoknak legjobban megfelelő géptípusok kiválasztása és a megfelelő szabványosítása. Ezzel egyidejűleg induljon meg az építőipari gépeknek hazai tervezése és gyártása is.

A gépi berendezés üzembiztossága szempontjából rendkívül fontos, hogy pótalkatrészekből kellő raktár álljon rendelkezésre.

Gondoskodni kell továbbá gépiszerszámok készítéséről (exkavator lapát, markoló kotróveder, betonvágókés), továbbá szállítóeszközökről (kisvasút, anyag- és különböző gépitargoncák).

A gépesítés hatásfokának lényeges növelése várható az országos villamosítással kapcsolatban, amikor a gépiberendezések is villamosüzeműek lehetnek.

A gépesítés nagy mértékben segíti elő a termelékenység növelését, az önköltség csökkenését, s az építési idő megrövidítését.

A gépesítés mellett nagy jelentőségű az építőanyagipar nagymérvű fejlesztése. Az ötéves terv előírja, hogy 1954-ben 500,000 tonnával több cementet kell termelni, mint 1949-ben ; 210,000 tonnával több égetett meszet, 420 millióval több téglát és 50 millióval több tetőcserepet.

Az építőanyagok többtermelése terén a legnagyobb, országos jelentőségű, valóban súlyponti feladat — a vasnak és a cementnek bauxitból való előállítása. Ennek a nagy feladatnak megoldása komoly tudományos munkát jelent. A vas előállításánál máris eredmény mutatkozik, ellenben a cementnél még nehézségek vannak.

Mivel új cementgyárak létesítése rövid idő alatt nem várható, gyáraink a kapacitás növelésének — a Szovjetunióban is általánosan használatos — azt a módját választották, hogy a nagyszilárdságú portlandecementhez bizonyos hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagot — trasztot, kohósalakot, különleges szemszerkezetű kőlisztet — kevernek. Így keletkezik a traszportlandcement, a salakcement, a szigmacement.

Másik fontos újítás a különböző cementfajták bevezetése. Magyarországon — az egész világon egyedülálló a jelenség — a gyárak csak egyfajta, mégpedig a nagyszilárdságú portlandcementet gyártották. Bármilyen alárendeltebb beton készítéséhez is ezt az elsőrendű cementet kellett használni. E hiány megszüntetésére az új portlandcement-szabályzattervezet négyfajta cementet különböztet meg asszerint, hogy a 28 napos nyomószilárdság cm^2-ként 600, 500, 280 vagy 150 kg. A B 600 jelű cement alit-cement, mely gyorsan szilárdul és nagy kezdőszilárdsággal rendelkezik. Ennek a cementnek igen nagy a jelentősége általában a vasbetonépítés fejlődése, különösen pedig az előregyártott és előrefeszített beton- és vasbeton-szerkezetek szempontjából. Gyártása elő van készítve, de még nem tud megindulni bizonyos nehézségek miatt, melyeket célszerű lenne mielőbb megszüntetni.

A B 280 jelű ú. n. normacement, melyet a betonépítés igen nagy területén lehet alkalmazni. Ez az új típusú cement remélhetőleg az új esztendőben már forgalomba kerül. A B 150 jelű cement ú. n. kőműves-cement, mely teljesen alárendelt beton-építményekhez lesz megfelelő.

Ezen újfajta cementek előállításánál is vannak bizonyos nehézségek, különösen az őrlő- és keverőberendezések körül ; de kellő gyakorlattal rendelkező műszaki káderek is hiányoznak, így a betonkészítés technologiája körül is vannak bajok. Ezért, ha az építés során hibák jelentkeznek, megértéssel, közös erővel keressük a hibák okát és a segítség módját. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy cement-technikásaink száma nagyon csekély, és rendkívüli módon igénybe vannak véve.

Véleményem szerint az eddigi nagyszilárdságú portlandcementek legfeljebb 15%-os fölhigítása megfelelő kiegészítő anyagokkal megengedhető. Az építők figyelmét fel kell hívni az új cementekre, és amennyiben szükséges, használati utasítást is kell adni, mert az építő-gyakorlatban nálunk eddig csak a nagyszilárdságú portlandcementhez voltak hozzászokva.

A portlandcementtel való takarékoskodás szempontjából igen fontos a *trasz* alkalmazása. A traszliszt mészhidráttal keverve cementszerű kötőanyagot ad, mely igen sok építkezésnél célszerűen alkalmazható. A több, mint százéves hortobágyi kőhid pillérei, valamint a riskavölgyi völgyzárrógát hírdetik ennek a kötőanyagnak kiválóságát; a múltban a hatalmas cementkartell — mint nem kívánatos versenytársat — lehetetlenné tette annak újra bevezetését. A fölszabadulás előtt mint magyar puccolán került forgalomba. A puccolán jóval olcsóbb, mint a portlandcement, és pl. vízi építmények, hídfők, pillérek építésénél kiváló kötő-

anyag. A mész- és cementipari központ a traszliszt előállítását újból tervezi, Kőmívescement néven, már mészhidráttal összekeverve fogja forgalomba hozni.

Amikor a cementmennyiség növeléséről és nagy kezdő szilárdságú cementről beszélünk föl kell vetni a *bauxit-cement* újból való gyártásának kérdését is. E célból érdemes lenne újabb kísérleteket végezni és az eddigi, bauxit-cementtel készült betonépítményeket rendszeres vizsgálatnak alávetni.

Az előrefeszített vasbetonos vasbetonszerkezetek szempontjából nagyjelentőségű az olyan cement, melynek igen kicsiny a zsugorodása. Hazai cementjeink zsugorodási vizsgálata a Beton- és Vasbetonépítési Laboratóriumban folyik. Ezekből a vizsgálatokból már is kitűnik, hogy cementjeink zsugorodása különböző mértékű.

Ugyanúgy fel kell hívni a figyelmet a *duzzadó-cementre!* Az ebből készült beton nem zsugorodik, nem csökkenti térfogatát, hanem ellenkezőleg — térfogatnövekedési hajlandóságot mutat. Eszerint tehát a duzzadó-cement révén — éppúgy, mint az előrefeszítés folytán — a betongerendában nyomó feszültségek létesíthetők, melyek a repedésmentességet biztosíthatják. Duzzadó cementtel Franciaországban és a Szovjetunióban folynak kísérletek.

Korszerű betonépítmények gazdaságosan minőség-betonból állíthatók elő. Ennek — a cementen kívül — további főtényezője a jó szemszerkezetű adalékanyag, mely lehetővé teszi a cementmennyiségnek minimumra való leszállítását. Régi követelmény, hogy *adalékanyag-telepek létesüljenek*, melyek optimális szemszerkezetű anyagot állítanak elő. E tekintetben Vas elvtárs legújabb intézkedései bizonyára rövidesen eredményesek lesznek.

A vasbetonépítés rohamos fejlődése igen nagyszilárdságú minőségbetont kíván. A francia építőgyakorlatban mértékadó helyről hangzott el az 1000—1200 kg/cm², 28 napos betonszilárdságnak szükségessége. Ennek tényezői sorában szerepel a *vibrális* és a *gőzölés*. Itthon is készülnek használható vibrátorok, de a vibrálásnál is óvatosan kell eljárni, mert tapasztalatlan kézben nagymérvű egyenletes tömörítés helyett egyenlőtlen és egész rossz minőségű lehet a beton. Föltétlenül szükséges, hogy külön vibrálási tanfolyamokon képezzenek ki vibráló szakmunkásokat.

A másik legújabban alkalmazott eszköz nagy kezdő szilárdság biztosítására — különösen hideg időben — a *gőzölés*. A gőzölés folytán a beton még hidegben is néhány nap lalatt kellő szilárdságot érhet el, miáltal az építési idő lényegesen megrövidül. Amint a Beton- és Vasbetonépítési Laboratóriumban különböző hazai cementekkel végzett gőzölési kísérletek mutatják, a gőzölés kezdetének időpontja, tartama és hőfoka különböző cementjeinknél nem azonos. Ezeket gondos kisérletekkel kell megállapítani, mert különben az eredmény gyenge minőségű beton lesz, amint azt az idei korai tavaszi építkezések egyikénmásikán tapasztalni lehetett.

Viszont nálunk is sikerült 70—80°-os vízgőz kezeléssel 12 óra alatt 400 kg/cm² szilárdságú betont előállítani.

Újabban — a téli építkezéssel kapcsolatban — az Építéstudományi Intézet foglalkozott a beton nedves keverékének elektromos-árammal történő fűtésével.

A vasbetonszerkezetek betonjának súlya elég nagy, kívánatos lenne ennek csökkentése, főleg szállítható épületelemek esetében. A szilárdsági követelmény és a súlycsökkentés azonban nem azonos értelmű. Bizonyos szilárdság biztosításához megfelelő tömörség szükséges. Ezért az ú. n. *könnyű-beton* inkább üreges falazó blokkok készítésére alkalmas. Újabban az Építéstudományi Intézet laboratóriumában selypi salakkal és tufával értek el kedvező eredményeket. Selypi salakból köbméterként 200 kg p. c.-el készített 28 napos beton cm^2-ként 93 kg nyomószilárdságú, térfogatsúlya pedig 1350 kg volt. Vulkanikus tufával készült beton pedig m^3-ként 180 kg p. c.-el 41 kg/cm^2 nyomószilárdságot és 1110 kg térfogatsúlyt adott.

Autoklávban 10 atmoszféra nyomás mellett 2 óra alatt 50—100 kg/cm^2 volt a nyomószilárdság. Ujabban a műanyagok sorában szerepel egy érdekes kátrányos gipszanyag, melyet a Szovjetunióban szétszedhető egylakásos házak építéséhez használtak. Ez az új anyag kátránytartalmú anyagok száraz dextillációja útján nyert termékkel telített gipszből és rostos alapanyagból áll. Jól fürészelhető, véshető, szögelhető és festhető. Térfogatsúlya 900—1000 kg/m^3 28 napos nyomószilárdsága 90—100 kg/cm^2, hajlítószilárdsága pedig 35—40 kg/cm^2.

Egy ház összeállításához 120 lemez volt szükséges. Ez hat teherkocsin elfért. Az összeszerelés 12 óráig tartott.

Az Építéstudományi Intézet is foglalkozik különböző építési műanyagokkal, minők pl. a fenoplasztok, aminoplasztok, lignin ; továbbá festékeknek építőipari fölhasználásával.

A szovjetipar érdekes példával szolgál a téglagyártás terén. A korszerű szovjet téglagyárnak modern laboratóriuma, hőtechnikai fölszerelése s az anyagelőállításához szükséges gépiberendezése is van. Kémény helyett hatalmas ventillátorok szolgáltatják a szárításhoz szükséges huzatot. A téglaégetés hat nap helyett mindössze három napig tart. Az agyagot nem vízzel, hanem gőzzel keverik, s így a nyers tégla 40—50°-os melegen jön ki a présből ; ennek az az előnye, hogy a kellő szárítást 20—25 %-kal kevesebb idő alatt érik el.

Közismert, hogy a vassal — illetőleg a vasérccel — igen nagy mértékben kell takarékoskodnunk, ezért indokolt mind a vasbetonépítésben, mind a vasszerkezetekben a nagyobbszilárdságú anyag alkalmazása. A vasművek készítenek A 50,35B jelű anyagot, melynek szakítószilárdsága legalább 5000 kg/cm^2, folyási határa 3500 kg/cm^2, nyúlása pedig 17 %.

A korszerű fejlődés megkívánja továbbá, hogy készüljön olyan 5000 kg/cm^2 szilárdságú acél, mely jól hegeszthető is. Az előrefeszített vasbetonszerkezetek céljára a vasművek vállalják a 16 000 kg/cm^2 húzószilárdságú anyag előállítását, a jövőre való tekintettel azonban szükséges lenne olyan 2—3 mm átmérőjű huzalok gyártása is, melyeknek 20 000—25 000 kg/cm^2 lenne a szakítószilárdsága. Ezenkívül fontos, hogy a 2,5 mm-nél nagyobb átmérőjű vasak felülete ne sima

legyen, hanem dudorokkal vagy bemélyedésekkel, rovátokkal ellátott, ami elcsúszás ellen biztosít. Ez mindenesetre súlyos kívánság és előbb meg kell várni, hogy a vasművek kihozzák a tervbe vett 16 000 kg/cm^2 szakítószilárdságú anyagot.

A feladatot még az a föltétel is megnehezíti, hogy ennek a nagyszilárdságú vasnak ne legyen túl magas ára. Jelenleg a 16 000 kg/cm^2 nagyszilárságú acél ára a folytvas árának több mint kétszerese. Ezt túl magasnak tartjuk.

Megjegyzendő, hogy a vasbetét hullámosításával is jól lehet a vasbetétet elcsúszás ellen biztosítani, amint azt a Beton- és Vasbetonépítési Laboratóriumban végzett kísérletek mutatták. A hullámosított vasbetétet a magyar előrefeszített vasbetonaljban és a Közúti Hídfenntartó N. V. előrefeszített hídtartóiban is eredményesen alkalmazták.

Az építőanyagokkal a lehető legnagyobb mértékben takarékoskodni kell. Az építőipar minden dolgozóját át kell, hogy hassa ennek tudata, különösen ma, midőn a közösségnek, az egész népnek építünk. Egyéni felelősség terhel bennünket minden fölöslegesen vagy rosszul bedolgozott anyagért.

Ennek tudatában vállalták mérnök-kartársaink a fölszabadulás után az új építőszabályzatok kidolgozásának feladatát. Minőségi anyagokat és minőségi munkát feltételezve, a tartószerkezetek méretezése során kisebb biztonsággal is meg lehet elégedni; különösen arra kell törekedni, hogy egy szerkezetnek, pl. egy hídszerkezetnek különböző részei lehetőleg egyforma biztonsággal méretezzenek, mert e tekintetben a régi szabályzatok szerint különböző biztonságok adódtak.

Az új szabályzatokban az a törekvés jut kifejezésre, hogy a szerkezeteknek tényleges teherbírását vegyék alapul, tehát azt az állapotot, amidőn a szerkezet használhatósága megszüntnek tekinthető folyás, kihajlás stb. következtében. Ezek az új szabályzatok számottevő megtakarítást jelentenek.

Az építőanyagokkal való takarékoskodásnak, az önköltség csökkentésének az építési idő megrövidítésének a beton- és vasbetonépítés terén korszerű eszközei az előregyártás és az előrefeszítés.

A vasbeton mint új építőanyag a mult század végén jelent meg, és néhány évtized alatt lett a vas versenytársa.

Csodálatos fejlődése mellett van azonban a vasbetonnak — mint építőanyagnak — két gyengéje, mely kezdettől fogva ismeretes volt. Az egyik a nedveskeverék szilárdulási, mondhatni születési időszaka, mely alatt nemcsak, hogy nincs teherbírása, hanem épp ellenkezőleg, maga is gyámolításra szorul, és egyrészt erős állvánnyal kell alátámasztani, másrészt meg kell védeni az időjárás, a hideg, a fagy, az eső, a szél behatolásától, valamint mindenféle mechanikai igénybevételtől.

A beton másik gyengéje kis húzószilárdsága, minek folytán a vasbetongerendákon repedések keletkezhetnek.

Az első gyengeségen segít az *előregyártás*, a másodikon pedig a vasbetétek *előrefeszítése*, illetőleg *utánfeszítése*.

Az előregyártásnak kétféle módját különböztetjük meg aszerint, hogy gyáriüzemben vagy a helyszínen történik az előállítás.

Az előregyártás általános esete az, amikor az épületszerkezetek alkotó elemei vagy egyes önálló elemek, mint pl. födémtartók, vasbetonaljak, távvezeték-oszlopok gyárszerű üzemben készülnek — fűthető helyiségben, védve az időjárás viszontagságaitól, fagytól, esőtől, széltől. Ilymódon télen, nyáron egyformán folyhat a gyártás. Az egyes elemek rendszerint vasformában készülnek, melyek sok száz darab előállítására alkalmasak. Az ilymódon előregyártott teherbíró elemek révén a mintadeszkázat, valamint az állvány is feleslegessé válik. Ez igen tetemes faanyag-megtararítást jelent. Ez a nagymérvű — mintegy 90%-os — faanyag-megtakarítás nyersanyaggazdálkodás szempontjából igen nagy jelentőségű. Az ilyen gyárszerű üzem ezenfelül biztosítani tudja az optimális szemszerkezetű adalékanyag felhasználását, a pontos vízadagolást, a vibrátorral történő bedolgozást is és ennek révén az előírt minőségű, nagyszilárdságú és — ami igen fontos — homogén beton készítését. Az egyenletes minőségű beton lehetővé teszi a folytvasnál nagyobbszilárdságú vasbetét alkalmazását, aminek folytán a megengedett feszültségek nagyobbak lehetnek, tehát kisebb súlyú tartók adódnak, ami beton-, cement- és vas-megtakarítást jelent.

Az üzemi előregyártás megszünteti a betonépítés idényjellegét, s a kézműiparból nagyipari üzemmé válik.

Az előregyártás az építési időt is megrövidíti. Ennek jelentőségével tisztában vagyunk.

Az előregyártásnak mindezen előnyei mellett vannak azonban tehertételei is ; a gyárépület, a gyáriüzem berendezése, formák, vibrátorok, rázóasztalok cementsiló, kavicssiló, osztályozók tetemes költséget jelentenek. Ezenkívül a gyárból az előregyártott elemeket az építés helyszínére kell szállítani, födémeknél a megfelelő helyre felemelni, vasbetonaljaknál a vágányba beépíteni. A szállítás és elhelyezés során gondoskodni kell arról, hogy az előregyártott elemek épek maradjanak, sérüléseket, repedéseket ne szenvedjenek.

Az előregyártás gazdaságosságának egyik főfeltétele az előre meghatározott, nagyobb mennyiségű elem gyártása, mégpedig folytonos gyártása. A gyárüzem csak akkor lesz gyümölcsöző, ha a gyár kapacitása állandóan kihasznált, és az előregyártott elemek nem hevernek sokáig raktáron.

Másik fontos szempont, hogy ne kelljen túlsok fajta típust raktáron tartani. Ez különösen födémszerkezetek esetében lényeges, ezért van szükség nagyfokú szabványosításra, tipizálásra. E téren minél előbb rendet kell teremteni és egységes épületterveket kialakítani.

A vasbetonszerkezetek rendszeres előregyártására hazánkban egyedüli számottevő példát csak a MÁV szolgáltatott, amely hosszú éveken át gyártotta a vasbetonaljakat.

A Szovjetunióban már a második világháború előtt is rendkívül fejlett

volt (főleg födémekben) az előregyártás. Mint Ivanov szovjet építészmérnöknek nálunk tartott előadásából értesültünk a Szovjetunióban ma már olyan komplett födémelemeket gyártanak melyeken a vakolat, a hőszigetelőréteg és a padlóburkolat is rajta van.

Az előregyártás másik módja, ha az előregyártott elemek nem egy központi gyárban, hanem az építés helyén készülnek; például csarnokrendszerek vagy gyárépületek mestergerendáit, födémgerendáit, esetleg az oszlopokat is külön állítják elő. A nagyméretű, nehéz mestergerendák — a végleges helyük alatt — a földön készülnek, azután emelik be őket végleges helyükre.

Ez az építési mód ott célszerű, ahol nagyobb építményekről van szó, amelyekhez sok és főleg nehéz elemet kell gyártani. Így pl. a helyszínen előállított elemekből — oszlop, 21,6 m támaszközű, kéttámaszú mestergerenda, 14,4 m támaszközű, kéttámaszú födémgerenda — készült egy 35 000 m^2 alapterületű textilgyárban Belgiumban, Gandban. Ez az eljárás gazdaságosnak bizonyult, mert megvolt a helyszíni előregyártás összes feltétele. (1. ábra)

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ilyen építőmód mellett erősen szenved az épület momolith-jellege. Ezen javított Mátrai kartásunk javaslata, melyet egy budapesti gyár építésénél próbáltak ki, (2—3. ábra), ahol két oszlopból és gerendából alkotott, 14 méter támaszközű főtartókeretet a helyszínen vízszintesen fekvő helyzetben készítettek el, és egy különleges daru segítségével állították fel végleges helyére. Az egymástól 6 méterre levő keretállásokat szintén előregyártott bordás vasbetonlemezekkel hidalták át. A 28 méter széles és 100 méter hosszú csarnok felépítése mindössze három hónapig tartott. Egy másik csarnoknál a főtartók egymástól 10 méter távolságra álltak, melyet hasonló elemmel hidaltak át.

Nagyjelentőségű az előregyártott vasbetonablakok és ajtótokok előállítása. Az előbb említett csarnoképület hatalmas, 28 m^2 felülvilágítói előregyártva készültek vasbetonból.

A helyszíni előregyártás hatalmas példáját látjuk egy magyar erőmű vasbetonszerkezetének építésénél, ahol 31 méter magas oszlopokon 45 méter hosszú gerendák feküsznek fel. Mind az oszlopokat, mind pedig a gerendákat 38 méter magas emelő kétlábbal állították fel, illetőleg emelték be a helyükre. A kerethatást kiálló vasbetétek összehegesztésével biztosították. Az ilymódon — minden faállvány nélkül — felállított hatalmas vasbetonkeretek a jövő vasbetonépítésének jellegzetes képét vetítik elénk, amikor már nem lesz szükség óriási faállványra és zsaluzásra.

Ujítás az is, hogy Major Sándor kartásunk pl. a kereteket függőleges helyzetben központilag gyártja, és egyszerű szállítóeszközökkel viszi a helyükre.

Hatalmas alkotás a Bruxelles közelében létesült repülőgéphangár, melynek főtartója 50 méter nyílású, trapéz keresztmetszetű és 268 tonna sulyú (4—5. ábra). Igen érdekes 30 méter átmérőjű kupola épült Karlsruheban, a helyszínen — betonformában — készült 64 db elemből. (6—8. ábra).

Hasonlóan különálló elemekből épült Rio de Janeiro közelében egy közúti híd is, melynek járomcölöpei, az ezekre helyezett kereszttartók és hossztartók mind előregyártott, előrefeszített vasbetétes vasbetontartók. (9—11. ábra).

Az előregyártás kérdése szorosan kapcsolódik az előfeszített vasbetétes vasbetonszerkezet problémájához.

Az előfeszítés valóban forradalmi újításnak nevezhető, mivel segítségével sikerült olyan hajlított betongerendát előállítani, melyben a hasznos terhelés alatt húzás nem keletkezik, repedés nem támad, s így az egész betonkeresztmetszet dolgozik — hasonlóan a vas vagy fatartóhoz. A repedésmentesség a beton nagymérvű tökéletesítését jelenti.

A szokásos vasbetonszerkezetben a zsaluzásban helyezik el a vasbetéteket, és azután betonozzák be őket.

Az előfeszített vasbetétes vasbetonszerkezetben a vasbetétet először megfeszítik, ilymódon a vasbetét megnyúlik és ebben a megnyújtott állapotban betonozzák be. A vasbetétet megfeszített állapotban kell tartani mindaddig, míg a beton kellően meg nem szilárdult : amint ez bekövetkezett, a vasbetétet megfeszítő erőket meg kell szüntetni. A megnyújtott vasbetét igyekszik eredeti hosszúságát visszanyerni, a beton azonban nem engedi, úgyhogy a vasbeton rugószerűen feszítve marad, egész hosszában nyomja a betont, és abban nyomó feszültséget ébreszt.

A kellő előfeszítéshez nagyszilárdságú acélhuzalra és nagy kezdőszilárdságú betonra van szükség.

Az előfeszített vasbetétes vasbetonszerkezetek alkalmazását már a mult világháború előtt jelentkező vas- és fahiány tette időszerűvé. Az előfeszített vasbetétes vasbetontartók lényegesen kevesebb vasat igényelnek, kisebb a súlyuk, és előregyártva számottevő faanyag-megtakarítást is jelentenek.

Németországban egy nagyarányú munkáslakásépítés kapcsán Hoyer olyan előfeszített és előregyártott lakóház-födémtartókat készített, melyekben folyóm-ként mindössze 1 kg vasbetét volt. A tartók távolsága 1 m. A háború alatt néhány hét alatt építettek hatalmas csarnokokat, 30—32 m támaszközű előregyártott és előfeszített vasbetétes mestergerendák segítségével.

Franciaországban Freyssinet kezdeményezésére és irányításával a legkülönbözőbb építmények készültek előregyártott és előfeszített vasbetonszerkezetekkel, főleg oylan szerkezetek, melyeknél a repedésmentesség döntő fontosságú, mint pl. vasbetonalj, belsőnyomású cső, tartány, vezetékoszlop. Hasonló módon épült több közúti híd is.

Legujabban Esbly közelében, a Marne-folyón készült öt 74 méter nyílású ívhíd különleges módon, állványozás nélkül, a szokásos vasbetétek helyett kábeleket és az előfeszítés helyett utánfeszítést alkalmazva. A főtartók dupla — T keresztmetszetű, kétcsuklós ívek, melyek helyszínen előregyártott, mintegy 2 méter hosszú elemekből készültek. Az öt híd részére 1080 db ilyen betontestet kellett készíteni, melyekben felül is, alul is vályukat képeztek ki a kábelek részére. (12—16. ábra).

A betontestek kellő megszilárdulása után több ilyen elemet 3 cm-es habarcsréteggel összeépítve szerelő kábelekkel összefogtak és árboc-kábeldaru segítségével emelték be a helyükre. A felső szélen végigfutó kábeleket és az alsó szélen, a középső szakaszon elhelyezett kábeleket azután megfeszítették, és végeiket lehorgonyozták.

Az ív merészen karcsú. Vastagsága középen 86 cm, az ív magassága 4,79 méter.

Franciaországon kívül Svájcban is igen behatóan foglalkoztak az 1941—45. években az előfeszített vasbetétes vasbetonszerkezetekkel. Különösen nagyjelentőségűnek tartották az előfeszítést a födémek, a vasbetonaljak, valamint a vasúti hidak esetében.

Az 1941—45. években végzett kísérletek kedvező eredményei alapján a svájci vasútak több kisebb vasúti hidat építettek előrefeszített vasbetontartókból.

Belgiumban előrefeszített vasbetétes vasbetonszerkezetű, 20 méter támaszközű vasúti vasbetonhídakat építettek; egyrészük szokásos vasbetonszerkezetként készült, másik részük pedig előfeszített vasbetonból. Az előfeszített vasbetétes vasbetonhíd-tartó magassága 1,15 m, míg a szokásos vasbetonhídé 1,86 m. A költség 15%-kal alacsonyabb, a vasmegtakarítás pedig 66%.

A Szovjetunióban, Tula városában egy háromnyílású vasúti vasbetongerendahíd épült, melynek nyílásai 30,3+40,0+30,3 méter.

Mindezekből kitünik, hogy a feszített vasbetétes vasbetonszerkezetek kezdenek mind nagyobb tért hódítani; fejlődésük nagy jövőre mutat, különösen, ha sikerül 1000 kg/cm^2 szilárdságú betont előállítani és 20—25 000 kg/cm^2 szilárdságú vasanyaggal dolgozni.

Mit várhatunk mi e téren, és mi a teendőnk?

Hazánkban az előregyártás és az előfeszítés nagy mértékben indokolt, mert egyrészt vassal, fával, cementtel erősen takarékoskodnunk kell, az ötéves terv hatalmas feladatai pedig megkövetelik az önköltség-csökkentést, az építési idő megrövidítését és a termelékenység növelését. A népi demokrácia szociális gazdálkodása biztosítja az eredményes munka szükséges feltételeit. A tervgazdálkodás egyrészt több évre előre megállapítja az előregyártandó elemek mennyiségét, másrészt új típustervek révén a lehető leggazdaságosabb gyártást biztosíthatjuk.

Az ötéves terv 180 000 lakás építését irányozza elő, ami mintegy 12 millió m^2 födém létesítését jelenti. Ez magában is biztosítja a megfelelő gyártási üzem felállítását. Ez a hatalmas födémépítési akció egymagában mintegy 80 000 m^2 zsaluzó faanyag és 37000 t vas megtakarítást jelent. Kormányunk intézkedésére rövidesen meg fog indulni egy épületelemeket gyártó üzem, melynek teljesítménye terv szerint évi 100 000 m^3 beton. Ezt a gyárüzemet a növekvő igénynek megfelelően bizonyára több is fogja követni. Létesült továbbá Betontechnikai Intézet is, valamint megfelelő helyhez és berendezéshez jut a Közúti Hídfenntartó N. V. is, mely közúti hídak részére gyárt előfeszített tartókat.

Az épületelemgyártó üzemmel kapcsolatban Proszkurjin és Ivanov szovjet kartársak figyelmeztettek arra, hogy a Szovjetunióban az előregyártó üzemekben csak egyféle elemet gyártanak; a különböző épületelemek részére külön gyárak létesülnek. Eszerint tehát nem célszerű diszpozíció az, hogy — mint a tervezett budapesti épületelemgyárban — különböző elemek előregyártását és előrefeszítését vették tervbe.

A magyar előregyártott vasbetonalj nemzetközi vonatkozásban is elsőrendű; 650000 db, fekszik hosszú idő óta a pályában, és igen jól bevált.

Az előfeszítés a vasbetonaljban különösen nagyjelentőségű, mert a hasznos terhelés alatt repedésmentességet biztosít. Az előregyártott vasbetonaljjal szemben az előfeszített vasbetonalj kisebb magasságú, könnyebb, nem egészen 200 kg a súlya, vasbetétmennyisége pedig a fele, úgyhogy 300 000 alj esetében mintegy 2000 tonna vasmegtakarítás érhető el. Ezenkívül az előfeszített vasbeton-alj rugalmas viselkedése is nagyobbmérvű, mint az előregyártotté. Nyersanyaggazdálkodás szempontjából, de a talpfabehozatal csökkentése érdekében is kívánatos lenne, ha a milliós talpfaszükségletnek jó részét előfeszített vasbetonaljakkal fedeznék.

Hasonlóképpen kellene elősegíteni a vasúti vasbeton-hidak építését is. A MÁV nagy felelőssége tudatában általában idegenkedett vasúti vasbeton-hidak építésétől, aminek egyik főoka az volt, hogy a hasznos terhelés alatt nem lehetett a repedésmentességet biztosítani. Ma azonban ez az aggály az előfeszítés folytán már nem áll fenn, így e téren is indokolt a vasbeton gazdasági előnyét kihasználni.

A Szovjetunióban — a vasúti vasbeton-gerendahídon kívül — közvetlenül a második világháború előtt több 116—120 m támaszközű vasúti vasbeton-ívhíd épült. Ezek közül különösen érdekes egy 1935-ben épült négyvágányú vasúti ívhíd, melynél két főtartó közt fut két vágány, további egy-egy vágány pedig a főtartókon kívül, a kereszttartók konzuljain nyugszik. Lényegében azonos keresztmetszeti elrendezésű a bajai vasúti és közúti híd is. (17. ábra) Dunaharaszti mellett a HÉV vonalán épült egy 52 m támaszközű, merevítőgerendás ívhíd, melynek merevítő gerendájában a középen alkalmazott hidraulikus sajtók folytán bizonyos mértékű nyomófeszültségek állottak elő. A híd immár közel két éve van forgalomban, és sem a merevítőgerendán, sem a vasbeton-függőrudakon repedések nem észlelhetők. (18. ábra).

Az előregyártott és előfeszített elemek alkalmazásának nagyjelentőségű szerep jut a lakóház építésénél.

A különleges kátrányos gipsz-lemezekből összeépített, már említett szovjet kislakásos ház példáján kívül megemlíthetjük a selypi salakkal készült, könnyű beton-blokkokból épült kislakásos házat, továbbá Sámsondi Kiss Béla ú. n rácsbetonházát, melynek főfalai, válaszfalai, födéme és tetője is nagyméretű sík lemezekből áll. Ezek a lemezek 1—3 cm vastag és 10—20 cm magas, egymásra merőlegesen, tartórácsszerűen elhelyezett vasbetonbordákból állnak.

A bordák nem fazsaluzásban, hanem víz-szívó könnyű anyagból álló béléstestek közt készülnek.

Ebben a rendszerben épült használati tapasztalatok gyüjtése céljából az Épületelemgyártó N. V. telepén egy kétszobás mintaház.

E téren nagy tapasztalatok állnak a Szovjetunióban rendelkezésre. Moszkvában a Peszcsanaja-utcában jelenleg 300 többemeletes ház épül gépesített és szalagszerű gyors építési rendszerben, előregyártott elemekből olymódon, hogy a helyszínen már csak az összeszerelési munkákat kell elvégezni. Munkák elvégzésére, melyhez régen 12 emberre volt szükség, eszerint az új építő mód szerint egy munkás is elég. A vízszintes és függőleges szállítás főeszköze a toronydaru. Ebben a szalagszerű, gyors építési rendszerben 30 különféle munkafolyamatot egyeztettek össze — a munkások és mérnökök szoros együttműködése alapján.

Hazánkban jelenleg számottevő üzemi előregyártás csak a vasúti vasbetonalj készítésénél folyik.

Az épületelemek, a födémtartók üzemi előregyártása nem kielégítő, mert még nem kellően gépesített. Továbbá minden részletükben sürgősen ki kell dolgoztatni az előregyártott és előfeszített vasbetétes lakóházfödém típusterveit. A helyszíni előregyártás nálunk még a kísérletezés stádiumában van, jóllehet történtek már figyelemreméltó kezdeményezések. Nagy gyári csarnokok elemei készültek helyszíni előregyártással, főleg mikor az építési idő csökkentése volt a főkövetelmény ; a gazdaságosság szempontja ilyenkor háttérbe szorult.

Helyszínen előregyártva készülnek tetőlemezek, ajtók- és ablakkeretek, a mezőgazdaságban dohányszárítók, kukoricagórék ; épülnek szétszedhető munkásbarakok és raktárak is.

Az előfeszítést illetőleg nálunk még kezdeti a helyzet, bár több kísérlet történt e téren is. A Nagybátony-Újlaki téglagyár telepén öt darab 100 m hosszú feszítőpad van, melyen a Stahlton-födém pallóit feszítették elő ; jelenleg ezt a berendezést nem használják. A Ganzgyárban készült egy 80 m hosszú darupályatartó előfeszített vasbetétekkel. Azonban ma pl. nem gyártanak előrefeszített vasbetétes födémtartókat.

Jó eredménnyel biztat a közúti, előrefeszített vasbetétes hídtartók gyártása. A Közúti Hídfenntartó N. V. budapesti telepén 16 méter támaszközű, 1 méter magas tartókat készít, melyeket erre a célra szolgáló közúti gépkocsin szállítanak a helyszínre. Ilyen tartókkal épül Szár község közelében egy közúti híd. Szabadszállás mellett pedig kis vasbeton-lemezhíd épült, helyszínen előfeszített vasbetétekkel.

Az előregyártás révén 10—25%-os költségcsökkentéssel lehet számolni. Az előfeszítés és az utánfeszítés pedig az eddigi vasbetonból tökéletesebb építőanyagot formál, mely hajlítás esetében sem reped meg.

Nagyszilárdságú beton és igen nagyszilárdságú vasbetét együttes alkalmazása további önsúlycsökkenést és számottevő — 50—80%-os — vasanyagmegtaka-

rítást jelent. Az előregyártás és előfeszítés meghonosodásával a beton- és vasbetonépítmények létesítéséhez ezentúl alig lesz fára szükség ; egészen megváltozik az építés képe, nem látunk majd faerdőt, és a helyszínen már csak az összeszerelési munka fog folyni.

Az előregyártás és előfeszítés révén számottevő anyagmegtakarítás érhető el vasban, fában, cementben egyaránt, az építési idő megrövidül, az önköltség csökken, a termelékenység nagyobbodik, és ezzel az ország építési kapacitása is tetemesen megnövekszik.

Az előregyártás és az előfeszítés jól illeszkedik a szocialista gazdasági rendbe, ahol meg is találja továbbfejlődésének biztos alapjait.

Kérdés már most, milyen intézkedések szükségesek ahhoz, hogy a korszerű előregyártás és előfeszítés hazánkban is minél előbb teljes hatásfokkal bevezethető legyen.

Elsősorban megfelelő építőanyagokat kell biztosítani. Szükség van 16 000 kg/cm^2 szilárdságú 2—7 mm átmérőjű acélhuzalokra, melyek közül a 3—7 mm átmérőjűek nem sima felületűek. Vasműveink ezeket gyártani már tudják, csak a megfelelő mérsékelt árat kellene biztosítani. A jövő fejlődés megkívánná 20 000—25 000 kg/cm^2 szilárdságú acélhuzalok gyártását is, ha utánfeszítés céljából kábelek állanának rendelkezésre.

Szükség volna nagy kezdőszilárdságú és kiszsugorodású portland-cementre. Ilyet eddig még nem sikerült nálunk előállítani.

Osztályozott adalékanyagot kellene biztosítani és adalékanyag-telepeket létesíteni ; gyárszerű üzemben könnyűbetont kellene előállítani.

Szükség volna a vibrálás és a gőzölés végrehajtási utasítására, nem különben az előfeszített vasbetétes vasbetonszerkezetek méretezésére és tervezésére vonatkozó szabályzatra. Célszerű lenne a betonkészítésről szóló utasítást kiadni.

Nagyon sürgős feladat a beton-szakmunkások kiképzése. Uj szabályzataink — a korszerű haladásnak megfelelően — az eddiginél kisebb biztonsággal elégednek meg, minőség-betont feltételezve. Ezzel szemben a nagyfokú szakmunkáshiány miatt a beton minősége leromlott és igen változó.

Sürgősen intézkedni kellene, hogy az 1950-ben megszűnt mérnök-továbbképzés megint folytatódjék.

Minden vonalon biztosítani kell a teljes gépesítést ; meg kell tehát, hogy sürgősen induljon a korszerűen berendezett és vezetett épületelemgyártó üzem, mely elsősorban előregyártott és előfeszített födémtartókat és béléstesteket gyártana. Ehhez azonban az szükséges, hogy az Építéstudományi Intézet a megfelelő födémtípusok terveit minden részletükben kidolgozza, természetesen próbafödémek vizsgálata alapján.

Az épületelemgyártó üzem legcélirányosabb technológiai üzemtervének kialakítása tanácsossá tenné elsősorban a Szovjetunió hasonló üzemeinek tanulmányozását.

Nagy feladatot jelent még a fafedélszékeknek vasbetonszerkezettel való

helyettesítése. Itt is sürgősen szükség van a mi viszonyainknak megfelelő típustervek készítésére.

A födémtartókon kívül meg kellene kezdeni elsősorban az előfeszített vasbetonaljak, valamint a közúti és vasúti hídtartók és távvezeték-oszlopok nagybani gyártását. Elsőrendű szükségletként jelentkezik a betoncsatornacsövek gépesített előállítása.

Az előfeszített vasbetonszerkezetek mellett rendkívüli fejlődést jelentenek a héjszerkezetek.

A Zeiss-Dywidag héjrendszert igen fáradságos, nagy matematikai munkával teljesen elméleti alapon építették ki. Kiváló alkotás volt a jenai Schott-gyár 40 méter átmérőjű, viszonylag lapos kupolája, mely csak 6 cm vastag, és egy megszokott elrendezésű vasbetonépületet fed be, hirdetve a fejlődést hatalmasan elősegítő elméleti tudást. A héjszerkezetek igen nagyméretű területek hatalmas belső térhatású lefedését teszik lehetővé, s nagy anyagmegtakarítást biztosítanak a szokásos vasbetonszerkezetekkel szemben. Még a fölszabadulás előtti időkben készült egy komoly, kivitelre alkalmas terv egy stadion lefedésére — elliptikus alaprajz felett — melynek egyik átmérője 288 méter, a másik pedig 192 méter. A héjszerkezetek általános alkalmazása egyik feltétele, hogy a rendkívüli nagy munkát igénylő méretszámítás helyett megfelelő közelítő számítás legyen. A másik nehéz feladat pedig az állványozás kérdésének gazdaságos megoldása.

A vasbeton a vasnak hatalmas versenytársa lett. A vonóvasas, valamint a merevítő-gerendás ívhídak nagyobbmérvű elterjedése újabb térhódítást jelent. A vasbeton alkalmazása révén igen sok vasat lehet megtakarítani, de — különösen a hídszerkezetek terén — még ma is sok vasra van szükség. Ennek csökkentésére, nagynyilású tartók esetén az egyik — már említett — mód az lenne, ha a rendes folytvas helyett nagyobb, kb. 5000 kg/cm² szilárdságú olyan vasat alkalmaznának, amely jól hegeszthető, és nem volna túl drága, úgyhogy használata végeredményben gazdasági előnyt is jelentene.

Számottevő vasmegtakarítást érhetnénk el, ha a szögecselés helyett áttérnénk a hegesztésre. Ma már a hegesztéssel hídszerkezetek gyártása esetén sincs nehézség, mivel a hegesztések felülvizsgálása röntgenkészülék segítségével jól megoldható. A hídak — főleg a nagy vashídak — építése igen sok fát igényelt. Lényeges faanyagmegtakarítás volna elérhető, és az építési időnek igen nagymérvű csökkenése, ha a helyszíni összeépítés gépi fölszereléssel történnék. A fölrobbant budapesti hídak példája megmutatta, hogy milyen nagy segítséget jelentett a két úszódaru — az Ady Endre és a József Attila — munkája.

Említésre méltó haladást jelentett a Sztálin-híd és a délivasúti híd építése során alkalmazott ú. n. *szabad szerelés* is, mely daruk segítségével, kevés fajárommal gazdaságos és gyors építést tett lehetővé.

A romokból sok vastartó került ki, melyeket célszerűen lehetett fölhasználni a vasbetonlemezes vastartós közúti gerenda-hidak építésénél. E hidak

építése során a vastartókra is alkalmazást nyert az előrefeszítés, meggörbített alakban történt beépítésük révén.

A vasanyag megtakarításának még egy népszerű gondolatáról kell megemlékeznünk, nevezetesen a vasnak aluminiummal való helyettesítéséről.

Jóllehet a kellő szilárdságú ötvözet rendelkezésre állana, a védőmázolás vagy fémmel való bevonás meggátolná a korróziót, a hideg szögecselés problémái is megoldottnak tekinthetők, az építőgyakorlat ennek ellenére igen óvatosan kezeli az alumínium-kérdést. Nagymérvű alkalmazásáról még mindig nincs szó. Hátránya az alumíniumnak kis rugalmassági modulusa, mely egyharmada a folytvasénak és nagyobb lehajlásokat jelent. Nagy akadály az alumínium magas ára is, úgyhogy még főleg csak szétszedhető vagy mozgó szerkezetek esetében jöhet szóba, melyeknél a lényegesen kisebb súly a döntő. Célszerűen alkalmazható csőállványok és hídprovizoriumok készítésére. Szabadszálláson kísérletképpen épült egy 12 m nyílású közúti híd alumíniumból, valamint alumíniumból készültek a Kossuth-híd pályavizsgáló kocsijai is.

Az ötéves terv sikerének előmozdításában a Magyar Tudományos Akadémia is kiveszi részét. Égisze alatt számos kutatómunka folyik, melyek az építőipar súlyponti feladatait próbálják megoldani. Ilyenek pl. a nagy kezdőszilárdságú minőség-beton készítése, könnyűbeton előállítása, új cementfajták bevezetése, az előregyártott és az előfeszített vasbetonszerkezetek problémái, a magyar cementek zsugorodása és lassú alakváltozása, műanyagok kikísérletezése, föld útprobléma, gátak alatti szivárgás, bitumenek minősítse, cölöpjármok stabilitása. Rendkívül nagy jelentőségű ipari súlyponti feladat a vas és cement előállítása bauxitból. Az újonnan szervezett Akadémia különös gondot fordít arra, hogy a tudomány és a gyakorlat közt harmonikus kapcsolat legyen.

Az építőipar terén kétségtelenül még sok a teendő, amíg odáig fejlődik, hogy mint nagyipari üzem hathatósan szolgálja a szocializmus építését.

HOZZÁSZÓLÁSOK MIHAÍLICH GYŐZŐ RENDES TAG ELŐADÁSÁHOZ

A HÉJSZERKEZETEK ELTERJEDÉSÉT GÁTLÓ OKOK ÉS AZOK KIKÜSZÖBÖLÉSE

PELIKÁN JÓZSEF műegy. int. tanár

A héjszerkezetek kérdéséhez hozzászólva vizsgáljuk meg röviden azokat az okokat, amelyek ezeknek a rendkívül sok lehetőséget nyujtó és gazdaságos szerkezeteknek széleskörű alkalmazását akadályozzák. Az alkalmazást gátló okok kivizsgálása után néhány javaslatot tennék arra nézve, hogy milyen területeken lehetne a műszaki tudomány az építőiparnak segítségére abban, hogy a héjszerkezetek általánosabb bevezetésével is előbbre vigye az építőipar önköltségcsökkentésének fontos ügyét.

Az alkalmazást gátló okok közül elsősorban a tervezéssel és a méretezéssel járó nehézségeket kell megemlítenem. Már a nagy vonalakban való megtervezés is igen széleskörű ismereteket igényel, amilyenekkel gyakorló mérnökeink legnagyobb része még nem rendelkezik. A kiválasztásnál tekintetbe vehető héjszerkezetek — az eggyel nagyobb dimenziószám miatt, — a síkbeli erőjátékú szerkezeteknél sokkal nagyobb változatosságot mutatnak.

A lehetőségekre nézve a tervezőnek igen nehéz tájékozódnia ; ezek összefoglaló módon nem találhatók meg a műszaki irodalomban. A szétszórtan található anyag — mely a lehetőségeket távoltól sem meríti ki — általában nem tartalmaz rövid és világos utalást a megjelenési alak, a működésmód és a gazdaságosság kérdéseire.

Ha a fent vázolt nehézségek ellenére is héjszerkezet mellett dönt a tervező, újabb nehézségek a méretezés vonalán jelentkeznek. A héjszerkezeteknek eddig kialakult számításmódja rendkívül bonyolult és hosszadalmas matematikai műveleteket igényel. A méretezéshez általában magasabbrendű parciális differenciálegyenleteknek a héj széleihez csatlakozó szerkezetek által megszabott kerületi feltételeket kielégítő megoldása szükséges. Ilyenfajta matematikai ismeretekkel mérnökeink legnagyobb része nem rendelkezik, de ha rendelkezik is, még mindig komoly akadályt jelent a számításnak többnyire igen terjedelmes volta. Egyes törekvések ezen a nehézségen úgy igyekeznek segíteni, hogy alapjában más számítási módot keresnek. Abból indulnak ki, hogy az eddigi számításmódok homogén anyagot feltételeznek, pedig a héjszerkezetek építésénél alkalmazott anyag, a vasbeton, nem homogén, tulajdonságai elég tág határok között ingadoznak. Beérhetnénk tehát egy kisebb pontosságra törekvő egyszerűbb számítással is, ha sikerülne ilyent találnunk. Ezek a törek-

vések azonban idáig kevés eredménnyel jártak. Legfeljebb nagy egészükben gerendaszerűen működő héjszerkezeti alakok esetében beszélhetünk eredményről, bár ezek a módszerek sem adnak egészen határozott méretezési eljárást, és egyelőre inkább tekinthetők nagy tapasztalattal rendelkező konstruktörök egyéni eljárásának, mint általános módszernek.

A nehézségeknek más módon való csökkentése az volna, ha a klasszikus számításmód megtartása mellett a számítás elvégzéséhez szükséges időt tudnánk csökkenteni. Mint ilyen munkamegtakarítást jelentő lehetőséget, említem meg a *Műegyetemi Közlemények* 1949. évi 1. számában közölt újszerű sorbafejtést. A héjszerkezeteknél ugyanis a differenciálegyenletek megoldhatósága sokszor azon múlik, hogy a terhelés a szerkezeten milyen függvény szerint oszlik el. A terhelésnek trigonometrikus függvény szerinti eloszlása esetén a megoldás legtöbbször lehetséges. De adott terhelés esetén is el lehet végezni a számítást, ha az trigonometrikus függvények szerint elosztott terhelésekből tehető össze. Egy adott függvényt trigonometrikus függvények összegeként az úgynevezett Fourier-féle sorbafejtéssel szoktak előállítani. Ez a sorbafejtés azonban a gyakorlatban előforduló terhelésfüggvények esetében igen lassan konvergál; éppen ez az oka a számítás hosszadalmas voltának. Az említett sorbafejtés annyiban egyszerűsíti a számítást, hogy annak két tagja 18 Fourier-taggal, három tagja mintegy 400 és négy tagja mintegy 10 000 Fourier-taggal egyenértékű.

A méretezéshez szükséges munka csökkentése mellett még a szükséges matematikai ismeretek mennyiségét is csökkenteni lehetne, ha a leggyakrabban előforduló héjszerkezeti alakok számítására kész képleteket és táblázatokat tudnánk a tervezők rendelkezésére bocsátani. Sok esetben egy bonyolult számítást néhány sorban el lehetne végezni. Ez vonatkozik pl. a tartályépítésben alkalmazható kúpalakú héjak esetére. Egy ilyen táblázat elkészítése természetesen rendkívül nagy munka, de a gyakorlatban az sokszorosan megtérülne.

A héjszámítás nehézségei a fent vázolt mértékben csak akkor jelentkeznek, ha a héjszerkezetben a nyomó, illetve a húzó igénybevételek mellett hajlító igénybevételek is fellépnek. Ha ilyenek nem lépnek fel vagy elhanyagolhatóan kicsinyek, a számítás lényegesen egyszerűsödik, mert a legnagyobb nehézséget jelentő kerületi feltételek egyrésze elmarad. Sajnos ez a számításmód csak akkor alkalmazható, ha a szerkezet szélein a csatlakozó szerkezetek alakváltozása éppen olyan, amilyen a hajlításmentesség feltételéből adódik. Ez azonban a gyakorlatban nagyon ritkán fordul elő. Itt szeretnénk azonban rámutatni egy korszerű szerkesztési lehetőségre, amely a feszítés módszerével függ össze A feszített betonszerkezet nemcsak acélmegtakarítás szempontjából rendkívüli jelentőségű, hanem azt a lehetőséget is magában rejti, hogy a szerkezeti elem alakváltozását tetszés szerint befolyásolhatjuk. Így a feszítés segítségével módunk ban van héjszerkezeteinkben az egyszerűbben számítható és egyúttal jobb anyagkihasználást biztosító hajlításmentes feszültségállapotot kikényszeríteni.

Konkrét példa tekintetében hadd utaloK ismét egy cikkre, mely az *Építés, építészet*, ezévi 1. számában jelent meg *Feszített és előregyártott héjszerkezetek* címmel.

A héjszerkezetek széleskörű alkalmazását gátló egyéb nehézségek egyrészt nem tudományos jellegűek, másrészt a már felsorolt nehézségeknél kisebb jelentőségűek, ezért szükségtelennek tartom azokat is részletesen megvizsgálni.

A felsorolt nehézségek azonban feltétlenül a Magyar Tudományos Akadémia ünnepi hetének problémái közé kívánkoznak. A tudomány más területeinek képviselői nem egyszer nyilatkoznak némi lekicsinyléssel az építéstudományról; a héjszerkezetek problémája azonban, úgy vélem igen nagy gazdasági jelentősége mellett vitathatatlanul és a legnagyobb mértékben tudományos probléma is, bármilyen szigorúan fogalmazzuk is meg a tudomány fogalmát. Ez a kérdés tehát mindenképpen megérdemelné a Magyar Tudományos Akadémia támogatását. A támogatás módjára nézve javaslataim a következők:

1. A felállítandó akadémiai intézetek keretében létesítsen a Magyar Tudományos Akadémia olyan osztályt, melynek egyedüli feladata a héjszerkezet tudományos kérdéseivel való foglalkozás.

2. Támogassa a Magyar Tudományos Akadémia egy szerkesztő mérnököknek szóló héjszerkezeti könyv, illetve könyvsorozat megírását, mely a héjszerkezetek elméletén kívül a héjszerkezetek számításának gyakorlati módját is részletesen tárgyalja, és azt minden lehetséges módon megkönnyíti.

3. Támogassa a Magyar Tudományos Akadémia egy tervező építészmérnököknek szóló héjszerkezeti könyv megírását, mely mellőzve a számítás kérdéseit, a héjszerkezetek formai lehetőségeit és erőjátékát megismerteti a tervezők széles körével.

Ezeknek a javaslatoknak a megvalósításával elérhetnénk azt is, hogy a héjszerkezetek feszített és előregyártott kivitelben nálunk lennének először általánosan használtak; az erkölcsi eredményen kívül ez jelentős anyagi eredményekkel is járna.

A VASBETON HÍDÉPÍTÉS FEJLŐDÉSI IRÁNYAI MAGYARORSZÁGON

MENYHÁRD ISTVÁN mérnök

Hazai vonatkozásban a ma kivitelre kerülő vasbetonhidak három csoportra oszthatók:

1. helyszínen készült vasbeton hidak;
2. acélszerkezettel kombinált vasbeton hidak;
3. előregyártott vasbeton hidak.

1. *A helyszínen készült vasbetonhidak* — összehasonlítva a felszabadulás előtt készültekkel — fejlettebbek. Ma általában olyan szerkezeteket alkalma-

zunk, amelyeknek erőjátéka egyszerű, és olyan számítási módot követünk, amely a valóságos erőjátékot jobban megközelíti. Ezeknek az elveknek a következetes alkalmazása erőtanilag helyesebb, költség szempontjából pedig gazdaságosabb megoldások kialakítását eredményezi.

Az alkalmazott tipikus hídszerkezetek :

a) *Lemezszerkezetek.*

A lemezszerkezetű hídakat mint kéttámaszú tartókat 3—12 m nyílásig, mint többtámaszú és kerettartókat pedig mintegy 20 m nyílásig alkalmazzuk. Ezeknek a hídaknak legfőbb előnyük az alacsony szerkezeti magasság és az előállítás egyszerűsége. Kis nyílásoknál (kéttámaszú tartóknál 6—8 m-ig, többtámaszú tartóknál 10—12 m-ig) általában gazdaságosak, ezen felül csak akkor, ha a szerkezeti magasság adta előny más, nagyobb szerkezetű hidakkal szemben a költségekben is megmutatkozik úgy, hogy pl. földmunkát takarítunk meg. Legújabb alakja a merevített szegélyű lemezhíd, amelynél a lemez szélein alkalmazott gyalogjárókat viszonylag alacsony vasbetontartónak képezzük ki, az így keletkező szélső tartókat pedig a lemez keresztirányú rugalmas megtámasztására használjuk fel. Ezek a lemezhidak tehát kétirányban méretezettek és pontosabban követik a lemezszerkezet valóságos erőjátékát. A régi méretezési mód, amely többé-kevésbbé önkényesen megszabott együttdolgozó szélesség alapján történt, ezeknél az új szerkezeteknél egyrészt kevésbbé gazdaságos, másrészt bizonytalan.

b) *Bordás vasbeton hidak.*

A bordás vasbeton hidak általában 10—30 m közötti nyílások áthidalására szolgálnak ; a felső határ (30 m) természetesen már csak többtámaszú vagy kerettartók közbülső nyílásánál jöhet számításba. A fejlődés jelenlegi irányát a főtartók számának csökkenése jellemzi. A régi 4—5 főtartós hidaktól az út a két-, legfeljebb három főtartós hidakhoz vezetett, annak ellenére, hogy hídjaink pályaszélessége időközben megnőtt. Ma ezeket a főtartókat együttdolgozónal számítjuk ; az együttdolgozást kereszttartók, esetleg az erőteljesen kiképzett pályalemez, vagy mindkettő együttesen biztosítja. Az együttdolgozásnál figyelemmel vagyunk arra, hogy a tartó vagy a pályalemez csavaró ellenállását is számba vehessük, amivel a mértékadó nyomatékot számszerűleg csökkenthetjük. Ez a csökkentés a valósághoz való közeledést jelent, mert a szerkezet valójában is így dolgozik. Ha a csavaró ellenállást figyelembe veszszük, arra az érdekes eredményre jutunk, hogy a két főtartós gerendahíd nyomatékai kisebbek lesznek, mint amekkorákat a kéttámaszú teherátvitelből számíthatunk. Ezt a tényt próbaterhelések alkalmával végzett mérések is igazolják. A szerkezet valóságos működésének megfelelő belső erők pontos

számításbavétele kisebb méreteket eredményez, és így az ilyen híd gazdaságosabb is.

c) *Helyszínen készült vasbeton hidak utólagos előfeszítéssel.*

Ez a hídtípus Magnel munkássága után különösen Belgiumban ismert. 1949 évben két ilyen kísérleti hidat építettünk; mindkettő 1950-ben készült el. Ezekből a kísérleti hidakból végleges következtetést még nem vonhatunk le, mert az építés körülményei, sajnos, nem voltak megfelelőek. Nem annyira a szerkezettel vagy a megfeszítéssel volt a baj, mint inkább a beton minőségével. Ez nem volt teljes mértékben megfelelő, főleg azért, mert e hidak télen készültek, és a hirtelen beálló hideg idő a munka minőségét is, a beton szilárdságát is erősen befolyásolta. A megfeszítési rendszer, amelyet itt alkalmaztunk, a külföldiekhez képest egyszerűbbnek és megfelelőbbnek látszik. Remélhető, hogy kedvezőbb körülmények között ez a hídtípus beválik, és alkalmazni is fogjuk. Előnye a viszonylag kicsi, még a szokványos lemezhidakénál is kisebb szerkezeti magasság, továbbá az acél gazdaságos kihasználása.

2. *Az acélszerkezettel kombinált vasbeton hidakat* félig előregyártottnak nevezhetjük, mert a vasszerkezet a helyszínen készülő vasbetonszerkezethez képest majdnem kész építőelem. Ezeknek a hidaknak is több típusuk van.

a) A leggyakoribb típus a kisebb (5—15 m) nyílású, négy vagy öt főtartós, vasbeton pályalemezzel bíró híd, melynek szerkezeti magassága nagyobb ugyan, mint a lemezhidaké, de kisebb, mint a bordás vasbeton hidaké. Ezekhez viszonylag sok acél kell; alkalmazásuk mégis gazdaságos bizonyos esetekben:

ha olyan, pl. roncsokból kitermelt acélanyag áll rendelkezésünkre, amelyet más célra felhasználni nehéz, ilyen szerkezethez viszont átalakítás nélkül vagy csekély átalakítással alkalmazható,

ha gyorsabban akarunk építeni,

ha a vasbetonszerkezet állványozása igen költséges, pl. két vagy három főtartós, nagyobb nyílású völgyhídnál. Itt az állványozásban elért megtakarítás és az építési idő megrövidítése megeri azt a költségtöbbletet, amibe az acélszerkezet kerül. Ez a hídtípus külföldön is elterjedt.

Az acélgerendákkal kombinált vasbeton-pályaszerkezetű híd számításánál figyelembe vesszük az acélgerendák és a pályalemez együttműködését, és úgy alakítjuk ki a szerkezetet, hogy a pályalemez és az acélgerenda közötti kapcsolat tökéletes legyen. Ennek az eljárásnak nemcsak az a célja, hogy gazdaságosabb szelvényeket alkalmazzunk, hanem az is, hogy a pályaszerkezet és a főtartók különböző rugalmas viselkedéséből származó hibákat megszüntessük. Általános tapasztalat ugyanis, hogy azok a vasbeton pályaszerkezetek, amelyeket vastartókkal ugyan alátámasztottunk, de a vastartókat tökéletesen nem kötöttük a betonba — hogy ezek mint egységes szelvény, együtt hajoljanak meg — sokszor összerepedeznek. Ennek az a magyarázata, hogy az acéltartók

a lemezhez képest, mint viszonylag igen hajlékony alátámasztások működnek, számításainkban pedig e nagymértékű hajlékonyságot nem tudjuk pontosan figyelembevenni.

b) *Merev vasbetétes vasbetonhidak és szerkezetek.*

Nagynyílású vasbeton ívhidakat merev vasbetétes szerkezettel építettünk és a merev vasbetéteket a híd állványozására, illetve az állványozás költségének csökkentésére használtuk fel. Ez a szerkezettípus tekinthető a multban is sikerrel alkalmazott, vonórudas vasbeton ívhidak korszerű alakjának.

Merev vasbetétes elemeket acélhidak pályaszerkezetéhez is szoktunk alkalmazni; Így pl. a pályaszerkezet nagy fesztávú kereszttartóit néha úgy képezzük ki, hogy az egyúttal rácsos acéltartó is, melyet a pályalemezzel együtt végül bebetonozunk. Ilyenkor az acéltartó a zsaluzás alátámasztására szolgál és a pályaszerkezet önsúlyával előfeszítődik.

3. *Az előregyártott vasbetonhíd* nálunk a múlthoz képest újdonság. Lényege, hogy a megfelelő gyárakban előfeszített vasbetontartókat, pályalemezelemeket stb. gyártunk, és azokból a helyszínen rakjuk össze a teljes hidat. Az első ilyen kísérleti hidak most épültek. Nyílásuk mintegy 17 m; főtartóik előregyártottak, de a pályalemezt a helyszínen betonozták. Ebben az alakjukban tulajdonképpen az acélgerendás, vasbeton pályaszerkezetű hidakhoz hasonlítanak azzal a különbséggel, hogy a főtartók is vasbetonból készülnek. Az előregyártás továbbfejlesztésével a pályalemezt is előregyártott vasbetonpallókból állíthatjuk elő, a gyalogjárót pedig megfelelően kialakított szelvényekből. Bár némi helyszíni betonozási és szerelési munkát nem lehet elkerülni, de az állványozás és a zsaluzás költségei minimálisak lesznek, s a hídépítés ideje is megrövidül. A helyszíni betonozást teljesen kiküszöbölni nem is volna észszerű, mert elvesztenénk azt az előnyt, ami a vasbeton monolitikus jellegéből adódik. Éppen a magasépítésben láttunk a közelmúltban néhány példát az előregyártás túlzott és helytelen alkalmazására. A következménye több építési szerencsétlenség volt; magyarázatuk abban rejlik, hogy ezek az előregyártott szerkezetek nem monolit-szerkezetek többé, az egyes elemek egymáshoz való kapcsolata pedig koránt sincs úgy megoldva, ahogyan a nem monolitikus szerkezeteknél — pl. a vas- vagy faszerkezeteknél — megszoktuk.

Összefoglalásként záradékul megállapíthatjuk, hogy a vasbeton hídépítés — tekintve mai technikai berendezésünket — korszerű irányban halad. A fokozott gépesítés és a munka minőségének javulása a helyszínen készült vasbetonszerkezetektől a vasszerkezetekkel kombinált és az előregyártott vasbeton hidak irányába mutat. Az előfeszítés technikájának fejlődésével az ötéves terv elkövetkező éveiben az előfeszített és előregyártott vasbeton szerkezetű hidak még jobban elterjednek majd; ha pedig acélgyártásunk szűk keresztmetszete tágul, számíthatunk a kombinált acél- és vasbetonszerkezetű hidak nagyobb térhódítására is.

ELŐREGYÁRTOTT VASÚTI VASBETONALJ ÉS VEZETÉKTARTÓ OSZLOP

RATHING FERENC mérnök

Vasbetonalj

A vasúti vasbeton keresztalj jelentőségéről tájékoztatást nyujthat az az adat, hogy a MÁV az 1950-es tervének végrehajtásához 1400000 db keresztaljszükségletet irányzott elő. Ebből a hazai talpfatermelés mindössze 300000 db tulnyomórészt rövid talpfát tud biztosítani, a hazai normális vasbetonaljtermelés pedig további 350000 db-ot produkál. A hazai termelés tehát a szükségletnek alig 50%-át fedezi. A fennmaradó részt import útján kell beszerezni. Így a talpfabehozatal népgazdaságunk külkereskedelmének egy tekintélyes hányada. Ez a magyarázata annak, hogy a kormányzat tervgazdálkodást irányító szervei mindent elkövetnek a hazai termelés fokozásának elősegítésére. Az erdőgazdálkodás terén végrehajtott intézkedések eredményei csak később mutatkozhatnak, így a súlypont a vasbetonaljgyártás kapacitásának fokozásán van.

Ez a tény indokolja a kormányzat azon intézkedését, hogy a nyergesújfalui egyetlen vasbetonalj-gyár 1949-es kapacitását a gőzölés bevezetésével — és egyéb gyártási fázisokban is az idényjelleg kiküszöbölésével — a kétszeresére emelje.

A normális vasbetonalj alkalmazásának itthon több, mint 30 éves multja van. Az 1918. évben 165 db vasbetonaljat építettek be. Ez a szám a felszabadulásig 620 000 db-ra — és azóta újabb 1 000 000 db-bal 1 600 000 db fölé emelkedett. A beépített vasbetonaljak a MÁV jelenlegi beépített aljállományának már kb. 1/8 részét teszik ki.

Az elmúlt évtizedek folyamán bőséges alkalom nyílt a vasbetonalj konstrukciójának, a gyártmány minőségének, — a gyártás technológiájának,— valamint a szállítás, kezelés, beépítés és fenntartás műveleteinek állandó tökéletesítésére és lehető legjobb kialakítására. *Megállapítható, hogy mindazon államok között, ahol a fa hiánya miatt vasbetonaljat alkalmaznak, a hazai produkció mind mennyiségi és minőségi, mind gazdaságossági szempontból vezető helyen áll.*

A vasbetonaljnak szerkezeténél fogva számos olyan hátránya van, mely az előrefeszítés alkalmazásával nagyrészt kiküszöbölhető — de az aljankénti netto 13,62 kg betongömbvas-szükséglet, az előrefeszített vasbetonalj 4,80—5,65 kg acélhuzal-szükségletével szemben anyaggazdálkodási szempontból is *indokolttá tette az előrefeszítés bevezetését.*

A normális vasbetonalj-gyártás körül szerzett tapasztalatok birtokában,

valamint a külföldi eljárások tanulmányozása után fogtunk hozzá a kísérletekhez, melyek egy teljesen eredeti hazai gyártási eljárás kialakításához vezettek. Ezen kísérletek eredményét 1948. szeptember 10-én próbagyártás keretében mutattuk be.

Azon 6 db vasbetonaljat, melyet 2 évvel ezelőtt jelen volt kartársaink szeme előtt készítettünk, elküldöttük a zürichi (EMPA) Anyagvizsgáló Intézetnek Svájcba, hogy statikai és fárasztási vizsgálatoknak vessék alá őket.

Az eredmények múlt év decemberében érkeztek meg.

Az előrefeszített aljakon végzett kísérletek eredménye

I. Anyagok.

Az anyagvizsgálat a vasbetonaljakból vett mintákon történt. A betonanyag húzó- és nyomószilárdságát 4 · 4 · 16 cm-es prizmákon mérték. Az eredményeket az 1. ábra foglalja össze.

A 2. ábrában az acélhuzalok szilárdsági adatai vannak megadva. Az eredmények szerint az akkori Deichsel-cég által gyártott 2,5 mm acélhuzalok átlagos húzó-szilárdsága 175 kg/mm² volt, a szakítási nyúlás 200-mm hosszon 1,4%, ami a szokásosnál kisebb. A huzalok arányossági határa a szakító szilárdság 52,5%-a, folyási határa pedig 87,5%-a.

A készítés után éppen egy évvel történt a huzalokban meglévő előrefeszítés megállapítása és ez átlagban 98 kg/mm² volt. Ez az érték a számításokkal jól egyezett. A huzalokat hullámosítva építettük be az aljakba és a vizsgálat szerint tapadásuk elsőrangú volt.

II. Sínalatti keresztmetszet

Az aljak egy sorozatán a sínalatti keresztmetszetet vizsgálták. A 3. és 4. ábra a fárasztási kísérlet elrendezését mutatja vázlatban, illetve fényképben. Az 5. ábra a terhelések és lehajlások grafikonja. A vízszintes tengelyen a lehajlások, a függőleges tengelyen a terhelési fokozatoknak megfelelő erők vannak felrakva. Minden egyes terhelési fokozathoz be vannak írva az ismétlések számai. (Fokozatonként átlag 1 000 000.) A grafikonon jól megfigyelhető a 8,5 tonna terhelésig (1. repedés) a fárasztó igénybevétellel szemben mutatott teljesen rugalmas viselkedés. Ezen a terhelési fokozaton felül pedig megfigyelhető az ismétlődő, de nem növekvő terhelések hatása alatt fokozódó lehajlás, ami már az anyag fáradására jellemző hiszterézist mutatja. A 6. ábra a repedési és törési képet mutatja.

III. Középkeresztmetszet

A vizsgálat során a közép-keresztmetszetet ú. n. fellovagló terhelésse vették igénybe. Vasúti keresztaljaknál a közép-keresztmetszetben ez a leggyakoribb igénybevétel. A 7. ábra a kísérlet elrendezésének vázlatát, a 8. ábra

fényképét ábrázolja. A 9. ábra a terhelések és áthajlások grafikonját, a 10. ábra a repedési és törési képet mutatja.

A lehajlások grafikonja ugyanolyan jellegű, mint a sínalatti keresztmetszet terhelésénél. A repedések képe pedig világosan mutatja azoknak majdnem szabályos eloszlását és a nyomatékkal arányos mélységét. A repedések ilyen képe jellemző a huzaloknak a betonhoz való jó tapadására.

A kísérleti aljak viselkedése csaknem a törésig rugalmas volt. A törés hajlításból származó húzóerő folytán következett be a huzalok szakadása útján.

Nyírási igénybevételből keletkező repedés nem volt észlelhető. A fárasztási terheléssel vizsgált aljak teherbírása mind repedés, mind törés szempontjából a statikusan vizsgált aljak teherbírásának 85—95%-át érte el. Ez egyrészt az anyag jó minőségét, másrészt a szerkezetnek fárasztó igénybevétellel szemben való jó ellenállását mutatja.

A normális és az előrefeszített aljak összehasonlítása

A 11. ábrán látható táblázat összehasonlító adatokat tartalmaz a normális lágyvas-betétes betonaljak és az előrefeszített vasbetonaljak teherbírási viszonyait illetően. Az 1. rovatban a méretezésül alapul vett nyomatékok szerepelnek. A normális »B« típusú alj nyomatékait 23 tonna statikus tengelynyomásra számították ki a Zimmermann-féle elmélet alapján. Az előrefeszített alj nyomatékait a British Standard előírta 20 tonna *sín-nyomás*, valamint az előírt ágyazati reakciómegoszlás alapján számították. A méretezés alapjául szolgáló nyomatékokból kitűnik, hogy a kétféle alj teherbírás szempontjából nincs közös nevezőn, ezért szükségesnek látjuk, hogy a kétféle alj anyagszükségletét is megadjuk:

	Vas, acél	Beton	Cement
»B«-típusú vasbetonalj	13,62 kg (elméleti)	0,106 m³	37,1 kg
Előrefeszített vasbetonalj	5,65 kg	0,080 m³	35,0 kg

Az előrefeszített vasbetonalj általában hajlékonyabb és így gyengébb közép-keresztmetszettel tervezetett, míg a sínalatti keresztmetszete erőteljesebb. A normális vasbetonaljakra a Zimmermann-féle számítás szerint a középkeresztmetszetre adódott a maximális nyomatéki érték.

A 2. rovat a statikus nyomatéki teherbírást tűnteti fel 1. repedésre és törésre, a 3. rovat a dinamikus (fárasztó) nyomatéki teherbírást szintén 1. repedésre és törésre, míg a 4. rovat összehasonlító számadatokat tartalmaz arra az esetre, ha a normális »B« vasbetonalj statikus és dinamikus teherbírását 1. repedésre is, törésre is egységnek vesszük. Az előrefeszített alj rovatában álló számok mutatják, hogy az előrefeszített alj teherbírása hányszorosa a normális vasbetonaljnak.

További összehasonlítás céljából mutatókat számítottunk ki.

A J_1 index mutatja a normális és az előrefeszített alj átlagos teherbírásá-

nak viszonyát, ha az átlagos teherbírást úgy képezzük, hogy a sínalatti teherbírás kétszeresének és a közép-keresztmetszet teherbírása összegének számtani közepesét vesszük. Ezt indokolja mind az ágyazat, mind az alj bizonyos fokú plaszticitása, ami a túlterhelt szakaszok tehermentesülésében és az igénybevételeknek a kevésbbé terhelt szakaszok felé való eltolódásában nyilvánul.

A J_2 index az 1. repedés és törési teherbírás átlagát mutatja — mint az alj azon becsült terhelési állapotát, amikor a megnövekedett tartós alakváltozások mérve miatt használhatatlanná válik — annak ellenére, hogy teherbírása *törésig* nincs kimerítve. Ez a normális vasbetonalj 2,30, *illetve 2,80-szorosa.*

A J_3 index azt mutatja, hogy statikus terhelésre az 1. repedésig egyenlő teherbírásra méretezett normális vasbetonalj és az előrefeszített vasbetonalj *dinamikus fárasztó* terhelés hatására nem lesz azonos teherbírású, hanem

az előrefeszített alj teherbírása 25%-*kal nagyobb.*

Másrészt mutatja, hogy statikus terhelésre *törésig* egyenlő teherbírásra méretezett normális vasbetonalj és az előrefeszített vasbetonalj *dinamikus fárasztó* terhelés hatására már nem lesz azonos teherbírású, hanem

az előrefeszített alj teherbírása 10%-*kal nagyobb.*

Azon igénybevételeknél, ahol már nagyobb mérvű maradó alakváltozások miatt az alj gyakorlatilag tönkrementnek tekinthető, az ugyanazon statikus terhelésre és *ugyanolyan mérvű maradó alakváltozásra* méretezett normális vasbetonalj és az előrefeszített vasbetonalj a dinamikus fárasztó terhelés hatására nem lesz egyenlő teherbírású, hanem

az előrefeszített alj teherbírása 20%-*kal nagyobbra becsülhető.*

Bizonyítottnak tekinthető tehát az a nézet,

hogy *egyenlő statikai* teherbírás esetén az előrefeszített tartó teherbírása a dinamikus fárasztó terhelésre nagyobb, mint a normális vasbetontartóé, megjegyezvén, hogy ez a megállapítás egyelőre csak olyan előrefeszített tartókra érvényes, melyekben

a) az acélhuzalok teljes hosszban be vannak betonozva;

b) és amelyek az előrefeszítő erőt csak tapadás útján adják át a betonra.

A beton érlelése gőzöléssel

A vasbetonalj-gyártás technológiáját döntően befolyásolja a betonozástól az előrefeszítés oldásáig szükséges idő. Adott kapacitás mellett már a telek nagyságától kezdve az öntőminták számáig minden ettől függ. Ha a betonelemeket 10—12 órás gőzöléssel való szilárdítás helyett természetes szilárdulás esetén 4—5 napig kell a formában hagyni, illetve a feszítőpadokat igénybevenni, akkor többszörös gyártási terület és nagyszámú öntőminta, illetve feszítőpad szükséges. Ez a tény a nagyösszegű beruházás mellett a szállítási távolságok növelését is, vagyis állandó üzemköltséget is jelent. Már az egyszerű szemlélet is arra int, hogy a gőzérlelés alkalmazásával megtakarítható a beruházás egy

része, a befektetett hőenergia költsége pedig kb. megtérül az állandó üzemköltségekben és a szállításnál mutatkozó megtakarítással. De még ha anyagilag nem is volna kedvezőbb a gőzérlelés, akkor is parancsolóan ezt írja elő:

a) az egyébként szükséges gépi és vasszerkezeti szükséglet előállításában mutatkozó szők keresztmetszet:

b) az előgyártó üzemek idényjellege megszűntetésének szükségessége, melyhez a gőzérlelés alkalmazása döntően hozzájárul.

Ilyen meggondolások után kezdtük el a gőzérlelés lehetőségének kutatását 1948 szeptember—októberben. Külföldi eredmények gyéren álltak rendelkezésre és inkább azt bizonyították, hogy a gőzérlelés módja és hatásossága annyira függvénye a cement fizikai és kémiai tulajdonságainak, hogy az hazai cementre, illetve minden egyes alkalmazni szánt cementfajtára külön-külön állapítandó meg.

Vizsgálatainkat a lábatlani »Rekord« nagy szilárdságú portlandcementtel végeztük.

Adalékanyag: dunai homokos kavicsból rostált anyag.

Keverővíz: budapesti vízvezetéki víz.

A próbatest 20 cm élhosszúságú kocka volt.

Előzetes kísérletek alapján tájékozódtunk annyira, hogy összeállíthattuk azon tényezőket, melyek a gőzérlelés eredményét befolyásolhatták.

Ezek a következők:

a) a szemszerkezet
b) a cementadagolás
c) a vízcementtényező
d) a tömörség
e) a nyers beton hőfoka
f) a pihentetés ideje betonozás után
g) a felfűtés sebessége
h) a gőztér hőfoka
i) a gőzölés időtartama
j) a lehűtés, illetve pihentetés ideje törés előtt.

Mivel csak az volt célunk, hogy az aljgyártás technológiájának már megállapított részeihez illő optimális hatású szilárdítási módot találjunk, vizsgálataink során az *a*, *b*, *c*, *d*, *e* és *h* tényezőket állandó értéken tartottuk és csak az *f*, *g*, *i*, *j* alattiak változásának hatását vizsgáltuk.

A részleteket mellőzve, ha

a) a szemszerkezet homokszegény, 13 m/m max. szemnagyságú,
b) a cementadagolás 450 kg/m³ kész beton,
c) a vízcementtényező 0,34,
d) a tömörség 2,46 kg/liter,
e) a nyers beton hőfoka 12—14° C,
h) a gőztér hőfoka 85° C volt,

az optimális eredményt akkor kaptuk, ha

f) a pihentetés ideje betonozás után 2 óra,

g) a felfűtés sebessége (hideg térből) 14° C-ról 85° C-ra 3 óra,

i) a gőzölés időtartama 4 óra,

j) a lehűtés, illetve pihentetés ideje törés előtt 2 óra volt.

Ekkor a kockatörések eredménye: 430 kg/cm² és 445 kg/cm² volt.

További megállapítások is adódtak, nevezetesen:

1. A gőzölt kockákon minden további különleges kezelés nélkül *utánszilárdulás* volt megállapítható oly mértékben, hogy

2. 28 napos korban a gőzölt és nem gőzölt normálisan kezelt kockák egyaránt 600 kg/cm² körüli szilárdságúak voltak.

Az előrefeszített alj gyártási technológiája.

A fárasztási kísérletek eredménye, Roš professzor szakértői véleménye, a gőzérlelési kísérletek sikere arra indítottak minket, hogy a gyártás tervezéséhez hozzáfogjunk. A tervezést a következő lépésekben végeztük:

a) a készítés menetét fázisokra bontottuk,

b) a kísérletekhez használt szerszámok és gépek közül a beváltakat kiválasztottuk,

c) a többieket a célnak jobban megfelelően módosítottuk.

A gyártás szempontjából egy lényeges kérdés nyitva maradt, mert az eddig lefolytatott kísérletek ennek tisztázására nem voltak alkalmasak. A kérdés ugyanis — amely minden előrefeszített elem gyártásánál felmerül — az, hogy

a) hosszú feszítőpadon történjék-e a gyártás, vagy pedig

b) elemenként külön-külön, a huzaloknak az acélmintához való feszítése útján.

Az ismert példák a kérdés eldöntésére nem adtak támpontot, mert az angliai Dow—Mac gyár hosszú feszítőpadon végzi az aljgyártást, míg az angliai Stent-gyár és a francia *Freyssinet*-féle üzem aljgyártásánál egyénenkénti előrefeszítést alkalmaz. A kérdés kiértékeléséhez elkészítettük a két rendszer mérlegét.

I. Hosszúpados előrefeszítő rendszer.

Általános jellegzetessége:

A munkadarabok a gyártás tartama alatt mozdulatlanok, minden egyéb: munkahely, munkavállaló, szerszám és anyag vándorol.

A rendszer előnyei:

1) A feszítő pad helyhez kötött. Készítésénél a súly nem jön tekintetbe, így vasbetonból is készíthető.

2) A huzalok kihúzásának, befogásának, előrefeszítésének a gyártmány egységére eső ideje rövidebb, mint az egyéni gyártásnál.

3) A befogásoknál keletkező acélhuzal-hulladék kevesebb.

4) Tetszés szerinti hosszak gyárthatók.

5) Az öntőminta könnyű lehet.

6) A minta bontható és az oldalak korán eltávolíthatók, illetve ismét felhasználhatók.

7) Több szálból álló huzalpászma kihúzása esetén a feszítés kezdeti egyenlőtlenségei kevésbbé befolyásolják a végfeszültséget.

A rendszer hátrányai :

1) A huzalhulladék huzalszakadásnál vagy a tekercsvégnél olyan hosszú lehet, mint amilyen a pad hossza.

2) A beton tömörítése problematikus, mert általában csak külső zsalu- és tűvibrátor használható.

3) A munkahely vándorlása folytán sok a szállítási munka.

4) A szállítási távolság változó és ezért egyenletes munkaperiódus nem biztosítható.

5) A beton gőzérlelése nehézkes és veszteséges.

II. Elemenként az öntőmintákhoz elörefeszítő rendszer.

Általános jellegzetessége, hogy a munkadarab vándorol, az összes munka helyek, szerszámok, gépek rögzítettek.

A rendszer előnyei :

1) Huzalszakadásból és tekercsvégből csak rövid darab vész kárba.

2) Megoldható a betonnak vibrátor-asztalon való tömörítése.

A tömeggyártás üzemi viszonyai között ú. i. a vibrátos-asztalon való tömörítés vált be a legjobban és megfelelő tömörség mellett ez a módszer adta a legszebb külső felületeket.

3) A munkadarab vándorlása esetén:

a) biztosítható a teljesen egyenlő idejű munkaperiódus;

b) futószalagszerűen képezhető ki a gyártás teljes technológiája;

c) az összes gépek masszívabbak lehetnek, ezért, valamint rögzítettségük miatt hosszabb élettartamúak.

4) A gőzérlelés kemenceszerű alagútban valósítható meg kitűnő hő szigeteléssel, tömítéssel és egyenletes gőzelosztással.

A rendszer hátrányai :

1) A feszítőerőt felvevő öntőmintának vagy keretnek könnyűnek kell lennie, tehát csak vasból készíthető.

2) A huzalkihúzás és feszítés műveleti ideje fajlagosan nagyobb.

3) A befogásoknál keletkező acélhuzal-hulladék fajlagosan nagyobb.

4. A gyártható hossz az öntőminták hosszától függ.

5. A minta, illetve keret nem bontható, hanem az előrefeszítés oldásáig le van kötve.

6. Több szál huzal egyszerre való kihúzása esetén, azok kezdeti feszültségének egyenlőségére nagyobb gond fordítandó.

A két rendszer fent felsorolt előnyeinek és hátrányainak egybevetéséből egy, a vasbetonalj-gyártás szempontjából legmegfelelőbbnek látszó új *kombinált rendszert* vezettünk le. A két rendszerből az előnyöket igyekeztünk megtartani és saját rendszerünkben egyesíteni.

A tömeggyártás szempontjából az eddigi tapasztalatok alapján elengedhetetlen feltétel *a gyártás körfolyamatos volta.* Ennélfogva a gyártási technológia a munkadarabok mozgásán alapul, azaz az egyénenkénti előrefeszítés alkalmazását választottuk olyan módosításokkal, amelyek alkalmasaknak látszottak a rendszer hátrányainak kiküszöbölésére és a másik rendszer előnyeinek érvényre juttatására.

1. A lehetőség szerint csökkentendő volt a gyártmány egységére eső huzal-kihúzási és feszítési manipuláció, valamint a befogásnál fellépő huzalveszteség. Ezért nem aljanként történik az előrefeszítés, hanem *5 db alj van egy feszítőpadba egybefoglalva,* így csökkennek a II/2. és 3. alatt felsorolt hátrányok, illetve érvényesülnek az I/2 és 3. alatti előnyök.

2. Speciálisan az aljgyártásnál a mozgó előrefeszítő pad vaskeresztmetszete takarékosan volt méretezhető, mert az egyes aljak közeiben mód volt a huzalpászmák helyét a feszítőpad keresztmetszetéhez rögzíteni. Ezzel biztosítva volt a nyomóerőnek ezen keresztmetszetekben való centrikus volta, következésképen 1/5-re volt csökkenthető a kihajlási hullámhossz, s a II/1. alatt felsorolt hátrány nem érvényesülhetett teljes súllyal.

3. A vasbetonaljak egyenlő hosszakkal készülnek és így a II/4. alatt felsorolt hátránynak nincs jelentősége.

A II. rendszer előnyeiből sikerült átmenteni a következőket:

4. Megoldható a betonnak vibrátor-asztalon való tömörítése.

5. Az összes munkagépek és az egész gőzölőberendezés helyhez vannak kötve, ezért masszívabban képezhetők ki, nagyobb élettartamúak és így gazdaságos üzemet biztosítanak.

A többi pontokban kompromisszumos a megoldás. Hátrányul róható fel a rendszernek, hogy az 5 aljat tartalmazó feszítőpad mozgatása kézi erővel kissé kényelmetlen. Ez viszont az üzemfejlesztés során könnyen gépesíthető.

A Vasbetonipari Vállalat f. év április 15-én kezdte el a fenti elvek figyelembevételével a Budafoki-út 205. sz. alatti üzemében a termelést. A kis üzem 5 feszítőpaddal és 25 öntőmintával, 4 műszakban napi 75 db előrefeszített aljat gyárt.

A 12. ábrán bemutatott terv az üzem általános elvi elrendezését ábrázolja. Az elrendezésben az adott helyiséghez és sok kellemetlen megkötöttséghez

kellett alkalmazkodnunk, így a technológia kifejlesztésére nem volt mód. Az alaprajzról a technológia körfolyamata világosan kivehető. Az üzemhez tartozik egy kis kavicsszárító és osztályozó telep, mely szárítóhengerből, 2 db háromsíkú vibrátor-rostából és egy kőtörőből áll. A kavicsanyagot 7 fajtára osztályozzuk, s a 7. fajtát a kőtörőre vezetjük. A tört anyag kisebb, mint az alkalmazott maximális szemnagyság. A tört anyagot újból az osztályozó rostára vezetjük. Így elkerülhető a nagymértékű kavicskálló. (Valamint a homokkálló is, amit a tört anyaghoz felhasználunk.)

Előrefeszített aljból különböző típustervek szerint eddig mintegy 8 000 db készült. Ezeket a MÁV próbaképen be is fektette. Nemcsak különböző teherbírású aljakkal, hanem különböző típusú sínlekötésekkel is kísérletezünk. Az aljak zöme azonban bebetonozott fadugókkal készült, a régi rendszerű sínlekötés részére.

Előrefeszített vezetéktartó oszlop

Az ötéves terv a vasutak villamosítása terén előirányozza a budapest—miskolci vonal villamosítását. Ezen tervprogramm megvalósítása céljából a Közlekedésügyi Minisztérium illetékes osztályával együttműködve kezdett foglalkozni a Vasbetonipari Vállalat a vasbeton vezetéktartó oszlop készítésének kérdésével. Külföldi tanulmányutunk során alkalmunk volt egy gyártási eljárást megnézni. Az előrefeszített övű vasbeton vezetéktartó oszlop a párizs—lyoni vonal villamosításához készült. *Victor Weinberg* mérnök, a francia S. N. C. F. (Francia Államvasutak) tanácsadója foglalkozott behatóan ezzel a kérdéssel és a készítést az akkori kísérleti stádiumban a moulin-neufi főműhelyben be is mutatta. Az ő rendszere szerint az övek palló alakjában külön készülnek. A palló készítése szellemesen van megoldva oly értelemben, hogy tökéletes vibrációt tud alkalmazni, azonkívül az öveknek a csúcsok felé való keresztmetszet-csökkenésével arányosan az előrefeszített huzalokat is ki tudja takarítani. Az övekből lágyvas tüskék állanak ki, melyek arra szolgálnak, hogy a két övet utólagos rácsozás vagy hevederezés bebetonozásával vezetéktartó oszloppá képezzék. Eljárásának minden szellemessége mellett megvan az a hátránya, hogy az utólagos rácsozás vagy hevederezés betonja nem tud szervesen kötni az övek betonjához, s így a csatlakozási helyeken repedések jelentkeznek. Ha ezek a repedések teherbírás szempontjából nem is veszélyesek, az ott behatoló atmoszferiliák az ilyen vezetéktartó oszlop élettartamát bizonyára korlátozzák.

Ezt az eljárást a többi eljárással összehasonlítva, kétségtelenül megállapítható, hogy szerkezetileg is és anyagkihasználás szempontjából is a leggazdaságosabb, úgyhogy a hazai megvalósításban ezt a példát láttuk célszerűnek követni, ismét szemelőtt tartva azt a célt, hogy olyan eljárást találjunk, amely az említettnek a hibáit kiküszöböli.

A szerkezet leírása

Az oszlop olyan vasoszlopot van hivatva helyettesíteni, amelynek súlya 320 kg. Lévén a vasszerkezet szűk keresztmetszet, érdemesnek mutatkozott vasbetonoszlopot készíteni, még akkor is, ha a szerkezet bonyolultsága miatt a munkabér a vasbeton köbméterére eső átlag-munkabérnél magasabb lenne. Ez a meggondolás, meg az aránylag kis szükséglet (a vasbetonaljhoz viszonyítva) voltak azok a tényezők, melyek az oszlop konstrukciójának és készítésének kialakítását befolyásolták.

1. *A szerkezet:*

Az oszlop 2 övből és az ezeket összekötő rácsozatból áll, mely az oszlop föld alá kerülő részén tele gerincbe megy át.

A rácsozat kettős rácsozás alakú és az öveken kívül a rácsozat rúdjai is előrefeszítettek. Tudomásom szerint ez az első olyan előrefeszített vasbeton konstrukció, ahol rácsos oszlop

a) monolith jelleggel és

b) a rácsrudak előrefeszítésével készül.

2. *A szerkezet méretei:*

a) az övek vastagsága: 40 mm;
alsó szélessége: 220 mm;
felső szélessége: 120 mm;

b) a rácsrudak vastagsága $\frac{30+20}{2}$ mm
magassága 80 mm;

c) az övek szabad köze alul: 380 mm;
felül: 120 mm;

d) az oszlop hossza: 10,20 m
súlya: 560,— kg

3. *Felhasznált anyagok:*

a) $\ominus$ 2,5 mm acélbetét (180 kg/mm²) 16 kg;

b) beton: 0·24 m³
szemszerkezet homokszegény,
$D_{max} = 13$ mm

c) cementadagolás: 450 kg/m³,
vízcementtényező: 0,34.

4. *Teherbírás:*

a) előrefeszítés:
az övekben: 100 kg/cm² (csúcs felé nagyobb),
a rácsban: 50 kg/m²;

b) törést okozó nyomatékok:
I_{max} irányban hajlítva min. 5000 kgm;
I_{min} irányban hajlítva min. 2300 kgm.

A fenti eredmények a K. P. M. szakközegei jelenlétében végrehajtott kísérletek eredményei, akik azokat megfelelőeknek minősítették.

A konstrukció előnye, hogy

a) a rácsozás alakjánál fogva nagy torziós ellenállású,

b) törés után az oszlop pontosan a keresztmetszet szimmetriatengelyébe fekszik le, azaz a vasúti vágánnyal párhuzamosan úgy, hogy a munkavezeték szakadása esetén az eldűlő oszlop nem jelent veszélyt a vonatra.

Ezen előzmények után kezdte meg a Vasbetonipari Vállalat az első 130 db ilyen oszlop készítését.

Az oszlop alapozására nézve megjegyzendő, hogy nem betontömbbel való alapozás van tervbevéve, hanem csak földbeásás. A passzív földnyomások eredőjének növelésére támasztó előregyártott vasbetonpallókat terveztünk.

A villamosítás részére megfelelő vasbeton oszlop (normális vagy előrefeszített) az igények rendkívüli sokfélesége miatt nem volt még kialakítható, de a fahiányt nagy mértékben enyhítette egy vasbeton oszlopgyám bevezetése olyan értelemben, hogy az importált rövidebb fák, az oszlopgyámmal 2,0 m-t megtoldva, alkalmassá váltak 20—35 KV-os távvezetékek építésére is.

Az oszlopgyám kérdésével az akkori O. V. I. R. T. megkeresésére a Vasbetonipari Vállalat 1948 végén kezdett foglalkozni. A feladat egy 1500 kgm nyomaték teherbírású oszlopgyám kialakítása volt. Természetesen az addig használatos kéttagú, Ritter-féle gyámból indultunk ki. Azonban az érdekeltek részéről annyi olyan új kívánalom merült fel, amelyeket a régi rendszernél nem lehetett figyelembe venni, azonkívül az elrendezéssel szemben olyan elvi aggályaink is keletkeztek, hogy új utakra kellett térni.

Ennek eredménye az *egységes típusú egytagú vasbeton oszlopgyám* kialakítása. Ennek terve és alkalmazási módja a 13. ábrán látható. Az oszlopgyám a gyakorlatban jól bevált és az Á. V. E. Sz. műszaki osztálya a távvezeték-építések szabványterveit már ezen oszlopgyámmal készítette el.

1. A szerkezet adatai:
   a) hosszúság 300 cm;
   b) földbe ásva 180 cm;
   c) szélesség 38 cm;
   d) vastagság 22 cm.
2. Felhasznált anyagok:
   a) beton 0,126 m^3;
   b) P. C. adagolás 350 kg/m^3;
   c) ∅ vas 23,65 kg;
   d) súly 300 kg.

3. Teherbírás:
   a) főirányban: hasznos 1500 kgm,
   törés 3300 kgm,
   b) mellékirányban: hasznos 600 kgm.
4. Eddigi gyártás: 1949-ben 11 400 db,
   1950-ben 20 000 db lesz.

KORSZERŰ VASSZERKEZETEK

SZÉCHY KÁROLY mérnök

A háborús rombolásokat követő újjáépítés a vasszerkezetek terén is hatalmas fejlődést eredményezett. A béke utolsó éveiben megindult fejlődési irányok mellett új fejlődési irányok is születtek, melyek mind a gazdaságosabb szerkezetek tervezésére és gyorsabb, gazdaságosabb megépítésére irányulnak. A hazai fejlődés — mint az alábbiakban látni fogjuk — általában lépést tartott az általános technikai fejlődéssel; komoly eredményeket ezen a téren elsősorban hídépítési vonalon értünk el.

A vasszerkezetek építésében a fejlődést négy összetevő adja, ú. m.:

1. a tervezés,
2. a vasanyag minősége,
3. a gyártás technikája,
4. a szerelés technikája.

Sorra véve e tényezőket, a lentiekben foglaljuk össze az elért haladást és a fejlődés irányát.

1. *Tervezés*

Elsősorban a hegesztett kapcsolatú hidak tervezésének fejlődéséről kell szólanunk.

Mint ismeretes a hegesztett kapcsolatok 10—15% anyagmegtakarítást eredményezhetnek, ezért az építőipar már a 30-as évek elejétől kezdve igyekezett a hegesztést minél tágabb körben alkalmazni. De csakhamar kiderültek a hegesztésnek, mint gyorsított kohászati eljárásnak a vasanyag alapvető tulajdonságait hátrányosan befolyásoló következményei (zsugorodások belső feszültségek vetemedések az alapanyag szívósságának csökkenése). Ezek miután néhány komoly szerencsétlenséget okoztak rendkívüli arányú kutató munkát indítottak el. Ennek eredményeként ma már azt mondhatjuk, hogy a helyes hegesztés körülményei és feltételei tisztázottaknak tekinthetők, sajnos azonban azok előírása és helyes betartása terén mutatkozik sok hiány, főként a hegesztési munka kivitelét, tehát a gyártás folyamatát illetőleg.

A hegesztett szerkezetek tervezési vonalán tisztázódott a helyes varratalak, méret és elhelyezés kérdése, — az erővonalhalmozódások beszögellések és hirtelen méretváltoztatások fáradási szilárdság szempontjából rendkívül káros hatása. Kiderült, hogy az a legjobb és leggazdaságosabb hegesztett szerkezet, ahol a legkevesebb a varrat. Ennek elérésére megindult a hegesztésre alkalmas szelvények kifejlesztése és alkalmazása, hiszen kezdetben a hegesztett szerkezeteket teljesen a szögecselt szerkezetekhez használt szelvényekkel, kialakítással tervezték és tervezőink csak fokozatosan tudják magukat ettől a hatástól felszabadítani.

A hegesztésre alkalmas speciális szelvények közül nálunk először a csőszelvények kerültek alkalmazásra. Ezek bevezetésével kapcsolatban a Kossuth híd és a szolnoki-híd esetében ki kell jelenteni, hogy a kényszer vitt rá minket, de az itt nyert tapasztalatokat már merev vasbetétes hídjaink csőváz készítésénél is hasznosítani tudtuk.

A hegesztett szerkezetek fejlődésére példa egy 1936-ban és egy 1941-ben megépült hangár csomópontjának kialakítása (1. ábra) vagy 1934-ben megépült első hegesztett rácsos hídunk csnmópontjának összehasonlítása pl. a Kossuth-híddal, (2. ábra) A varratok szilárdságának emelkedését mutatja a sok kis átkötő lemez kivágás elhagyása. Ma már a fejlődés rácsos szerkezeteknél feltétlenül a csomólemezek teljes elhagyására mutat, a rácsrudakat közvetlenül rávezetik az öv gerinclemezére. Főként magasépítési szerkezeteknél az övek hengerelt T. U vagy H. szelvények.

Egyébként az eddigi tapasztalatok alapján a rácsos szerkezetek alkalmazása hegesztett hidak tervezésénél egyre inkább háttérbe szorul és a dynamikus terheléssel szemben kedvezőbben viselkedő gerinclemezes tömörfalú tartók kerülnek előtérbe. Az ilyen típusú hidak legkimagaslóbb hazai példája a vásárosnaményi Tisza-híd, melynek terveit Tantó Pál és Hllvert Elek kartársaink készítették (3. ábra).

A hegesztésre alkalmas szelvények tervezése és hegesztése terén még igen sok a tennivaló. Így elsősorban a vékonyfalú szelvények bevezetése kecsegtet komoly eredményekkel, főként a magasépítési vasszerkezeteknél. A liégei III. hídkongresszus már foglalkozott a vékonyfalú szelvények stabilitási problémáival és már Din-szabvány is jelent meg az ú. n. könnyű szelvények hegesztett kapcsolatairól.

A hegesztés fejlődését van hivatva biztosítani a közúti hidakról legújabban megjelent szabályrendelet, mely elsőízben foglalja magában a hegesztett hidakra vonatkozó tervezési és kiviteli előírásokat.

A gazdaságos tervezés a szögecselt rácsos szerkezeteknél is a csomólemezek felszámolása felé fordul. Robert és Musette belga mérnökök javasolják ennek érdekében excentrikus rúdbekötések bevezetését (4. ábra). Tanulmányukban kimutatják, hogy egy szegmens alakú tartónál a csomóponti mellékfeszültségek ellenére is még 17% anyagmegtakarítást érnek el. Ha pedig a csomóponti mellékfeszültségeket a csatlakozó rudak ellenkező értelmű előzetes terhelésével (előfeszítésével) ellensúlyozzák, akkor ez a megtakarítás szélső esetben 33%-ra fokozható.

A tervezés fejlődésének másik iránya az egyes tartóelemek együttdolgozásának figyelembe vétele, ami lényegileg monolitszerű jellegénél fogva szintén a hegesztés bevezetésére vezethető vissza. Itt elsősorban a hossztartók vagy — felsőpályás-hídnál — a főtartók együtt dolgozásáról és megfelelő kereszttartók útján ú. n. tartórácsok kialakításáról beszélhetünk, de beszélhetünk a pályatartóknak mint főtartó elemeknek a kihasználásáról is. Erre vonatkozólag még

a II. hídkongresszusra érkezett egy magyar javaslat, melynek alapján a K. P. M. hídosztálya és a Mélyépíterv. foglalkozik jelenleg egy ilyen ú. n. teknőtartós híd tervezésével. (5. ábra).

Ilyen irányú haladást jelent külföldön az együttdolgozás egyik előharcosának dr. Leonhardtnak megvalósított terve: az új köln-deutzi Rajna-híd, mely a vasbetonszekrényes tartókhoz hasonlóan az egymás mellé állított főtartók helyett csak tartófalakból és alul-felül egy-egy teljesen átmenő, ráhegesztett lemezből áll, mely egyúttal a pályalemez és a szélrács szerepét is betölti. Az ilyenfajta szerkezetek gazdaságosságát mutatja, hogy ehhez a hídhoz m^2-ként mindössze 635 kg vasra volt szükség 132 + 184 + 120 m-es nyílásbeosztás mellett (Az új Boráros-téri híd vas-szükséglete 112 + 154 + 112 m nyílásbeosztás és rácsos főtartók mellett 755 (590) + 28 = 783 kg, a Sztálin-hídé pedig 82 + 103 + 103 + 82 m nyílásbeosztású tömör főtartók mellett: 486 + 74 = 560 kg/m^2.)

Az együttdolgozásba azonban nemcsak a vasszerkezeti elemek vonhatók be, hanem a vasbeton pályalemez is. Ez a megoldás a kombinált tartók alkalmazásához vezet. Ez a tartófajta a felrobbantott kis- és középhidak helyreállításánál igen nagy népszerűségre tett szert, mert állványozás nélkül gyors építésre adott lehetőséget. Vasfelhasználása 50—60%-al több, mint a hasonló fesztávolságú vasbeton-hidaké. Előnyként mutatkozott itt viszont az, hogy az együttdolgozó vasgerenda-elemeket sikerült a felrobbantott nagy hidak kereszt- és hossztartóiból és roncsanyagából előállítani. Ma már a vastakarékosság érdekében a fejlődés határozottan arra mutat, hogy ilyen kombinált tartójú hidat új vasgerenda-anyagból készíteni nem szabad, csupán roncsanyagból. Ez a típus egyébként külföldön is erősen elterjedt. Csehszlovákiában 40 m-t meghaladó fesztávolságokra is alkalmazták, de Svájcban, Angliában és Németországban is népszerű lett. Komoly kísérleti kutató munka után elméletét és az együttdolgozás körülményeit is egyre jobban tisztázzák. Újabban a vasgerendákat egyszerű eszközökkel előfeszítik és így sikerül is némi vasmegtakarítást elérni. Az előfeszítés lényege az, hogy a gerendát a betonozás tartamára olymódon támasztják alá, hogy eközben a végleges igénybevétellel ellenkező értelmű igénybevétel keletkezzék benne. A beton megszilárdulása után a tartót végleges támaszokra eresztik és akkor a beton önsúlyából származó igénybevétel, mint hasznos előfeszültség a tényleges igénybevételből levonódik. (6. ábra). Ezáltal mintegy 20—25% vassúly megtakarítása érhető el.

Az előfeszítés gondolata egyébként legújabban a tiszta vasszerkezetek területére is bevonult.

Tantó Pál és Bajó István mérnökök elgondolása szerint a vékonyabb elemekből összetett tartókat rugalmasan meg kell hajlítani és az így elért előfeszültséget az elemek megfelelő összehegesztésével kell rögziteni. Az elérhető súlymegtakarítás 15—20% körül van. Az első kísérleti tartókat a K. P. M. közúti hídosztálya el is készítette, egyelőre azonban a zsugorodási feszültségek az előfeszítés előnyeit még felemésztették. További tanulmányokra

és kisérletekre van szükség a helyes hegesztési sorrend és tartóforma megállapítása végett.

Külföldön G. Magnel, az előfeszített vasbetonszerkezetek egyik legismertebb fejlesztője számolt be legutóbb egy 14,32 m h. és 0,936 m magas, rácsos kisérleti vastartó előfeszítésével, illetve »előösszenyomásával« kapcsolatban a Genti műegyetem laboratóriumában végrehajtott vizsgálatairól (l. 6. *a* ábra). Ezt a tartót az utánfeszített vasbetontartókhoz hasonlóan kábelekkel húzták össze előzetesen, még pedig az alsó öv alatt elhelyezett 16 db. 5 m/m ⌀ 170 kg mm2 szilárdságú huzallal. Magnel kimutatta, hogy a tartó a kisérleti mérések szerint teljesen a számításnak megfelelően viselkedik, majd pedig bebizonyította, hogy igen tekintélyes anyag és költségmegtakarítás érhető el vele, noha a vasszerkezeteknél az előfeszítésnek kisebb jelentősége van, mint a vasbeton-szerkezeteknél. Kimutatja, hogy ha a nagyszilárd dróthuzal ára háromszorosa a rendes vasszerkezetének, 700 kg /cm²-es (50%-os) előfeszítés mellett 33% súly és 13%-os költségmegtalarítás biztosítható, ami 1400 kg /cm²-es (100%-os) előfeszítés esetén 50%-os súly és 33%-os költségmegtakarításra is fokozható. A huzalok lehorgonyzása itt is az ismert Magnel-féle Sandwich-lemezekkel és a huzaloknak kettesével való megfeszítésével történt.

Beszámol azonban egy másik eljárásról is, ahol az 5 m/m huzalokat egy hengerelt tartó alsó övébe vájt rovátékokba helyezik, megfeszítik, majd 200 C°-ra hevítve a tartót újra áthengerelik, és az előfeszítést ezzel rögzítik. Így valóságos Hoyer rendszerű vas-tartókat gyártanak, ahol a huzalok felületi tapadás alapján adják át az előfeszítő erőt a tartónak és így bármilyen hosszra fel is szabdalhatók. Kimutatja, hogy egy ilyen előfeszített vastartó azonos súly mellett 37%-al nagyobb hajtó nyomatékot képes felvenni. Bemutat egy hangárkiváltó rácsos tartó tervet is, amelynek 150 m fesztávolság mellett mindössze

$$4{,}50 \text{ m} \left(\frac{l}{33}\right)$$

magassága van.

Mindezekből kétségtelen, hogy az előfeszítés rövidesen a vasszerkezeti gyakorlatba is győzelmesen bevonul. Megjegyzendő, hogy az alsó vonóvassal merevített vasgerendák már eddig is előfeszített vastartóknak voltak felfoghatók.

2. *A vasanyag minősége.*

A nagyszilárdságú acélanyagok bevezetése a hídépítésbe már régebben, a század elejétől kezdődően fokozatosan megtörtént. Nálunk — a Lánchíd és az Erzsébet-híd nagyszilárdságú carbon-mangán acélanyaga már az első világháború előtt majdnem 50%-os szakító szilárdság növekedést és 25—40%-os folyási határnövekedést biztosított a folytvashoz képest. Az 1920—az 1930-as években bevonult a *Si* és *Cu—Cr* acél is a hídépítésbe, a régebben tökéletesített *C* acél mellett. A hegesztés megjelenése azonban gátat emelt a nagy szilárdságú

acélok alkalmazásának a külföldön szerzett kedvezőtlen eredmények miatt. A kohászat azóta külföldön már kifejlesztette, sőt szabványosította a hegeszthető nagyszilárdságú acélanyagokat, mert a vasanyaggal való takarékosság szempontjából feltétlenül kívánatos volt a hegesztés nyújtotta előnyöknek a nagyobb szilárdságból folyó előnyökkel való egyesítése. Nálunk a fejlődés ezen a vonalon határozottan elakadt, sőt bizonyos visszaesés tapasztalható. Kohóüzemeink a megkívánt tömegtermelés mellett, úgy látszik nem tudják kielégíteni a hídépítésnek a nagyobb szilárdságú anyagokra vonatkozó ismételt és határozott igényeit, pedig a közúti hídosztály igyekszik a háború előtti időkben már jól bevált $A\ \frac{49}{29}$-es C acélanyagot hídépítési célokra mindenképpen népszerűsíteni. A tiszaugi és szegedi új Tisza-hidakon kívül a győri Kis-Duna-híd valamint az új dunaföldvári Duna-híd is ebből készül. A selejt nagy százalékából következtetve azonban ezt az anyagot ma a kohóművek nem tudják gazdaságosan előállítani. Hegeszthető nagy szilárdságú anyagnak a szabványosítása ugyan folyamatban van, de gyakorlati kipróbálásától még igen messze vagyunk.

Az anyagokkal kapcsolatban szólni kell az elektróda minőségéről is. A Rima, W. M. és Mávag elektródák sokféle fajtája és minősége meglehetős zavart okozott a helyes elektródaminőség kiválasztásában. Az egységes gyártási profil kialakítása és az egységes »Niktród« elektródák kihozatala nagy lépést jelentett ebben a tekintetben előre. A Niktród 50. jelű, vastagon bevont elektróda a vasszerkezetek hegesztési igényeit általában kielégíti. Sajnálatos jelenség, hogy bevonatának vastagsága nem egyenletes, ami hegesztési hibára is vezet. Még kívánatosabb volna a Niktród 55. jelű elektróda teljesen megbízható minőségben való gyártása. A fejlődés ezen a téren megvan, és a Vaskutató Intézet tudományos irányító munkája nyomán további komoly eredményekre számítunk.

3. *Vasszerkezetek gyártása.*

A vasszerkezetek gyártása terén a fejlődés nagyrészt gépesítési probléma, mivel új gyártási módszerek rendszerint csak újabb, nagyobb hatásfokú gépek beállítása útján fejlődhetnek ki. Másrészt a gyártást a tervezés tipizálásával lehetne gazdaságosabbá tenni. Különösen vonatkozik ez a melléktartókra. Hidaknál azonnos kereszt- és hossztartókat kellene tervezni, csarnokoknál pedig a szarútartóknak és a szelemeneknek kell, azonosaknak lenniök. A főtartók egyenlő keretbeosztása, a csomópontok egyforma kiképzése, a szélrácsok egyforma kapcsolata mind rendkívül nagy jelentőségű követelmények, melyek nemcsak a tervezői munkát egyszerűsítik, hanem a gyártást is rendkívül meggyorsítják és gazdaságosabbá teszik. Példaként hozom fel, hogy míg az azonos ismétlődő pályatartó elemekből gyártott bajai vasúti híd gyártásához tonnánként 125 óra, a meglehetősen változó pályatartó elemekből felépített Lánchíd gyártásához tonnánként 168 óra volt szükséges.

Egyébként a hidak gyártását a fúrás munkájának meggyorsításával, a kifektetés, szétszedés és összerakás racionalizálásával lehetne még tovább fejleszteni. Határt szab ennek mindenekelőtt a kifektetésre alkalmas műhelyterületek korlátolt mérete, a modern fúró gépek hiánya és a darúk teherbíró képessége. Három nagy vasszerkezeti gyárunk : a Mávag, a Ganz és Győr közül az utóbbi áll ebből a szempontból legjobban. A munkaverseny gondolata Magyarországon éppen a vasszerkezetek gyártásánál valósult meg először, amennyiben az általános munkaverseny-mozgalmat messze megelőzve, már 1947-ben a Margithíd újjáépítésénél igen szép eredményeket produkált.

Bár a gyártásra fordított munkaórák pusztán számszerű egymás mellé állítása a szerkezetek különbözősége folytán nem ad teljesen megbízható összehasonlítási alapot, mégis jellemző, hogy a Szabadság-híd építése óta hogyan alakultak egyes nagyobb hídjaink gyártási munkaóra-szükségletei.

Szabadság-híd	1945—46	35	óra/q (infláció)
Margit-híd	1947—48	16	«
Szajoli vasúti híd	1947	16,5	«
Összekötő vasúti híd	1947—48	15,5	«
Szegedi híd	1948	15,5	«
Tokaji vasúti híd	1949	13,2	«
Lánchíd	1949	16,8	«
Sztálin-híd kétny. része	1940	10,6	«
Sztálin-híd háromny. része ...	1949	15,4	«
Bajai híd	1950	12,5	«

Ezekben a számokban ugyan 1946. óta komoly fejlődés mutatkozik, de ha figyelembe vesszük, hogy a háború előtt pl. a Margit-híd kiszélesítésénél a gyártási idő 13,3 óra/q, a Boráros-téri hídnál pedig 9 óra/q volt, s hogy 1895-ben az akkori Ferenc József-híd gyártására mázsánként 18,5 órát fordítottak, azt látjuk, hogy a 60 év alatti fejlődés aránylag csekély és így további komoly fejlődésre és pedig elsősorban az 50%-ot kitevő regie-órák számának leszorítására van szükség. A hegesztett vasszerkezetek gyártását nagymértékben előmozditja az automata hegesztőgépek fejlődése és fokozatos bevezetése. Erre példa a Nyikitin szovjet akadémikus által bevezetett automatikus hegesztő eljárás, melynek lényege, hogy a hegesztendő darabokat külön szénelektródával melegiti fel és a heganyagot ömlesztett állapotban juttatja a varrat helyére.

4. *Vasszerkezetek szerelése*

A legnagyobb fejlődés a vasszerkezetek terén talán éppen a szerelésekben mutatkozik. Míg régebben az volt az alapelv, hogy a vasszerkezetek egyes darabjaiban, vagy részeiben mindaddig semmi feszültségnek nem volt szabad keletkeznie, míg nem kapcsolódott össze teljes egésszé és ezért teljesen be kellett a nyílást állványozni, ma már utat tört az a felfogás, hogy a szerelés alatt fellépő,

I. sz. Kimutatás a vashidak szereléséhez felhasznált faanyagról.

Sorszám	A híd megnevezése	Eredeti építés			Újjáépítés			Megjegyzés
		Összes faanyag m³	Összes vasszerkezet t	1 t vasszerkez.-hez felhasznált állvány m³	Összes fa m³	Összes vas t	1 t vasszerkez.-re jutó fa m³	
1.	Boráros-téri híd	(2770) 4500	8000	0,56	2300	7500	0,310	Konzolos szabadszerelés s. járom
2.	Margit-híd (kiszélesítés).....	(1200) 3000	2300	1,30	1360	5200	0,26	Úszódaruval beemelés s. járom
3.	Lánchíd	4300	5000	0,86	2840	5000	0,57	Úszódar. beemelés jármos láncszer.
4.	Vásárosnaményi Tisza-híd		350		205 850	300 560	0,68* 1,50**	Hossztengely-irányú betolás *, **,
5.	Szegedi Tisza-híd				1960	2600	0,76	Úszódaruval, segédjárommal
6.	Sztálin-híd				1500	9000	0,17	Konzolos szabadszerelés s.-járom
7.	Összekötő vasúti híd	5936	4050	1,45	1554	2420	0,642	Kétold. konzolos szabadszer. s.-járom
8.	Tokaji vasúti híd				930	1073	0,81	Állványon szerelés
9.	Bajai vasúti híd	420	740	0,57	1320	3333	0,395	Kétold. konzolos szabadszer. s.-járom
10.	Csengeri Szamos-híd.....				40	230	0,175	Hossztengely-ir. betolás járom nélkül
11.	Öcsödi Kőrös-híd	200	122	1,60	60	120	0,50	Hossztengely-ir. betolás s.-járom
12.	Tiszakóródi Túr-híd				5,4	65	0,08	Hossztengely-ir. behúzás emelő oszloppal

* közép nyílás
** Teljes híd

ideiglenes teherviselő, vagy átadó szerepre a vasszerkezet egyes darabjai részekben is felhasználhatók, csak arra kell ügyelni, hogy közben maradó deformációt ne szenvedjenek, vagy olyan helyzetbe ne jussanak, hogy a tartó végleges alakja helyreállítható ne legyen. Az is fontos, hogy a szerelés alatti feszültségek ne halmozódjanak össze a végleges tartó feszültségeivel. Mindez természetesen fokozott számítási munkát és a tartó erőjátékának és alakváltozási fázisainak gondos tanulmányozását és alapos ismeretét teszi szükségessé.

A csatolt I. sz. táblázatból kitűnik, hogy a régebben 0,6—1,5 m^3/t között ingadozó szerelési állványfa-szükségletet ma már sikerült 0,3—0,8 m^3/t-ra leszorítani.

A szabad szerelés területén ma már a legváltozatosabb módszereket is ötletesen, gazdaságosan dolgozzák ki szerelő mérnökeink. Munkájuk még további fejlődési lehetőségeket rejt magában.

Az első nagyarányú kezdeményező lépés a szabad szerelés területén a Sztálin-híd vasszerkezetének segédpillérek segítségével, 14 m kinyúlású és 35 tonna emelőképességű gémes darúval végrehajtott szerelése volt. Ezt a szerző javaslatára és elgondolása szerint, valósította meg a Mávag 1940-ben az 1936-os II. hídkongresszuson szerzett tapasztalatok alapján. A szerelés sémáját a 7. ábra mutatja. Látható, hogy a darú valósággal maga elé építi a levegőbe a hidat. (Lásd, 8. kép). Az ilyen konzolos szerelésre legalkalmasabb a tömör gerinclemezes főtartó, de rácsos hidak főtartóira is alkalmazható. Nem beszélve arról, hogy a régi Ferenc József-híd konzolos szakaszát már 1895-ben így szerelték és a híd újjáépítésénél 1946-ban is ezt a módszert alkalmaztuk, jelentős lépéssel vitte előre a konzolos szerelés kérdését az összekötő vasúti híd újjáépítésénél a vasúti hídosztály és annak vezetője, Kováts Alajos kartársunk, amikor folytatólagosan tartóknál a középső támaszponttól kiinduló és két oldal felé haladó konzolos szerelést vezettette be. Ezzel a szerelés sebessége volt a munkahelyek számának szaporítása arányában lényegesen fokozható. (Lásd 9. ábra). Ilyen eljárással készült a bajai új vasúti híd is. (L. a 10—11. képet).

A konzolos szerelésen kívül új fejezetet nyitott a szabad szereléseknél az úszódarúkkal való szerelés bevezetése. Ezt legelőször a Kossuth-híd építésénél próbálta ki a kényszerítő körülmények hatása alatt, a közúti hídosztály. Az 55 m-es budai nyílás parton összehegesztett főtartóit egyben emeltük be. A jó eredményeken felbúzdulva azután a Mávag hídosztályával közösen kidolgozott tervek alapján a Szabadság-híd 46,9 m hosszú közbefüggesztett részének 110 tonna súlyú és ugyancsak a parton összeállított kész főtartóit emeltük be úszódarúkkal egyben a helyére. (L. 12. ábra). A Margit-híd újjáépítésénél az ívfőtartókat állítottuk össze a parton; 1—1 darúval 1—1 fél ívtartót úsztattunk készen a helyére. (13. ábra). Az itt alkalmazott középső segédpillér tulajdonképpen nem is alátámasztó szerepet töltött be, hanem beigazítási és pontos összekapcsolási állványul szolgált. Nagyobb hídjaink közül eddig ehhez a szereléshez kellett a legkevesebb faanyagot felhasználni.

Az úszódarúk jelentős szerephez jutottak a Lánchíd szerelésénél is. Ennek szerelése a szerző javaslatára szintén eredeti módszerekkel történt. A híd 1913—15-ös építésénél alkalmazott teljes beállványozás helyett 35—40 m távolságokban csak cölöpjármokat vertünk a mederbe. Ezekre helyeztük a darúkkal a parton előre összeszerelt darabokban a merevítő tartót. A jármokkal alátámasztott merevítő tartó szolgált azután alapállványzatként a láncok szereléséhez, melynek elkészülte után a merevítő tartók a már összefüggő láncokra voltak felfüggeszthetők (1. 14. kép).

A merevítő tartónak szerelőtartóként való felhasználását egyébként Langer-rendszerű hídjaink szerelésénél is bevezettük. Így a balatonhídvégi Zala-hídnál és különösen a Szegedi Tiszahídnál alkalmaztuk először ezt az eljárást (lásd 15. kép). A felső merevítő ívvel ellátott Langer-tartókat már egyenesen azzal a célzattal alkalmaztuk a felrobbantott hidak újjáépítésénél, hogy a szerelési állványzatban ezt a megtakarítást elérhessük, vagyis, hogy a merevítő gerendatartót előre összeállított darabokban cölöpjármokra állítva, az ív szerelő állványát már rátámaszthassuk. A merevítő tartó darabjait a szegedi hídnál szintén úszódarúval helyeztük a 30-40 cm. távolságokban levert cölöpjármokra.

Még további fejlődést jelentett a szerelő állvánnyal való takarékosság és a szerelés gyorsítása és olcsóbbítása terén a vasszerkezetnek a csatlakozó úttesten való összeszerelése és tengelyirányban, teljesen állvány nélkül vagy pedig segédjármok segítségével való betolása.

Ilyen módon történt a vásárosnaményi Tiszahíd szerelése, ahol a merevítő tartót darabokban toltuk be tengelyirányban a helyére. A betoló padot mindig az előzőleg betolt tartódarab tetején állítottuk elő és az újonnan betolt darabot függőlegesen leeresztettük. A híd középső nyílásának felső merevítő ívét itt is a merevítő tartóra helyezett állvány segítségével szereltük, akárcsak a szegedi hídnál (lásd 16. kép).

Kisebb fesztávolságú hidaknál a tengelyirányú betolást már nem darabokban, hanem a teljesen összeszerelt hídszerkezettel végeztük el. A csengeri Szamos-híd új szerkezetét már azzal a célzattal terveztük meg, hogy a Gerber-rendszerűvé kialakított híd 50 m-es konzolos oldalnyílásait teljesen állvány nélkül lehessen a helyükre tengelyirányban betolni (lásd 17. kép).

Az öcsödi Körös-hídnak jelenleg egy 70 m hosszú nyílását toljuk be tengelyirányban, összeszerelt állapotban a helyére egyetlen középső segédjárom segítségével.

A legújabb fejlődés pedig, ami — azt hiszem — a tengelyirányú betolások területén a haladás legfelső fokát jelenti, a tiszakorodi 36 m-es Tur-csatorna-híd szerelése. Ezt a szerkezetet a parton teljesen összeszereltük és félhosszában görgőkön a nyílás közepéig betoltuk, majd a betolt végét a szembenlévő parton felállított emelőoszlop (bikk) tetejéről alá függesztett ferde húzókötélre akasztottuk, és ezen alá függesztés segítségével húztuk át fokozatosan az egészet a másik partra (lásd 18. kép)! Ez az eljárás, amely mása a Luzancy-i előfeszített

vasbeton-hídnál alkalmazott szerelő eljárásnak már valóban a legegyszerűbb eszközökkel egy-két óra alatt végzi el a szerelésnek azelőtt hosszú hónapokig tartó, nehéz és veszélyes munkáját és alig kell hozzá valami elenyésző mennyiségű faanyag. Most már csak az van hátra, hogy behúzásra szolgáló szerszámainkat nagyobb nyílások behúzására is alkalmassá tegyük.

Még egy ismert eljárás van, amelyet eddig nem alaklmaztunk a tengelyirányban való betolás segítségével végzett szerelések területén — pedig ez is további komoly lehetőségeket adna — és ez az u. n. szerelő csőrrel, vagy pótkonzollal való szerelés. A III. hídkongresszusról tartott beszámolómban ismertettem ezt az eljárást a Moresnet-i viadukt szerelésének leírása kapcsán. Lényege abból áll, hogy a teljes főtartót tengelyirányban segédpillér nélkül is betolhatjuk, ha betolt végére egy könnyű (pl. alumínium-szerkezetű), ú. n. szerelő csőrt építünk, amely elég hosszú ahhoz, hogy az ellenkező végen alkalmazott minimális ellensúly alkalmazása mellett elérje a következő támaszt és ezen tovább gördüljön mindaddig, amíg a teljes tartó a helyére nem jut (lásd 19. ábra).

Hogy ilyen komoly fejlődést értünk el a vasszerkezetek szerelésének területén aranylag igen rövid idő: mindössze néhány év alatt, abban igen komoly szerepe van a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium Közúti Hídosztályának, ott is főként Lébenyi László, Palágyi Pál és Sávos Károly mérnököknek, valamint a Mávag hídosztályának, Zimányi István, Fekete János és Bors Ernő mérnököknek.

A hosszirányú behúzáson kívül a keresztirányú betolást is alkalmaztuk egyes hídjaink szerelésénél, így pl. a solti Dunaág-hídnál, ahol egymás mellett kellett egy 80 m-es közúti és külön egy vasúti hidat felszerelni. Különösen vasútihidaknál van erre gyakran szükség, mert a régi hídon a forgalmat az utolsó pillanatig fenn kell tartani és a régi szerkezet helyére a legrövidebb idő alatt kell az attól oldalt felszerelt új szerkezetet betolni. Így történt 1942-ben a szajoli vasúti híd vasszerkezetének szerelése is.

Végül meg kell emlékeznem a magasépítési vasszerkezetek, csarnokok, hangárok vasszerkezeteinek szereléséről is. Ezeknél a szerkezeteknél minimális állványozást szoktunk alkalmazni. Emelőtornyok segítségével emelik helyére minél nagyobb darabokban a földön már összeszerelt főtartó és szarútartó elemeket Így történt ez a ferihegyi hangár szerelésénél is (lásd 20. kép). Mivel itt rendszerint igen könnyed szerkezetekről van szó, gondosan meg kell vizsgálni emelés és szerelés alatti kihajlási viszonyaikat, stabilitásukat és lehajlásaikat.

A bemutatott I. sz. táblázatban jól látható a különféle szerelési módok állványozási szükséglete. Ebből az következik, hogy legkevesebb az állványozási szükséglete a hossztengely irányában való betolásnak, valamint a segédjárommal való konzolos szerelésnek. Messze kiemelkedik az emelőárbóccal történő hossztengely-irányú behúzás segédjárom nélkül. (Tiszakoród, Csenger) valamint a Sztálin-híd és Margit-híd szerelésének gazdaságossága is.

Szabályzatok

Valamely területen elért fejlődésnek leszűrt eredményeit a szabályzatok vannak hivatva hivatalosan is rögzíteni és kellő kritika után az általános tervezési és építési gyakorlatba véglegesen átvinni.

Hogy a vasszerkezetek területén jelentős fejlődést könyvelhetünk el, az onnan is nyilvánvaló, hogy a legutóbbi időben megjelent az ideiglenes közúti hídszabályrendelet és közvetlenül megjelenés előtt áll a vasúti hídszabályrendelet, valamint a magasépítési vasszerkezetekre vonatkozó új szabályzat. E szabályzatok mindegyikének legjelentősebb újítása, hogy az ú. n. »egyenlő biztonság« elvén épülnek fel. Ezt hazánkban dr. Korányi Imre műegy. tanár dolgozta ki. Lényege az, hogy az igénybevételek önsúlyból származó része után nem kíván biztonsági tartalékot és így megszünteti azt a biztonsági egyenlőtlenséget, amely eddig a kis önsúlyú tartók és a nagy önsúlyú tartók között fennállott. Ezáltal nagyobb vashídjainknál 4—5% vasmegtakarítás volt elérhető annak ellenére, hogy a tengelyterheléseket mintegy 20—100 %-al emeltük. Lényeges változáson ment át a dinamikus tényező értéke, valamint az egyes terhelések nagysága is. (Jármű-súly, szél- és élterhelés stb).

Még hiányzik a szabályzatból a plaszticitás alapján való méretezés rendezése, — bár a folytatólagos tartók biztonságának megítélésénél ez már komolyan felvetődött, azonkívül a tartórácsszerű működés előírásszerű figyelembe vétele. Az új szabályzat ugyan módot ad már erre, de határozott előírásokat még mindig nem tartalmaz. Kétségtelen, hogy kisérletekre van szükség ezen a téren, vagy pedig a külföldi tapasztalatok alapos és szakszerű kielemzésére, valamint saját hídjaink próbaterhelési eredményeinek gondos kidolgozására és kiértékelésére. Az Óbudai Sztálin-híd közelmultban lefolyt próbaterhelése is megmutatta például, hogy a felsőpályás hidak főtartói között nemcsak a közvetlenül terhelt keresztmetszetekben, hanem a szomszédos keresztkötések erőtejes működése folytán a nyílás egész hosszában is tekintélyes tehermegosztó hatás érvényesül.

Igen fontos közvetlen feladat ezen szabályzatoknak a gyakorlat és elmélet fejlődésének megfelelő folyamatos csiszolása.

Gazdasági eredmények

A vasszerkezetű hidak építése terén elért gazdasági eredményeket legjobban a pályafelület m^2-ére eső vassúllyal lehet kifejezni. Ebből a célból a II. sz. táblázatban bemutatjuk néhány fontosabb újjáépített hídunk régi és új szerkezetének anyagfelhasználási adatait. Általában megállapítható, hogy — az új hidak teherbírása legalább 20%-al növekedett — a pályafelület-egységre felhasznált vasanyag mennyisége 10—20%-al csökkent.

Kétségtelen, hogy ötéves tervünk sikere érdekében gazdasági eredményeinket

II. sz. Összehasonlító táblázat

Sorszám	A híd megnevezése	Régi híd súlya		Új híd súlya		Teherbírás növekedés %	Különbség a régi és új szerkezet között	Megjegyzés
		teljes t.	1 m² felületre kg	teljes t	1 m² felületre kg			
1.	Lánchíd	5000	1220	5000	1220	20	Erősebb pályaszerkezet	
2.	Margit-híd	6800	502	5100	335	20	Nagyobb szélesség és nagyobb ívmagasság	
3.	Boráros-téri híd	8000	682	8162	590	—	Szélesebb pálya. Átlagsúly (biciklipálya)	
4.	Szegedi Tisza-híd	1550	348	2600	540	20	Gerendatartó C acélból a réteges vas ívszerkezet helyett	
5.	Vásárosnaményi Tisza-híd	350	330	560	318	20	60 m nyílás helyett 100 m	Rácsos Gerber-híd helyett többtámaszú hegesz. Langer
6.	Összekötő vasúti híd	4050		2 × 2420		84	Többtámaszú híd a régi vonóvasas web helyett	A régi szerk. eszt. okoknál fogva nem volt gazdaságos.
7.	Bajai vasúti híd	3175	1015	4997	606	150	Folytat. tartó a kéttám. tartókal szemben	Tervbevett teljes kiépítésben
8.	Dunaföldvári híd	2620	500	3160	630		50/35-ös acél helyett 49/29-es acél	Nagyobb pályaszélesség
9.	Szolnoki vasúti híd	1400		1789		93	Folytat. tartó a kéttám. tartókkal szemben	

fokozni kell. Ezért el kell érnünk a műszaki fejlesztési tervnek azt az átlagos célkitűzését, hogy vasszerkezeti hídjainknál az 1 tonna súlyra jutó szerelési állványfamennyiség átlagosan 0, 2—0,7 m^3-nél több ne legyen, az 1 m^2-re jutó vasszerkezet súlyát pedig 5—10%-kal tovább csökkentsük.

Ezen cél megvalósítása, a magyar mérnököknek és a műszaki értelmiségnek a fentiekben ismertetett eredményeit figyelembevéve, biztosan remélhető.

Határozati javaslat

A vasszerkezetek műszaki fejlesztése, valamint az anyagtakarékosság minél nagyobb fokú biztosítása és így az ötéves terv sikere érdekében a következőket javasolom :

1. Javítsa meg a magyar vasipar a nagy szilárdságú acélok és főként a hegeszthető acélok eddigi minőségét és gyártási feltételeit a selejt egyidejű kiküszöbölése mellett.

2. A tartórácsok, teknőmetszetű és előfeszített vasszerkezetek területén szükséges elméleti és kísérleti kutató munkát az ÉTI és a tervező intézetek a K. P. M. irányítása mellett minél előbb indítsák meg.

3. Az állvány nélküli szerelési módok területén elért eddigi eredményeket ki kell szélesíteni és tudatosítani kell.

4. A vasszerkezetek gyártására fordított munkaidő csökkentendő elsősorban már a tervezésnél az azonos elemek számának szaporításával, azután a gépesítés fokozásával és a munka jobb megszervezésével.

KORSZERŰ ÉPÍTŐANYAGOK

PALOTÁS LÁSZLÓ műszaki egyetemi m. tanár

Dr Mihailich professzor előadásában felsorakoztatta mind ama hatalmas számokat és adatokat, amelyek pénzben, anyagfelhasználásban, méretekben ötéves népgazdasági tervünk soha nem látott arányú perspektíváját mutatják, elsősorban építőipari vonatkozásban. A »*többet jobbat és olcsón*« szocialista termelési alapelv építőiparunkban minden bizonnyal rá fogja irányítani a szakemberek figyelmét a korszerűsítő és minőségi munkára, mind az építési alapanyagok (cement, kavics, vas, bitumen stb.), mind a félgyártmányok és építési szerkezetek (tégla, falazóblokkok, burkolólapok, csövek, vasprofilok, előregyártott, előrefeszített elemek stb.) teljes területén.

E hozzászólás az építőanyagok és félgyártmányok *korszerűsítésére*, illetőleg ezek előállításának minőségi munkájára *vonatkozik*. Nálunk a korszerűsítés elsősorban a meglévő alapanyagok helyes felhasználásának, megfelelő minőségű építmények előállításának a kérdése. Itt van sürgős tennivalónk. Ezzel párhuzamosan kell rátérnünk az építőanyagok és egész építőiparunk tényleges korszerűsítésére. Erre nézve a szovjet Sztahánovisták és mérnökök legutóbbi

látogatása alkalmával kapott baráti tanácsok és útbaigazítások jelentik a leg élénkebb ösztönzést.

Mint már elhangzott, az elmúlt idők cementkartell üzletpolitikájának számlájára írhatjuk azt a nagy cementpazarlást, ami nálunk folyt. Csak nagy szilárdságú p. c-t állítottak elő, tehát az építőipar kénytelen volt alárendelt jelentőségű építményeknél vagy szerkezeti elemeknél is ezt a drága p. c-t alkalmazni. Ezen kíván segíteni a cementipar mai anyaggazdálkodási politikája olymódon, hogy a jövő évben 500 kg/cm² 28 napos szabványszilárdságú, *nagy szilárdságú cementen* kívül másféle cement is forgalomba kerül, nevezetesen 280 kg/cm² szabványszilárdságú úgynevezett *normacement* — különböző kiegészítő anyagokkal (trasz, kohósalak, mészkőliszt) — és 150 kg/cm² szabványszilárdságú, úgynevezett *kőmívescement*, amely trasz és mészhidrát keveréke.

Az előbbi az építőipar nagy területén alkalmazható, az utóbbi főleg alárendelt betonépítményeknél. Ezeknek az új kiegészítő anyagokkal készült cementeknek a bevezetése igen gazdaságos és racionális módon fogja növelni cement-többtermelésünket. A nehézség a rövidesen forgalomba kerülő normacementeknél abban áll, hogy egyelőre — bár a vizsgálatok már folyamatban vannak — nem áll elegendő kísérleti anyag sem a laboratóriumban, még kevésbbé a helyszínen rendelkezésre, hogy a normacementből készített betonokra nézve biztos támpontot kapjunk. A különféle cementekkel készült betonok esetén óvatosságra int az a kísérletileg igazolt tény, hogy a különféle cementek szabványszilárdsága és a belőlük készített beton nyomó szilárdsága között nincs lineáris összefüggés. Tennivalónk: *sürgős és nagyarányú laboratóriumi és helyszíni kísérletek végzése.*

További lépéseket kell tennie a cementiparnak *a nagy kezdő szilárdságú és gyorsan szilárduló cement* (legalább 600 kg/cm² 28 napos szabványszilárdsággal), valamint a különleges *szulfátállócement* és a speciális igényeket kielégítő *duzzadócement* előállítására. Ismét fel kell vetni *a minőségi trasz* és különösen az *alumíniumcement* helyes előállításának kérdését is, amelyet bőséges bauxitkészletünk erősen alátámaszt.

Ezenfelül — a minőségi munka érdekében — *biztosítani kell a forgalomba kerülő cement egyenletes minőségét.*

Ki kell küszöbölnünk a *téglagyártásban* tapasztalt minőségi hiányokat (szilárdsági hiányok, méret- és alakhibák, nagy rakodási veszteség stb.) és azt a helyszíni többletmunkát okozó körülményt, hogy nem kerül előállításra ½-es, ¼-es falazótégla.

Az építési vasanyagok korszerűsítésének kérdéséhez tartozik a hídépítési célokra szolgáló különlegesen nagy szilárdságú, nem hegeszthető karbonacélok, valamint a hegeszthető ötvözött acélok előállítása; az előállítási selejt és az ár csökkentése, továbbá a különleges magasépítési, ipari építési célokra is szükséges magas szilárdságú minőségi acélok gyártása, végül pedig az előregyártás számára 5—12 mm ⌀-jű legalább 10 000 kg/cm² szakító szilárdságú acél és az előrefeszített

szerkezetek számára 1—3 mm Ø-jű 20 000 kg/cm² szakító szilárdságú acélok gyártása. Hozzávetőleges gazdasági számítások szerint minőségi acél alkalmazásával hídépítési és különleges magasépítési szerkezeteknél 10—15% *vasanyag megtakarítás* is elérhető.

Építőiparunkban — néhány szerencsés szektortól eltekintve — hosszú évek óta elhanyagolt kérdés a *minőségi beton előállításának* kérdése. Ezen a területen igen nagy hiányokat kell haladéktalanul pótolnunk. Az ötéves terv maradéktalan teljesítése hatalmas feladatot ró reánk. E tekintetben az első megoldandó kérdés a helyes cementgazdálkodás: *megfelelő minőségű cementek előállítása és felhasználása a megfelelő helyen.* Itt már mutatkoznak jelek a helyes irányban. De meg kell tennünk a következő nagy lépést is: *a legsürgősebben megoldani a minőségi adalékanyag előállítását.* Különösen fontossá és sürgőssé válik a kérdés az új normacementek bevezetésével kapcsolatban, mert azokkal megfelelő betonszilárdságokat csak jó szemszerkezetek alkalmazása esetén fogunk tudni elérni.

Közismert tény a minőségi beton előállításánál a betonadalék helyes megválasztásának a fontossága. A minőségi betonelőállítás amellett, hogy műszakilag kedvezőbb tulajdonságú betont ad, hozzájárul a méretek csökkentéséhez, — tehát a kevesebb önsúlyhoz, — a zsaluzó anyag csökkentéséhez, — tehát kevesebb fa kell — s kétszeresen a cementmennyiség leszorításához; mindezek összegezése többszörös gazdasági eredményt jelent. Egyedüli hátránya, hogy nagy szilárdságú beton alkalmazása esetén — a szóba jöhető kisebb méretek mellett — valamivel több vas kell.

Az építési helyeken a kitermelt anyagot — legyen az folyami- vagy bányaanyag —, minden szétrostálás nélkül használják fel és emellett a legelemibb betontechnikai szabályokat sem tartják be. Ez az oka, hogy igen sok helyről kapunk az előírt 140 kg/cm² 28 napos kockaszilárdság helyett 60—80, sőt néha 40—50 kg-os szilárdságot is.

Ahhoz, hogy minőségi beton előállítása révén a mindenkitől ismert gazdasági és műszaki eredményeket elérjük, *meg kell oldanunk az adalékanyag osztályozásának kérdését.*

1. A legelemibb és legegyszerűbben teljesíthető megoldás az lenne, ha a kavicskotró vállalat javítóanyagot, úgynevezett *kétszer rostált* kavicsot bocsátana a felhasználó rendelkezésére — a rendes homokos kavics mellett. A legtöbb esetben elegendő is, ha a helyszínre szállított homokos kavicsot ilyen javító anyaggal nemesítik. Szóba jöhet esetenkint a homokos kavicsnak homokra és kavicsra való szétválasztása is.

2. Különleges minőségi munkához *adalékanyag-osztályozó telep* létesítése lenne szükséges. A kavicsosztályozó telepről a megrendelő az előírt betonszilárdságnak megfelelő, jó szemszerkezetű adalékanyagot kapná meg.

3. A fejlődés további menetén a Szovjetunió és más külföldi államok példájára betongyárat állítanának fel. A megfelelő minőségi adalékanyagot cementtel és az építmény betonjához szükséges vízmennyiséggel vagy a telep-

helyen állítanák elő és különleges szállítókocsikon juttatnák ki a munkahelyre, vagy pedig a minőségi betont helyszínre szállítás közben kevernék össze, speciálisan erre szolgáló betonkeverő teherautókon.

Ha figyelembe vesszük, hogy csak Budapesten és környékén, valamint nagyobb építkezéseknél többszázezer m^3-t meghaladó betonmennyiségről van szó, a minőségi beton előállítása útján elért cementmegtakarítás (10—30 kg m^3-kinti cementmegtakarítást irányozva elő) a méretcsökkentés miatti kevesebb betonfelhasználás, a zsaluzóanyag csökkentése — az esetleges vastöbbletből adódó hátrány figyelembevétele mellett is — együttesen igen jelentős. Durva becslés szerint a megtakarítás m^3-kint 30—40 Ft-ra tehető. Ez annyit jelent, hogy évente többmillió forint megtakarítást lehetne elérni minőségi adalékanyag szállítása s minőségi beton előállítása révén.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a modern betontechnikusok által jól ismert elvet sem, hogy *nemcsak folytonosan vegyes szemszerkezetű anyaggal lehet jó betont elérni, hanem lépcsős, hiányos szemszerkezetű anyagokkal is.* A folytonosan vegyes szemszerkezetű anyagokra való törekvés egyes munkahelyeken jelentősen megnehezíti, megdrágítja és lassúbbá teszi a minőségi adalékanyag-előállítás problémáját, holott műszakilag igen jó eredmények érhetők el bizonyos szemcsenagyságok kihagyása mellett. A szemszerkezet javítása tehát mindig a helyi adottságokhoz és ezen túlmenően, az egész ország adalékanyag-adottságaihoz igazodjék.

E kérdés demonstrálása céljából néhány kísérleti eredményre mutatok rá. Az *1. és 2. ábrán* 0—5 mm szemnagyságú homokkal készített betonok jellemző adatait nagy szilárdságú portlandcementtel, — 28 napos kockaszilárdság (K_{28}) és hajlítási húzó szilárdság (h_{28}), vízcementtényező (x), cementmennyiség kg/m^3 (c), finomsági modulus (m) — tüntettük fel.

A *3. ábrán* 40 mm, *a 4. és 5. ábrán* 30 mm szemnagyságú betonokra vonatkozó eredményeket ábrázoltunk. Az *1—5 ábrákban* ábrázolt folytonos és lépcsős szemszerkezetekkel nyert eredmények élénken rávilágítanak a lépcsős szemszerkezetek műszaki jelentőségére.

Gazdasági jelentőségét a *6. ábra* grafikonjaival kapcsolatos vizsgálódás domborítja ki. Az 1 jelű vonal az 1949. évben vizsgált számos dunai homokos kavics átlageredményeit, az 1′ és 1″ a szélső határokat adja meg ; a *h* és *k* vonal a dunai homok és kavics átlageredményeit tünteti fel. Az *a—f* vonalak 250—300 kg/m^3 cement alkalmazása esetén a közúti hídszabályzat által előírt legjobb szemszerkezetek határgörbéit ábrázolják. A még alkalmazható felső határt (*f*) megközelítendő, a rendelkezésre álló dunai adalékanyagból 42% 0—5 mm-es homok és 58% 5—30 mm-es kavicsfelhasználással a »*c*« jelű görbét kapjuk ; ez a görbe bizony nem folytonos, inkább hiányos, lépcsős. Kellő tapasztalat hiányában sokan nem is szívesen alkalmaznák, hanem nagy munkaerő- és anyagpazarlással egy folytonos szemszerkezetű (pl. »*d*« jelű) görbét igyekeznének megközelíteni. Ki kell kísérletezni a hazai kavicsbányák átlagadatainak figyelembe-

vételével — *a hiányos szemszerkezetek gyakorlatilag még jól alkalmazható határait a különféle cementek és legnagyobb szemnagyságok esetén.*

Betonút-építési anyagnehézségek leküzdésére a hazai különféle *porózusabb andezitkőzetek* felhasználása érdekében indultak meg kísérletek. Ezeknek a kísérleteknek a gyakorlati kiértékelése remélhetőleg megkönnyíti majd a betonút építés problémáinak megoldását. Célszerűnek mutatkozik egyúttal másodosztályú betonutak bevezetése is.

Hogy lehetővé tegyük a minőségi betonelőállítást, ennek feltétele *a minőségi betonkészítés elméleti és gyakorlati elveinek elsajátítása. E célból állandó továbbképző tanfolyamokat kellene indítani és fenntartani*, a szükséges betonos szakgarnitura kiképeztetésére.

A betontechnológia korszerűsítésénél sok tennivalónk van *a különböző betonérlelési eljárásokkal* (gőzölés, elektromos melegítés) *kapcsolatos gyakorlati előírások megszövegezésében — hazai anyagokra vonatkozóan.* Ezen a területen járt úton haladunk, hiszen a szovjet építőipar ezirányú tapasztalatai bőségesen rendelkezésünkre állanak; csak át kell értékelni s kibővíteni a szovjet tapasztalatokat a hazai viszonyokra, anyagokra vonatkozólag.

A hazai nagy szilárdságú portlandcementtel készült betonok gőzölési kísérletei általában azt mutatták, hogy friss beton 5—8 órán át tartó 80—85° C gőzölés mellett — túlnyomás nélkül — már 24 órás korban eléri a szokásos tárolás melletti hétnapos nyomó szilárdságot. De azt is megmutatták ezek a kísérletek, hogy a különböző cementek azonos gőzölési módszer mellett különbözőképpen viselkednek; így a magyar trasz és kevert cementbetonok kisebb szilárdságot adtak, mint a portlandcement-betonok. Az eddigi kísérletek alapján valószínűleg található a többféle cementekre nézve oly gőzölési eljárás, (felfűtési, gőzölési, lehűtési hőfok, időtartam), amely mellett az eredmény a legkedvezőbb. Ez a körülmény élénk figyelmeztető azokra a helyszíni gőzölésekre, amelyeket egyes munkahelyek kellő szakértelem hiányában végeznek. Ez irányban *a hazai anyagokkal való gőzölés kérdésének tisztázására — figyelembe véve a bevezetendő új cementfajtákat is — okvetlenül szükséges megfelelő kísérletek elvégzése.*

A Szovjetunióban és másutt a beton elektromos melegítését, érlelését általában 40—60 volt feszültségű váltóárammal végzik. Az eredmények — mintegy 70—80 °C felfűtés mellett — nagy általánosságban egyeznek a gőzöléses érlelés eredményeivel. Hazánkban biztató kísérletek folynak — Nagypál és Weisz újítási javaslata alapján — kis feszültségű (0,5—10 volt) és nagy áramerősségű elektromos fűtésre; előnye a veszélytelen munka.

Az aszfaltút-építés, valamint a szigetelés területén a szükséges korszerűsítési feladat a hazai, e célokra meg nem felelő bitumenek alkalmas, nálunk is előállítható adalékanyagokkal (aszfalténes stearinszurok) vagy külföldről könnyen behozható kemény bitumennel történő megjavítása.

Az építőanyag korszerűsítésénél nagyjelentőségű *a könnyű betonok elő-*

állítsának kérdése, akár mint teherhordó elem, falazóblokk, akár mint kitöltő- vagy hőszigetelőlap.

A selypi salakkal — köbméterenkinti 200 kg portlandcement adagolás mellett — készített, kereken 90 kg/cm² nyomó szilárdságot elért ismert könnyű betonon kívül az Építéstudományi Intézet laboratóriuma többféle könnyűbeton-típust kísérletezett ki, amelyek az előbb említett háromféle felhasználásra megfelelőnek bizonyultak. Kikísérletezett könnyűbeton-fajták: 1. tufabeton, 2. salakbeton, 3. mész-agyag beton, 4. gázbeton, 5. habbeton.

1. *Tufa-betonok.* Andornaki tufa-adalékanyaggal, 0—0,6 és 2,5—5 mm-es szemnagyságú anyagokkal, 60 kg/m³ nagy szilárdságú portlandcement és 120 kg/m³ oltott mész adagolása mellett 3 órán át tartó 3 atmoszféra nagy nyomású gőzkezeléssel (autoklávkezelés), sikerült az ÉTI laboratóriumának 1150 kg/m³ térfogatsúlyú, 70 kg/cm³ 28 napos nyomó szilárdságú könnyű betont, 92 kg/m³ portlandcement, 108 kg/m³ oltottmész 3 órán 8 atmoszféra gőzölés mellett pedig 1230 kg/m³ térfogatsúlyú, 110 kg/cm² szilárdságú könnyű betont előállítani. Ezeket a könnyű betonokat ipari kísérlet céljaira javasoltuk. Autokláv kezelés nélkül 0—7 mm-es adalékanyaggal, 180 kg/m³ portlandcementtel, 1100 kg/m³ térfogatsúlyú, 40 kg/cm² szilárdságú könnyűbetont kísérleteztünk ki.

2. *Salakbetonok* néhány jellemző adata — a fent említetten kívül —: Rostálatlan bánhidai 0—5 mm-es salak 250 kg/m³ portlandcementtel 1330 kg/m³ térfogatsúlyú, *40* kg/cm² 28 napos nyomó szilárdságú, 3—15 mm-es kelenföldi salak, 172 kg/m³ portlandcement, 81 kg/m³ kovaföld, 3,5 kg/m³ kalciumklorid adagolás mellett 1300 kg/m³ térfogatsúlyú, 27 kg/cm² nyomó szilárdságú salakbetont adott.

3. A *mész-agyag beton* alkalmazása is érdeklődésre tarthat számot. Ez a finomszemcséjű agyag természetes előfordulás, — szállítási, őrlési költsége általában nincsen. Autokláv kezeléssel (10—12 atm. gőzben) mintegy 50 kg/m³ portlandcement, 100 kg/m³ mész adagolása mellett 1000—1200 kg/m³ térfogatsúlyú, *100* kg/cm² nyomó szilárdságú anyagot sikerült előállítani. Ez az anyag teherhordó szerkezetekhez tégla pótlására alkalmazható nagyobb blokkokban. Az előállítás üzemköltsége mintegy fele a tégláénak.

4. A *gázbetonok* külföldön már régen használatosak. Gyártásuk eléggé körülményes, csak rendkívül gondos előállítási körülmények mellett biztosítható az anyag egyenletessége, hacsak természetes, állandó összetételű anyag nem áll rendelkezésre. Nálunk — mint külföldön is — autokláv kezelés mellett (3 órán át 8—12 atm) alumíniumpor adagolásával kísérleteztek. Így pl. előállítottak a) 40 kg/m³ portlandcement és 112 kg/m³ égetett mészpor, 0—0,6 mm tufaadalék, 1,8 kg/m³ alumíniumpor adagolása mellett 570 kg/m³ térfogatsúlyú, *10* kg/cm² nyomószilárdságú, b) 100 kg/m³ portlandcement, 150 kg/m³ oltottmész, 0—0,6 mm tufaadalék adagolása mellett 1000 kg/m³ térfogatsúlyú, 50 kg/cm² nyomó szilárdságú gázbetont.

5. A *habbetonok* közül kitöltő falazatra, hőszigetelésre, igen alkalmas

anyag az autokláv kezeléssel érlelt 100 kg/m³ portlandcementtel, 50 kg/m³ oltottmésszel, gyantaszappan és igen kevés enyvből előállított hab (0,5 kg/m³) hozzáadásával, kvarc- vagy tufalisztadalékkal készített *400* kg/m³ térfogatsúlyú, *15—20* kg/cm² nyomó szilárdságú — ipari kísérletekkel is kipróbált — habbeton.

Meg kell említenünk továbbá, hogy hőszigetelő anyagok különféle szerves hulladékokból készítve, különböző kombinációkban készülhetnek (műanyag hab, kokszolt rizshéj — vízüveg vagy szurok, tengeriszár-dara — mész, tőzeg — szurok sorra mintegy 100, 250, 400, 500, 700 kg/m³ térfogatsúllyal). Ilyen szerves hulladékokból előállított lemezek (rostlemez) kikísérletezésére s gyártására nálunk is törekedni kellene.

A könnyű építőanyagokat illetőleg nem szabad megfeledkeznünk a hazánkban is többszázezer m³ mennyiségben fellelhető, természetes előfordulású vulkanikus, erősen porózus, salakos bazaltokról, amelyek 70—180 kg/cm² nyomó szilárdság mellett 700—1300 kg/m³ térfogatsúlyúak (7. ábra). Ezeknek az anyagoknak a részletes felkutatására, fejtésére, — amelyekre Gáspár mérnök kartársunk hívta fel a figyelmet — célszerűnek látszik berendezkedni.

Fel kell kutatni azokat az anyagelőfordulásokat is, amelyek külföldön használt, expandált, nagy szilárdságú anyagkavics előállítására alkalmasak.

Betontechnikai vonatkozásokban néhány szót kell még szentelnünk a különféle betonjavító anyagoknak, amelyek *a)* a beton vízzáróságát fokozzák (az ismert Trikozál normál), *b)* a beton vízfelszívódását gátolják (visszataszítók, mint pl. kálcium vagy alkáli szappant tartalmazó anyagok), *c)* kötését gyorsítják (pl. Szika 4. Trikozál *S* 3), *d)* bedolgozhatóságát növelik (plasztifikálók, pl. Plasztiment).

A betonjavító anyagok korszerűsítését jelentené, ha egyrészt a különféle néven szereplő és sokesetben külföldről behozott *anyagokat egységesítenénk, s kikísérleteznénk hazai gyártású megfelelő anyagot*, másrészt, ha az egyes kötésgyorsító anyagok vas korrodeáló hatását kiküszöbölendő, *korróziót kevésbbé okozó*, más összetételű és hazai anyagot állítanánk elő. Az Építéstudományi Intézet laboratóriumának javaslata (Schütz-Szilágyi-féle javaslat) a szokásos $CaCl_2$-os kötésgyorsítókat hatásában megközelítő, de kisebb korróziót okozó *Ca*-formiát, plasztifikáló anyagul pedig a szulfit-szennylúgból nyerhető plasztifikáló anyag alkalmazása. Különösen az utóbbi látszik gazdasági szempontból jelentősnek.

Faanyagunk szűk keresztmetszetének enyhítésére ajánlatos lenne a fa minőségi osztályozásának betartása, a korszerű s igen gazdaságos szegezett, ragasztott stb. szerkezetek alkalmazása, s a helyes és gazdaságos faméretek bevezetése. Ezzel a kérdéssel függ össze a részben parketta padlóburkolat pótlására, reszben a külföldről behozott magnéziacementtel készült hézagmentes padlóburkolat helyettesítésére szolgáló — ÉTI által javasolt — *dolomitcementes padlóburkolat*, valamint előregyártott műgyantás vagy fából készült koptató réteges szurok-, tőzeg- és szalmarost alkatrészekből készült alzattal összepréselt

műanyag-padlóburkolat bevezetése — a végrehajtott laboratóriumi kísérletek után — ipari vonatkozásokban. Mindkét javaslat jelentős megtakarítást jelent.

A fent elmondottak alapján arra kérem az értekezletet, hogy az építőanyagok korszerűsítésére vonatkozó alábbi javaslatokat tegye magáévá:

1.) *Állandó továbbképző tanfolyam* megindítása a minőségi beton előállítás kérdéseinek elméleti és gyakorlati kérdéseinek elsajátítására.

2.) *Laboratóriumi kutató munka, cement- és betontechnikai vonalon* (új cementek, lépcsős szemszerkezetek, porózus andezitadalékok, könnyű betonok, betonjavító anyagok, gőzöléses érlelés, elektromos érlelés tanulmányozására).

3.) *Ipari kísérletek* a már kikísérletezett könnyű betonok, betonjavító anyagok, műanyag-padlóburkolat, dolomitcementes, hézagmentes padlóburkolat előállítására.

4). *Hazai természeti kincseink feltárása* könnyű építőanyagok előállítására.

5.) *Új építőanyagok gyártása* (új cementfajták, nevezetesen nagy kezdő szilárdságú, gyorsan szilárduló cement, duzzadócement, saválló cement; hegeszthető vasanyag, nagy szakító szilárdságú acélanyag).

6.) *A minőségi munka érdekében* a helyszíni ellenőrzés fokozása. Az építést végzők minősítése a végzett minőségi munka alapján; az *anyagtakarékosság érdekében* »a megfelelő anyag megfelelő helyre« elv betartása; adalékosztályozó berendezések létesítése.

7.) *Az építőgyakorlat számára korszerű irányelvek és szabályzatok kiadása.* (Minőségi beton, betonozási irányelvek, kavicsszabvány).

Hiszem, hogy a magyar építőipari dolgozók átérezve elmaradt építőiparunk korszerűsítésének igen fontos kérdését, minden erejükkel törekedni fognak feladatuk maradéktalan végrehajtásához elengedhetetlenül szükséges minőségi munkát végezni, sőt azt fokozni.

A GÉPESÍTÉS SZEMPONTJAI A MÉLYÉPÍTÉSBEN.

ÓCSVÁR REZSŐ mérnök

Mihailich professzor úr előadásában már említette és erősen hangsúlyozta az építőipar gépesítésének jelentőségét ötéves tervünkkel kapcsolatban. Szóvá tette az ezzel kapcsolatos problémákat is.

Hozzászólásomban e kérdéssel különösen a mélyépítőipar szempontjából szeretnék foglalkozni és rávilágítani azokra a főtényezőkre, amelyek e probléma megoldásában közrejátszanak.

A szocialista termelési rendszer akkor győz a kapitalista rendszer felett, ha nagyobb *termelékenységet* ér el. A nagyobb termelékenység kérdése viszont elsősorban az *önköltségcsökkentés* felé irányítja figyelmünket. A mélyépítőipar önköltségcsökkentését leghatásosabban és leggyorsabban a gépesítéssel tudjuk elérni, de természetesen nem hagyhatjuk figyelmen kívül a szocialista termelési rendszer egyéb ismert munkamódszereinek önköltségcsökkentő hatását sem.

A nagyobb mérvű gépesítés nemcsak az önköltség csökkentése érdekében szükséges, hanem azért is, hogy minél több gép alkalmazásával minél *több munkaerő* szabaduljon fel, s legyen az építőipartól más és más iparágak felé irányítható. Így tehát iparunk gépesítése közvetve munkaerőgazdálkodási szempontból is rendkívül jelentős.

De nem szabad figyelmen kívül hagyni a mélyépítőipar gépesítésének tárgyalásakor azt a fontos körülményt sem, hogy a gépesítéssel a mélyépítőipari dolgozókat a *nehéz testi munkáktól* mentesítjük, dolgukat megkönnyítjük; hiszen a szocialista termelési rendszerben »legfőbb érték az ember.« Ezenkívül *a minőség javítását* is szolgáljuk a gépesítéssel.

A mélyépítőipar gépesítésének megteremtésénél elsősorban a várható *forgalmat*, tehát a feladatot kell ismernünk, más szóval a gépi parkkal elvégzendő feladatok mértékét forintban kifejezve. Ezt az összeget az ötéves terv minden iparágra, így a mélyépítőiparra is megadta. Természetesen a mélyépítőipar sajátos jellege következtében igen fontos annak a feltételezése, hogy az évi forgalmi összegen belül nem változnak meg nagy mértékben a különféle *foglalkoztatási megoszlások*, azaz nem változik meg, hanem közel konstans marad, az útépítés, a vasútépítés, valamint a híd-és vízépítés aránya. Ugyancsak fontos e számításoknál, hogy egyelőre a vizsgálatoknál minden iparágra vonatkozólag állandó *anyag, bér- és regie-hányadot* tételezzünk fel. Így tehát a forintban megadott forgalom az előbb említett változóktól egyelőre függetlennek legyen feltételezhető a vizsgálat, a tervezés tartama alatt.

A második szám, melyet a mélyépítőipar gépesítésével kapcsolatban minden részletében ismernünk kell: a *gépberuházási lehetőség* forintban kifejezve. Az ismert forgalom és a gépberuházási lehetőség között ugyanis határozott összefüggés van. Pl. ez a százalékos arányszám a súlyponti nagy mélyépítő ipari vállalatainknál 1950. januárjában az államosítás előtti 6—7%-ról 22%-ra emelkedett. Ezt a számot most az ötéves terv során legalább 50%-kal akarjuk megjavítani, azaz 33%-ra akarjuk felemelni.

Természetesen módot kell találnunk arra, hogy a forgalmon és a beruházási lehetőségen kívül valamiképpen mérni tudjuk azon tényezőt is, amely jellemző a mélyépítőiparban dolgozók számára, valamint a beruházott gépek lóerő- és teljesítmény-kapcsolataira. A mélyépítőiparban a gépesítési fokot egyelőre az *egy főre eső lóerővel* mérjük. Ez a ma rendelkezésünkre álló adatok és becslések szerint 1,37 HP/fő, de ez a szám az ötéves terv során terveink szerint 3,80-ra fog emelkedni, azaz 275%-kal lesz nagyobb.

A mélyépítőipar gépesítésének tervezésénél különös tekintettel kell lenni arra, hogy milyen mértékű a *gépek kihasználási foka.* Ez a szám a mélyépítő ipari jelenlegi definició szerint 21%. A gépkihasználási fokot az ötéves terv során 100%-al kívánjuk emelni, azaz 42%-ra. Ennek elérése igen nagy szervezési munkát kíván a mélyépítőipar fizikai és szellemi dolgozóitól. Ha ugyanis figyelembe vesszük azt a tényt, hogy egy építőipari gép minden munkanapon

8 órán át dolgozik, és ezt a kihasználást 33%-kal jelöljük, akkor látható, hogy az országosan elérni kívánt és minden gépre súlyozottan kiszámított átlagos 42% igen erős követelmény.

A mélyépítőipari tervfeladat teljesítésénél természetesen nemcsak a gépesítés mértékére kell figyelemmel lennünk, hanem a *szükséges létszámra* is. Ennél a kérdésnél, a szükséges gépek számának és értékének kiszámításakor tekintetbe kell vennünk, hogy a mélyépítőiparban a szellemi és fizikai dolgozók arányszáma szakmánként és évszakonként erősen hullámzik és 4—25% között mozog. Ez az arányszám a gépesítés fokozásával a szellemi dolgozók javára emelkedni fog.

A fentieken kívül nagy mértékben befolyásolja még a gépesítés mértékét azon körülmény is, hogy a *hazai gépgyártás* milyen mértékben tud majd ötéves tervünk mélyépítő ipari gépszükségleteire felkészülni és milyen mértékben leszünk kénytelenek a hiányzó gépmennyiséget külföldről pótolni. Ez a kérdés szorosan összefügg a *gépek tipizálásának* kérdésével. A különféle külföldi országokból beszerzett gépek ugyanis a hazai viszonyoknak jobban megfelelő és később kialakítandó géptipusainkat ma még sokszor károsan befolyásolják. Az egységes gépek kezelésének és felhasználásának előnyéről önköltségcsökkentési szempontból, azt hiszem, kár bővebben beszélni. A helyes géptípusok kialakításának kérdésével szorosan összefügg a hazai géptervezési rendszer helyes megszervezése is, mert ezen a téren, legalábbis építőipari vonalon, igen nagy mértékben le maradtunk.

Az építőipari gépek mennyiségének és minőségének megállapításánál nem hagyható figyelmen kívül az a tény sem, hogy építőipari dolgozóink egy része még mindig ragaszkodik *a konzervatív építési módszerek*hez. Ez ellen csak igen nagy mérvű felvilágosító munkával tudunk küzdeni. Ötéves gépesítési tervünk megtervezésénél figyelembe vettük a technológiai folyamat feltétlenül bekövetkező javulását is.

Ezen kérdés megoldásához csatlakozik — mint vele szorosan összefüggő kérdés — a *szakoktatás* kérdése. Rendkívül nagyfontosságú ez éppen az új munkamódszerek bevezetésekor, mind az alsó-, mind a közép- és felsőfokú oktatás vonalán. Nemcsak egyszeri elméleti kiképzésről vagy átképzésről van itt szó, hanem — ami talán még fontosabb — az állandó továbbképzésről és fejlesztésről is. Ehhez pedig népszerű brosúrák és könyvek kiadása elengedhetetlenül szükséges.

A gépesítés megtervezésénél, az új munkamódszerek bevezetése alkalmával nem lehet figyelmen kívül hagyni az úgynevezett *komplexgépesítés* szükségességét sem. Itt elsősorban a folyamatos gépesítésre kell gondot fordítani. Nem sokat ér ugyanis az olyan gépesítés, ahol a teljes munkafolyamatnak csak egyes fázisait gépesítik, sok szintén jelentős kivitelező tényező pedig gépesítetlen marad. A mélyépítőiparban ezen a téren mutatkozik a legnagyobb lemaradás. Helytelen lenne, ha csak a kotrógépek beszervezésével törődnénk, de ugyanakkor a szállító berendezések beszerzését nem szorgalmaznánk. Ugyancsak hibát követ-

nénk el akkor, ha a betonkeverés gépesítéséhez betonkeverő gépekről gondoskodnánk, de bedolgozó berendezésekről nem.

Feltétlenül figyelemmel kell lennünk a mélyépítőipar gépesítésének megtervezésénél a *súlyponti területek* helyes kialakítására is. Nem mindenütt kell egyformán gépesítenünk, hanem elsősorban a súlyponti területeken. Így nem aprózzuk el erőinket. A földmunkáknál a termelés, a szállítás, valamint a bedolgozás, a betonozásnál a keverés, a szállítás és a bedolgozás terén kell erősen gépesítenünk. A famunkáknál és a vasmunkáknál a megdolgozás kézi jellegét kell apró szerszámok alkalmazásával minél jobban megszüntetni.

Szorosan összefügg a mélyépítőipari gépesítés továbbfejlesztésének kérdésével az *elektrifikálás* kérdése is. Első ötéves tervünk során az iparunkhoz szükséges teljes elektrifikálásról természetesen még nem beszélhetünk. Részben azért, mert ezen a téren Magyarországon még igen nagy az elmaradás, részben pedig azért, mert a mélyépítőiparnak a magasépítőiparral szemben egyik jellegzetessége az állandó mozgás. A magasépítés helyhezkötöttebb iparág. Ismerve az elektrifikálás nagy jelentőségét, ebben az ötéves tervünkben úgy irányítjuk a motorikus erőket, hogy belőlük 73% nyersolaj meghajtású, 22% benzin meghajtású és 5% villany meghajtású legyen. Ez utóbbiaknál különösen fontos, hogy a sokfajta elektromos motor mielőbb tipizáltassék.

A gépek számának és lóerejének kiszámításánál egyike a legnehezebb kérdéseknek a *felszabaduló munkáslétszám* felbecsülése. Átlagban hány fő munkaereje felel meg egy gépi lóerőnek? Erre vonatkozólag számításokat eszközöltünk, s arra az eredményre jutottunk, hogy egy lóerőnek a gépesítés jelenlegi fokán 0,4—0,5 munkaóra felel meg. E közelítő számítás alapelve az volt, hogy ugyanazon teljesítményhez az új normák alapján kiszámítottuk a szükséges forint összeget — kézimunka esetén, azután kiszámítottuk ugyanazon teljesítmény elvégzésének költségét — gépek alkalmazása esetén. A két költség hányadosa adta az előbb említett viszonyszámot. Természetesen itt sem szabad figyelmen kívül hagyni a szocialista termelési rendnek azt a sajátosságát, hogy a fejlődéssel kapcsolatban a normák természetszerűleg mindjobban szűkülnek, az önköltség csökken s az akkumuláció nő.

Az eddigi fejtegetésben feltételeztük, hogy a gépek a beszerzés után nem nagyon romlanak és teljesítőképességük állandó. Ma még sajnos, nem áll helyt ez a feltevés, gondolnunk kell a fokozott gépkihasználás követelményére. Teljesen helytelen az az álláspont, mely pedig ma az építőiparban mindjobban terjed, hogy addig használják a gépeket, míg teljesen le nem romlanak és csak akkor küldik őket *javításra*, amikor már alig lehet rajtuk segíteni. Feltétlenül azt az új rendszert kell bevezetni, amely a Szovjetunióban is járja, hogy a gépek egy bizonyos megdolgozott munkaóra után minden körülmények között javításra kerülnek, éspedig lehetőleg központi szakosított gépjavító műhelybe. Ilyen módon a gépek élettartamát meg lehet növelni. Gondoskodni kell azonban arról is, hogy a gépkezelők lehetőleg mindig ugyanannál a gépnél legyenek,

ne váltogassák őket minduntalan, mert ily módon a gépek a kezelővel jobban összeforrnak.

Említést kell tennünk végül a gépek számának és kihasználásának kapcsán arról a kérdésről hogy a mélyépítőipari vállalatok vertikális felépítettségüknél fogva *saját géppel, vagy kölcsön géppel* rendelkeznek-e. Ez utóbbi eset, amint a Szovjetunió példája mutatja, csak akkor fog bekövetkezni, ha már kellő gépegység áll rendelkezésre. A vállalati profilok kialakításánál irányadó szempont legyen az, hogy a gépesítési fokuk milyen fejlődési periódusban van. Kevéssé gépesített vállalatokat nem szabad minden további nélkül szétosztani, mert a termelékenység csökken.

Az előzőkben igyekeztem összefoglalni azokat a fő szempontokat, amelyek a mélyépítőipar gépesítésének kiszámításánál, tervezésénél figyelembe veendők. Ezek a tényezők természetesen szorosan összefüggnek, de külön-külön is tárgyalhatók akkor ha a többi tényezőt a vizsgálat idejére állandónak tételezzük fel. Ily módon az egyes tényezők hatását gondosan meg lehet vizsgálni. Eddigi számításainkban ugyanis azt tapasztaltuk, hogy az egyes tényezők nem egyforma súllyal jelentkeznek és így ennek a súlyozási problémának igen nagy a jelentősége, amikor ötéves távlatban tervezünk. Nem szabad elfelejteni, hogy ötéves tervünk során közel 10 milliárd Ft mélyépítési terv teljesítéséről van szó, ehhez kb. 800 millió Ft értékű gépberendezést kell eszközölni, ami kb. 200 000 lóerőnek felel meg. Olyan hatalmas számokról van szó, hogy érdemes az előbb említett tényezőket a leggondosabban kivizsgálni és ezeknek egymásra gyakorolt hatását a legsúlypontibb szemszögből, az önköltségcsökkentés szemszögéből a leggondosabban mérlegelni.

Ámde ezeket a számokat és görbéket nemcsak számszaki és műszaki szempontból kell kivizsgálni, hanem gazdaságpolitikailag is. Ezt a szempontot a tervgazdálkodásunkban semmi körülmények között sem lehet figyelmen kívül hagyni. Láthatjuk ennél a kérdésnél is, hogy milyen szorosan összefügg a tudományosan felkészült matematikus, a gyakorlati mérnök és az ideológiailag képzett közgazdász munkája.

Ez a kívánatos harmonikus együttműködés a mélyépítőiparban ma még nincs teljes mértékben kialakítva, talán éppen a téma újszerűsége miatt, márpedig erre elengedhetetlenül szükség van.

Éppen ezért erről a helyről is felkérem a Magyar Tudományos Akadémia vezetőségét az adémiai nagyhét alkalmával, támogasson bennünket tudományos felkészültségű tagjai segítségével, ezeknek a nagy kérdéseknek elméletileg műszakilag és főleg ideológiailag helyes megoldásában. Alakítson e célból az Akadémia olyan munkabizottságot, ahol az előbbi szempontokat jól ismerő szakemberek a felvetett kérdéseket megtárgyalhassák, azokat tudományosan feldolgozhassák és érthető formába öntsék., Bizonyos vagyok benne, hogy e munkájuk eredménye majd mindnyájunk közös céljában, ötéves tervünk sikeres megvalósításában fog megmutatkozni.

Kérem ehhez a munkához az Akadémia tagjainak támogatását.

A SZTAHÁNOV-MOZGALOM A MAGASÉPÍTŐIPARBAN

MAJOR MÁTÉ lev. tag

Amikor 1935. szeptemberében Alekszej Sztahánov a széntermelés évszázadok során kialakult hagyományos módszerét egyszerű szervezési újítással — a fejtés, a cölöpözés és a kiszállítás funkciójának szétbontásával — forradalmi módon megváltoztatta, s ezzel a normának előbb közel hatszorosára, majd csaknem tizenkétszeresére emelte brigádja egy főre eső teljesítményét, történelmi jelentőségű tettet hajtott végre. Ez a tett nemcsak a szénbányászatban, de a szocializmus útját járó népek egész gazdaságában roppant építőerőket szabadított fel, melyeket eddig a szakmai hagyomány, a szűklátókörű szakszerűség, a haladást gátló megszokás, a régi technika tartott lekötve, s vont el az emberiség jobb életének lehetőségétől.

Nem véletlen, hogy ez a tett éppen a Szovjetunióban, a szabadság hazájában, a dolgozó milliók egy — öntudatos — tagjának gondolatában és erőfeszítéseiben született meg. Sztálin elvtárs a sztahánovisták első szovjetuniói tanácskozásán tartott beszédében (1935-ben) pontosan megfogalmazta a Sztahánov-mozgalom forrásait, s nyivánvalóvá tette, hogy ezek a források sosem a kapitalizmus, csakis a szocializmus talajából fakadhatnak. E források : a forradalom adta szabadság és a folyton szaporodó anyagi és szellemi javak, melyek gazdaggá és vidámmá teszik az életet ; a kizsákmányolás mentes munka, a magunknak — és a mindnyájunkért — dolgozás biztató és felemelő tudata ; a régi, fétissé merevedett technika szétrombolása és az újnak — a legapróbb ötletek és a legmerészebb gondolatok bevetésével — napról-napra továbbépítése ; végül erre a termelő-munkára képes nagyszerű munkás és műszaki értelmiségi káderek állandó, mind tömöttebb sorokban felzárkózása.

Ezek a források táplálták az első gondolatot is, melyből Alexej Sztahánov történelmi tette kipattant, hogy azután széles tömegeket, népeket, országokat átható, elemi erejű mozgalommá duzzadjon. A sztahánov-mozgalom a termelékenység, a termelés — eddig elképzelhetetlen magasságokba — emelésének, a jólét, az anyagi és szellemi gazdagság, a boldog és ragyogó jövő megteremtésének mozgalma, valóban forradalmi és valóban hazafias mozgalom.

Ez a mozgalom a győzelmes, a felszabadító, az ösztönző szovjet nép példája nyomán hozzánk is elérkezett, s építőiparunkat is kizökkentette évezredes megszokottságából, szakmai hagyományából.

Itt-ott még ma is látható, amint kőműveseink két kezük és három fő szerszámuk (a habarcsmerítő-, a habarcsterítőkanál és a kőműveskalapács) észszerűen soha össze nem kombinálható váltogatásával, fárasztó hajladozásokkal rakják a téglákat egymás tetejére, csaknem úgy, ahogy a bibliai időkben csinálták a Tigris és az Eufrát vidékén. Ebben a munkamódszerben a segédmunkásoknak csak az emberi erő legprimitívebb és legpazarlóbb kihasználása, a súlyos anyagok hordása jutott feladatul. És ennyi töméntelen erőfeszítés

minden eredménye összesen csak kb. 800 tégla befalazása volt egy nap nyolcórai munkaideje alatt. A kapitalizmus idején sem a kapitalistának — az építési vállalkozónak — sem a munkásnak nem fűződött semmi érdeke e »jól bevált«, »szolid« munkamódszer megváltoztatásához: a vállalkozó profitja annál nagyobb volt, minél primitívebb módon, minél több nyers emberi munkaerő kizsákmányolására volt lehetősége ; a munkás pedig a munka tartósságát, munkában állásának időtartamát, mindennapi kenyerének relatív biztonságát védte az alacsony termelékenységgel.

A nálunk is járt, nagyszerű szovjet kőműves-sztahánovista Savljugin olyan rekordot is elért már (kellő segédlettel), mely megfelel egyetlen nyolcórás műszak alatt 31000 db tégla bedolgozásának. A napi 800 és a napi 31000 tégla teljesítmény közötti különbség nem pusztán matematikai differencia. Ez a különbség csaknem annyi, amennyi a hanyatló kapitalizmus és az emelkedő szocializmus világa között tátong.

A savljugini rekord természetesen nem vihető át a napi gyakorlatba, de igen hatásos teljesítmény abból a szempontból, hogy világosan rámutat azokra a roppant tartalékokra, amelyeket az adottságainál, vándorjellegénél fogva legelmaradottabb ipar, az építőipar rejteget, kezdetleges módszereiben, eszközeiben, kövédermedt szokásaiban, rögeszméiben és babonáiban. A Sztahánov-mozgalom, a savljugini rekord óriási eredménye, hogy a magyar sztahánovista kővműesbrigádok is elérkeztek kísérleti munkában s a módszereik különbözőségéből származó különbségekkel a több — (6—8—12) — ezer téglás teljesítményekig, s — e magyar rekordok hatása következtében — az építőipar is az átlagos napi 1200 téglás produkcióig. Ez másfélszerese a régi teljesítménynek, ami — ha kevés is — az egészséges fejlődés megindulására mutat.

Nálunk a falazáson kívül ezideig csak a nagymennyiségű azonos munkát biztosító munkanemekben jöttek létre sztahánov-teljesítmények, s ilyen munkanem bizony kevés van még ma is építőiparunkban.

Amíg a telepített nagyiparban ugyanis egy és ugyanannak a gyártmánynak előállításánál az összes feltételek pontosan adottak és ismeretesek, s minden gyártási szériánál azonosak, addig az építőiparban — természetéből, vándorjellegéből kifolyólag — még elméletileg azonos típusépületek egymásmelletti megvalósítása esetén sem azonosak a feltételek. Ezenkívül az épületgyártás olyan bonyolult, annyira sokrétű feladat — hiszen legalább kéttucat különböző iparosmunka együttműködéséből jön létre, s igy gyakorlatilag nem lehet kétszer tökéletesen egyformán megszervezni — hogy az építőipari Sztahánov-teljesítmények létrejöttének igen sok objektív nehézsége van a létrejött teljesítmények összehasolitásában, tehát kiértékelésében is akad mindig össze nem mérhető tényező.

Érthető tehát, ha a falazási sztahánov-eredményeken kívül ezideig főleg csak vakoló, burkoló, betonozó és födémzsaluzó sztahánov-teljesítményekről

beszélhetünk. S ezekről is — az ipar elmaradottságából származó ellentmondásként — csak olyan munkanemeknél, melyek tisztán emberi erőfeszítéssel, kézzel végzett munkával produkálhatók. Azaz olyan munkáknál, melyek az építésnek kézműiparból nagyiparrá, helyszíni épületelőállításból üzemi épületgyártássá fejlődésével fokozatosan elvesztik jelentőségüket az építőipari termelékenység emelésében.

Ennek a fejlődésnek perspektívája azonban — technikánk nagyszerű megújulása mellett is — még eléggé távoli ahhoz, hogy az építőipari Sztahánov-mozgalmat ebből a szempontból most ne vizsgáljuk, hanem elégedjünk meg mai eredményeink, nehézségeink és feladataink rövid megfogalmazásával.

*

Sebestyén Gyula és Fundák Lajos nemrég igen érdekes tanulmányt írt Savljugin és négy magyar sztahánov-brigád falazási módszeréről, összehasonlítva eredményeiket. Érdemes ezen az egy példán lemérni az építőipari Sztahánov-mozgalom mai állapotát.

A módszerek közül az első *Pozsonyi Zoltán módszere*, aki a szovjet tapasztalatok alapján először produkált magyar sztahánov-eredményt a falazásban. Módszere döntő változást jelent az egymagában, három szerszámmal dolgozó kőműves hagyományos módszerével szemben. E módszer lényege, hogy a kőműves a falvégekhez közel felállított léckeretek és *kétoldali* zsinórozás mellett *egyenként* rakja a téglákat, a habarcsterítő segédmunkás pedig *egy merítőkanállal* teríti a habarcsot. A habarcsterítő egy rétegben terít a kőműves előtt, aki az adógató segédmunkástól kezébe kapott téglákat csúsztatva helyezi el a habarcsban. A kőműves szerszámot csak sarkoknál és falvégeknél vesz kézbe, hogy a szükséges faragást elvégezze. A sorvezető állítását a brigád három tagja együtt végzi, s a kőműves és az adagató akasztja a sorvezető következő szegsorára a két zsinórt. E módszernél lécezést nem használnak.

A második a *komlói ifjúmunkások módszere*, akik Pozsonyi módszerét fejlesztették tovább. Itt kombinált sarok és sorvezetőléc segítségével a kőműves egyszerre *két téglát* rak, a habarcsterítő pedig egyszerre *két merítőkanállal* terít. A téglák kettesével elhelyezésénél a kőműves úgy csúsztatja a habarcsban a téglát, hogy egyben kitölti az álló hézagokat. A sarkokon, végeken a faragómunka miatt egyesével helyezik el a téglát. A sorvezető függőbe állított vastag léc, melynek sorjelző egy szegsorára *egy zsinórt* feszítenek ki. A lécezést és az igazítást a kőműves és az adogató végzi. Egyébként úgy dolgozik együtt a brigád, mint Pozsonyi módszerénél.

A harmadik a *tapolcai Szabó-brigád módszere*. E módszerben az előzőknél jobban bontják fel a munkafolyamatot. A brigádnak négy tagja van, s egy helyett két kőműves falaz. Az egyik a folyamatos téglarakást végzi, a másik

*) Sebestyén Gyula és Fundák Lajos: Sztahanovista falazási módszerek összehasonlítása időelemzések alapján.

a falsarkok és végek — faragással járó — falazási munkáját. A felbontás nem egészen szerencsés, mert a sarokrakó egészen a régi módszer szerint dolgozik, s maga végzi a habarcsolást is. A másik kőműves — mint Pozsonyi — *egyesével* rakja a téglát *kétoldali zsinór* között, s a habarcsterítő is csak *egy merítőkanállal* tereget. A zsinórfeszítésben itt a két kőműves és az adogató vesz részt. A lécezés és igazítás elmarad.

A negyedik módszer *Réti János módszere.* Ez a módszer a falazás folyamatának több ütemre bontásával, falazásgyorsító és minőségbiztosító speciális szerkezetek és szerszámok felhasználásával tér el a többiektől. A munka megszervezése és minősége e módszernél tökéletesnek mondható, de a még nem egészen kiérett munkaeszközök nehézkessé teszik az eljárást. A brigád itt héttagú, mely háromtagú — szabályos — falazó, kéttagú (egy szak- és egy segédmunkásból álló) zsaluzásállító és ugyancsak kéttagú (két segédmunkásból álló) téglavágó részlegre tagolódik. Ez utóbbi részleg a Réti-féle téglavágóval állítja elő — a szállításkor eltörött téglák felhasználásával — a negyedes, feles és háromnegyedes téglákat. A zsaluzásállító részleg szereli fel és le — viszonylag bonyolult módon — a kétoldali tömör zsaluzást. A falazó részleg szakmunkás tagja *kettesével* rakja a téglákat, melyeket farácson, hatosával kap a kezeügyébe, a sarkokon, falvégeken azonban egyenként rak, s maga teríti a habarcsot. A habarcsterítést egyébként a segédmunkás a Réti-féle habarcsterítővel végzi. A három részleg önállóan, de egymással pontosan együttműködve dolgozik.

Savljugin módszere a magyar módszereknél tökéletesebb és eredményesebb. A kifogástalan munkamegszervezésen felül, főleg a szakmunkások magas színvonalú falazótechnikáján alapul. A brigád négytagú. Az egyik (I. oszt.) kőműves a külső, a másik (II. oszt.) a belső falsíkon *egyesével* rakja a téglákat. Eközben *vakolókanállal* húzza a habarcsot a függélyes hézag kitöltéséhez, és futó sornál minden második, kötő sornál minden negyedik tégla lerakása után a kanállal letisztítja a falat. A falsarkokon és végeken ugyanezzel az — acélból készült — kanállal végzi el a téglák faragását is. Mindegyik szakmunkás mellett egy-egy segédmunkás végzi az adogatás és a habarcsterítés munkáját. Ezek a kőművesek előtt (a Malcev-féle terítőlapáttal) terítik hosszú sávokban a habarcsot, utána pedig a téglarakás irányával szemben a kőművesek keze alá, a falra készítik a téglákat. A munkához az ott dolgozó kőműves és segédmunkás csak *egy zsinórt* feszít ki a külső falsíkon.

Az említett tanulmány megjelenése óta itt járt Makszimenko elvtárs, szovjet sztahánovista kőműves is, akinek falazási rekordja nyolc óra alatt 252 000 tégla bedolgozása volt.

Ezt az eredményt nyolc szakmunkásból és húsz segédmunkásból alakított brigádjával érte el. (A teljesítményben benne van az előkészítő munka is). Makszimenko módszere — a munka szervezett, alapos előkészítésén felül — a téglakötési szabályok megkönnyítésével, a munkamegosztás szalagrendszerhez hasonló megszervezéséből áll. A kötési szabályok megváltoztatása főleg a tégla-

faragások számának csökkentése érdekében történt. A munkamegosztás két vagy több háromtagú brigád munkájának koordinálásából áll.

Makszimenko módszerénél legalább hét tagból áll egy brigád. Ebből az első háromtagú csoport : egy : (I. oszt,) kőműves és két segédmunkás. A kőműves a fal külső szintjének tégláit rakja le — *egyesével vagy kettesével* — melyeket az első segédmunkás helyez a kezeügyébe a belső sorra, a másik segédmunkás habarcsot terít a külső téglák alá. Egy másik csoport (II. oszt) kőművese a belső falszint tégláit rakja, ugyanúgy, ugyanolyan segédlettel, mint az első csoport.

A másféltégla vastag falban még kimaradó féltégla szélességű sort betanított segédmunkás rakja le, akinek idejéből telik habarcsterítésre s a téglák berakására is. A falazás a falvégeken és sarkokon felállított sarokvezető lécek segítségével történik. A zsinórt mozgatható kengyelre feszítik : ezt a munkát segédmunkás is végezheti. A munka termelékenységét fokozzák az újfajta szerszámok — a már említett, téglafaragásra is alkalmas acél vakolókanál és nagyobb ürtartalmú terítőserpenyő — és több ilyen brigád munkájának szerves összehangolása.

Makszimenko munkamódszerének átadására érkezett Magyarországra, s így teljesítményének kiértékelése nem történt meg. Nem állítható tehát párhuzamba az említett öt másik módszerrel. Kétségen kívül áll azonban, hogy módszere a termelékenység fokozásának tág lehetőségeit nyujtja.

A hagyományos és asztahánov-módszer eredményeinek — a Sebestyén — Fundák-féle adatoknak — felhasználásával és egymás mellé állításával a túloldali érdekes táblázatot kapjuk. (L. 802. oldal.)

A táblázat adatai azt mutatják, hogy csaknem azonos feltételek mellett, végzett munkában, a különböző új módszerekkel két-háromszorosan lehet túlteljesíteni a régi módszer eredményeit.

De mutatnak ezek az adatok mást is. Azt, hogy régi kőműveseink az évezredes módszer vágányán haladva, gondolataiknak szinte teljes kikapcsolásával, mechanikusan, örök egyformaságban végezték munkájukat, a mostaniak pedig egyszerre tág teret találnak invenciójuk, ötleteik, újító gondolataik számára. A fizikai erőfeszítésekhez (azok háttérbe szorításával is) szellemi erőfeszítések társulnak, s ezzel döntő lépés történik a szellemi és fizikai munka közti ellentét kiküszöbölésére. Arra, »hogy a munkásság kulturális és technikai színvonalát a mérnök és a technikus színvonalára emeljük«. »A Sztahánov-mozgalom« — mondja Sztálin elvtárs — »nevezetes jelenség abból a szempontból, hogy magában hordja első csíráját . . .« a munkásosztály »ilyen, éppen ilyen módon való kultúrális és technikai fellendülésének«.

Kétségtelen azonban, hogy a magyar építőipari Sztahánov-mozgalom kezdeti lendülete kissé megtorpant. Az első rekordokat nem követték újak, illetve — ami ennél fontosabb— nem követte az átlagos teljesítmények megfelelő emelkedése. Ennek egyik legfőbb oka kétségtelenül kőművesmunkásságunk ideológiai és szakmai képzettségének hiányaiban keresendő. Ennek követ-

	A hagyományos	a tapolcai	a Réti-	a Pozsonyi-	a komlói-	a Savlj.-
	módszer					
A brigád tagjainak létszáma	1,33[1])	4	7	3	3	4
A szakmunkások és segédmunkások megoszlása	1 + 0,33	2 + 2	2 + 5	1 + 2	1 + 2	2 + 2
1 m³ fehér mészhabarcsba rakott kism. 38 cm vastag téglafal össz. munkaidőszükséglete	5h20	2h19′	2h03′	1h58′	1h42′	1h25′
1 m³ falazat elkészítésének tényleges ideje kb	4h	35′	23,5′	39,5′	34′	23,5′
Nyolc óra alatt befalazott téglamennyiség	800	5210	7760	4620	5360	7760
Egy főre eső napi beépített téglamennyiség	600	1300	1110	1540	1790	1940
A teljesítmény a régihez viszonyítva.....	1	2,2	1,9	2,6	3	3,2

kezménye a szakmai hagyományhoz, a megszokotthoz, a gondolatokat nem keltő, beidegződött, mechanikus munkához ragaszkodás, a makacs maradiság. Ehhez csatlakozik az a tévhit is, hogy a nagyobb termelékenység nagyobb erőfeszítéseket, a munkaerő kiuzsorázását követeli, mint valamikor a »bedó«. S itt — de úgy hiszem már a konzervatívizmus esetében is — egy másik momentum is szerepet kezd játszani. Gerő elvtárs mondta a magyar sztahánovisták első konferenciáján: . . .»minden valószínűség szerint számos olyan rendellenességben, amely a munkaverseny kifejlődését, *sztahánovistáink jó munkáját* akadályozza, az ellenség keze is benne van«. Az ellenség suttog itt a »jól bevált«, a »hagyományos« és »megbízható« munkamódszerekről, s az ellenség biztat arra, hogy »Ne engedjétek kihasználni magatokat!«

Akadálya volt a mozgalomnak a norma- és bérrendszer áttekinthetetlensége is, mert az egyik legfontosabb ösztönzőt — a magasabb termelékenységgel elérhető magasabb bér kérdését — tartotta homályban. Ezt az akadályt lassan eltávolítják a mozgalom útjából, de még mindig érvényesül az értetlenség, a kicsinyesség, a rosszul értelmezett »óvatosság«, sőt az irigység és a rosszindulat

[1]) Ezek csak a falazásra vonatkozó adatok, minden egyéb munka — szállítás anyagkeverés stb. — nélkül.

akadálya, mely a termelékenység emelését, a sztahánov-teljesítményeket elősegítő újítások meg nem értésében, lebecsülésében, elhallgatásában, sőt elrejtésében nyilvánul meg, s már eddig is tetemes károkat okozott nemzetgazdaságunknak.

Ugyanilyen akadály, hogy sztahánovistáink általában nehezen válnak meg a munkamódszerújításban szerzett tapasztalataiktól s a kapitalizmus ideológiai befolyásának csökevényeként — mint valami gyártási titkot — féltékenyen őrzik elért eredményeiket.

S végül akadály az is, hogy bár sokat beszélünk a Sztahánov-mozgalomról, még egyáltalán nem munkáltuk ki azokat a munkaterületeket, ahol sztahánov-teljesítményeket lehet és kell produkálni, s nem munkáltuk ki azokat a feltételeket, melyeknek teljesítésével valaki a szakma sztahánovistája lehet.

A bizonyos mértékű stagnálás s az akadályok sora kötelezően előírja és konkréten megszabja azokat a feltételeket, melyeket a mozgalom kifejlődése érdekében biztosítanunk kell.

Kétségtelen, hogy az ipar korszerűsítése — a tervezéstől a kivitelig — a típizálás, a szabványosítás, a gépesítés, az előregyártás fejlesztése — azok az alapvető tennivalók, melyek szélesre nyitják a munkalehetőségek és a tennivalók kapuját a Sztahánov-mozgalom gyarapodó tömegei előtt. A Sztahánov-mozgalom a maga teljességében csak korszerűen, észszerűen és terv alapján megszervezett iparban bontakozhatik ki. *Fel kell szabadítani tehát a mozgalmat mai szűk kereteiből és lehetőségeiből és ki kell terjeszteni a szakma minden iparágára s azok minél több munkanemére.*

A fizikai munkások tömegeiben építeni, erősíteni, gazdagítani kell a szakmai és politikai öntudatot, hogy a mozgalom fontosságát és jelentőségét — a termelékenység emelésében és a szocializmus építésében — felismerhessék.

A munkásosztály kulturális és technikai színvonalát valóban a mérnökök és technikusok színvonalára kell emelnünk. Ezért politikai és műszaki téren egyaránt hatalmas népszerűsítő munkát kell kifejtenünk a mozgalom megismertetése és kiterjesztése érdekében. A különböző iparügyi minisztériumok, így elsősorban az Építésügyi Minisztérium ilyen irányú kiadványai, részletes beszámolók és bemutatók a szakma technikai és munkamódszerbeli újításairól jelentős mértékben segíthetik sztahánov-teljesítmények létrejöttét.

A leendő sztahánovisták és a mozgalom mai élenjárói tanfolyamokon, esti iskolákban, szemináriumokon biztosíthatják, illetőleg tehetik szilárddá a mozgalomhoz szükséges ideológiai és mesterségbeli alapokat.

A legjobban megszervezett építkezések Sztahánov-mintamozgalmai példamutatók lehetnek a problémák megismerése, a tapasztalatszerzés, a tapasztalatcsere szempontjából.

Ki kell érlelnünk és ki kell dolgoznunk azokat a feltételeket, melyek teljesítésével valaki elnyerheti a sztahánovista címet. E feltételek közé—fizikai munkásoknál—be kell iktatni például a norma és a terv bizonyos százalékkal túlteljesítésének,

a kialakított új munkamódszer bizonyos mértékű átadásának feltételét. Műszaki értelmiségieknél pedig — például — az általuk irányított munkák megszervezésében a Sztahánov-módszerek bizonyos mértékű alkalmazásának és a sztahánov-módszerrel s a régi módszerekkel végzett munkák bizonyos arányának feltételét.

S amikor így egyengetjük a Sztahánov-mozgalom útját — Sztálin elvtárs szavaival — egyúttal »*észre kell térítenünk a gazdasági vezetőknek, mérnököknek és technikusoknak azokat az elemeit, akik görcsösen ragaszkodnak a régihez, nem akarnak haladni és rendszeresen fékezik a Sztahánov-mozgalom kifejlődését*«. Azoknak pedig, »akik együttéreznek ezzel a mozgalommal, de akiknek még nem sikerült a saját munkájukat átépíteniök, akik eddig még nem tudtak a Sztahánov-mozgalom élére állani . . . segítenünk kell abban, hogy munkájukat átépítsék és a . . . mozgalom élére álljanak«. (Új helyzet, új feladatok a gazdasági építőmunkában. 1931.)

S végül éber figyelemmel kell kísérnünk a mindenütt megjelenő ellenség romboló munkáját: a szakmai hagyományhoz ragaszkodást, a jól bevált módszerek megbízhatóságának ideológiáját hirdetők s a munkást az idő előtti megrokkanástól egyszerre olyan nagyon féltők aknamunkáját, s könyörtelenül le kell csapnunk reájuk.

A magyar építőipari Sztahánov-mozgalom ma még a kezdet kezdetén van. Néhány kiugró eredmény, néhány élenjáró brigád, néhány — viszonylag igen kevés — munkaterület, s az élenjárók mögött messze, lassan emelkedő átlagteljesítmény — ez az egész. Az építésügy irányítóinak éppúgy, mint a szakma tömegeinek feladatuk, hogy a magyar építőipart, az akadályok sürgős elhárításával, a győzelmesen elől haladó szovjet építőipar nyomába vezessék a termelékenység s ezzel a dolgozó magyar nép életszínvonalának állandó emelése érdekében.

MUNKAMÓDSZEREK ÉS NORMÁK

SEBESTYÉN GYULA építészmérnök

Felszólalásom céljául azt tűztem ki, hogy az élenjáró, haladó munkamódszereknek a normákkal és normatívákkal való összefüggéseire mutassak rá röviden.

A szocialista gazdasági rend állandóan fejleszti a termelőerőket és szünet nélkül újabb és újabb magas termelékenységű munkamódszereket honosít meg.

A szocializmus talaján születő új, élenjáró munkamódszerek megdöntik

a régi normákat. Sztálin a sztahanovisták első szovjetuniói értekezletén ezt a következő szavakkal fejezte ki:

»A Sztahanov-mozgalom jelentősége abban áll, hogy ez a mozgalom a technika régi normáit mint elégteleneket megdönti, sok esetben túlhaladja a munka termelékenységének a vezető kapitalista országokban elért fokát, s ily módon gyakorlati lehetőséget nyit a szocializmus további megszilárdítására országunkban, lehetőséget arra, hogy országunk a legnagyobb jólétben élő országgá váljék.«

A normák az új, korszerű technika alkalmazását számszerűleg jellemzik. Alapvetőek közülük: *a munka-és időnormák*. Ezek közvetlenül a termelt gyártmányok egységének előállításához szükséges időt, illetőleg az egységnyi idő alatt előállított gyártmánymennyiséget jellemzik. A magas termelékenységű munkamódszerek az időnormák csökkenéséhez, a munkanormák emelkedéséhez vezetnek.

Csak nemrég voltunk tanúi a sikeres norma- és alapbérrendezésnek. E normarendezés során már az új, haladó, szovjet tapasztalatok átvételén alapuló munkamódszereket vettük figyelembe, és utat nyitottunk az építőipari termelékenység jelentős emelkedésének. Azóta a hozzánk ellátogatott Maximenkó szovjet sztahanovista brigádja bebizonyította, hogy az új normák újra csak jelentősen túlteljesíthetők. A dunai vasmű, a miskolci műegyetem és számos más építkezés dolgozói saját magukat megsokszorozták, amidőn e módszerekkel kétszeres-háromszoros normát teljesítettek.

Az anyagnormák (tüzelőanyag, villanyenergia, segédanyag-normák) a gyártmányegység előállításához szükséges anyagmennyiséget rögzítik. Anyagtakarékos munkamódszerek e normák változását is eredményezik. Az anyagtakarékosságnak azokban az iparokban van döntő jelentőségük, ahol az önköltség jelentős része anyagköltség. Így van ez az építőiparban, ahol az építkezési költség mintegy 50%-a esik az anyagköltségre.

Anyagnormáink élenjáró módszerekkel való túlszárnyalására nagyszerű példa a Duvanov-féle gyorségetési eljárás bevezetése. Ez ugyanakkor, amikor az égetés sebességét és a téglaégető kemencékben kiégethető téglamennyiséget jelentősen emeli, egyszersmind igen nagy megtakarítást eredményez a szénfogyasztás területén, ami pedig ismeretes módon, döntő fontosságú ma népgazdaságunk számára. Emellett e módszer kiküszöböli a téglák túlégetésének veszélyét. A leltári zsaluzat alkalmazása a faanyagszükségletet, az új számítási módszerek alkalmazása az acélszükségletet csökkenti. Az elméleti és gyakorlati kutatások sora eredményez építkezéseinken anyagmegtakarítást.

Rendkívül nagy jelentőségük van az építőiparban a beruházási normatíváknak.

E normatívák azt határozzák meg, hogy mennyibe kerül 1 lég m^3 egyik, vagy másik tipusú épület, mennyi anyag és munkareő kell 1 millió forint építési költséghez és így tovább. E normatívákat a Szovjetunió idevágó tapasztalatai

nyomán dolgozzuk ki, és bár adataink még nem közelítik meg a fejlett szovjet beruházási normatíva rendszert, máris kiterjedten alkalmazzuk az eddig kidolgozott normatívákat beruházási tervgazdálkodásunkban.

Építészeti tervező irodáink, tudományos kutató szakembereink fontos feladata e normatívák megdöntéséért, túlhaladásáért harcolni.

A jobb, magasabb szinvonalú építészeti tervezés a felállított normatívákat nap-nap után döntheti meg. Fokozatosan csökkentenünk kell az 1 millió forint építési költségre jutó munkaerőszükségletet, ami egyenértékű azzal, hogy az építkezési munkák mind nagyobb részét át kell helyeznünk az építés színhelyéről az építőanyag-gyártó és épületalkatrész-előállító üzemekbe. Csökkentenünk kell az egy rendeltetési egységre jutó építési költséget; szakadatlanul javítanunk kell a hasznos alapterületnek az egyéb területhez való viszonyát. Minden újabb gyár felépítésénél legyen kevesebb beruházási összeg elegendő a létesülő gyárban előállított termék egységére vetítve, mint a korábban felépített üzemeknél.

Fokozatosan növekedjék a tipustervek alapján épített épületek száma. 1951-ben el kell érje a tipustervek alapján épülő épületek értéke az egész évi építőipari termelés 25%-át.

Szocialista tervgazdálkodásunk mind kiterjedtebben alkalmazza a különböző mutatószámokat, amelyek valójában a normák különböző összetett fajtáinak számítanak. A különböző *műszaki-gazdasági mutatószámok* közül kiemelkedő jelentőségűek a *gépesítésre* vonatkozó mutatószámok.

Sztálin szavai szerint:

»... haladéktalanul át kell térnünk a legnehezebb munkafolyamatok mechanizálására, teljes erővel forszírozva ezt mindenütt (az erdőipar, az építkezés, a szénipar, a vasúti be- és kirakodás, a szállításügy, a vasipar stb. terén.)Ez persze nem jelenti azt, hogy a kézi munkát sutba kell dobni. Ellenkezőleg a kézi munka a termelésben még sokáig igen komoly szerepet fog játszani. De ez azt jelenti, hogy a munkafolyamatok mechanizálása az a számunkra új és döntő erő, mely nélkül az előirányzott tempókat és a termelés új méreteit betartani lehetetlen.«

A nehéz, munkaigényes folyamatok gépesítési fokának a mutatói a kézimódszereknek az új fejlett munkamódszerek által való kiszorítási fokát jellemzik. Az élenjáró szovjet építőiparban a földmunkák, a be- és kirakodás és a szállítások, a betonkeverés, a vakolási, festési és mázolási munkák szinte teljes gépesítettségig jutottak már el.

A mi építőiparunkra e téren óriási feladatok várnak.

A mutatószámok megjavításának a programmját az építőipar ötéves műszaki fejlesztési terve tartalmazza. Ez előirányozza, hogy a magasépítő iparban, ahol például a betonozás 1950-ben csak 25%-ra volt gépesítve, a gépesítettség 1954-ben elérje a 70%-ot, az 1950-ben csupán 8%-ra gépesített földmunka 1954-ben 40%-ra legyen gépesítve. Ez gépi felszereléseink számának

hatalmas méretű szaporodásával fog megtörténni. Ennek eredménye az lesz, hogy míg 1950-ben a magasépítő ipar évi termeléséhez viszonyítva a gépi eszközök értéke csupán 1/22-t tett ki, addig 1954-ben az építőipari gépek értéke az időközben rendkívül erősen megnövekedő termelési értéknek már 1/7-ét fogja kitenni. Nem csekély jelentőségűek a *gépek kihasználásának* a mutatói. Hatalmas tartalékok vannak e téren; ezek feltárása rendkívüli jelentőségű.

Meg kell növelnünk a következő években az előregyártott szerkezetek és egyéb új anyagok és szerkezetek mennyiségét is, éspedig ugyancsak az építőipari termelés növekedésénél még gyorsabb ütemben.

A műszaki-gazdasági mutatószámok számos fajtája mellett döntő, központi jelentőségű a termelés két minőségi mutatószáma: *a munka termelékenységének és a termelés önköltségének mutatója.* Sztálin híres szavai szerint:

> »Miért van az, hogy a szocializmus le tudja győzni, kell hogy legyőzze és feltétlenül le is fogja győzni a kapitalista rendszert? Azért, mert a munkának magasabb formáit tudja nyújtani, magasabb munka-termelékenységet, mint a gazdálkodás kapitalista rendszere.«

A munka termelékenységének az emelését eredményezik magas termelékenységű munkamódszerek, a munka jobb megszervezése, a veszteségidők kiküszöbölése stb., stb. Így érthető az, hogy míg az egész ötéves tervre 50%-os termelékenységemelkedést irányoztunk elő, addig ma már világossá vált, hogy egyedül az idei és a jövő esztendőben ezt az ötévre előirányzott termelékenység-emelést el fogjuk érni, és az öt év alatt jelentősen túl fogjuk szárnyalni.

Utalok itt a termelés idényszerűségének mutatóira is.

A tőkés termelési mód sajátságos népesedési törvénye a viszonylagos túlnépesedés ...»... a viszonylagos, azaz a tőke közepes értékesítési szükségletei szempontjából fölös népesség termelése a modern ipar létének feltétele.« És tovább: »Viszonylagos túlnépesedés minden lehető árnyalatban előfordul. Minden munkás hozzátartozik az alatt az idő alatt, amidőn csak részben vagy egyáltalán nem foglalkoztatják.« (Marx).

Foglalkozásának sajátosságánál fogva az építőmunkásság a kapitalista rendszerben törvényszerűen rövidebb-hosszabb ideig részévé válik ennek az ipari tartalékseregnek. Eltekintve a ciklikus válságoktól, melyek a munkásság egészét érintik, eltekintve a tőkés termelési módban törvényszerű, állandóan meglévő viszonylagos túlnépesedéstől, az építőmunkásokat az építőipar idényjellegéből adódó téli munkanélküliség is sújtotta. Magyarországon az építkezések télen át — még »konjuktúra« idején is—szinte teljesen szüneteltek, és így az építőmunkások minden évben csupán 6 — 10 hónapon keresztül dolgoztak. Az építőipar idényjellege a téli időszakot az építőmunkások számára fokozott nyomor időszakává tette.

A szocialista gazdasági rendszer megszünteti a munkanélküliséget, a munkásosztálynak ezt a korbácsát, és biztosítja minden munkásnak az állandó munkát és keresetet. A szocializmus építésének grandiózus feladatai ezt szüksé-

gessé is teszik, mivel ezek csak a munkaerőtartalékok feltárásával és termelő munkába állításával oldhatók meg.

A munkanélküliséget a magyar népi demokrácia is felszámolta, és ezzel felszámolta az építőipar idényjellegének alapját is. Ugyanakkor a szocializmus meggyorsuló építése hatalmas beruházások, óriási építkezések megvalósítását követeli meg tőlünk Ezt csupán egy egész évben termelő építőipar hajthatja végre.

Az építőipar idényjellege alapjának megszűnése azonban nem jelenti automatikusan egyszersmind idényszerűségének megszűnését. Megmaradtak az építkezés számára objektív nehézséget jelentő téli klimatikus viszonyok. Megmaradtak részben a téli építkezés végrehajtását szubjektíve akadályozó tényezők : a maradiság, a téli idényre való hiányos műszaki felkészültség. Nem vált még tudatossá a munka-szervezés és tervezés téli időszakhoz való alkalmazásának tudománya. E szubjektív tényezők tekintetében hatalmas tartalékaink vannak, amelyek az építőipar téli munkáját jelentősen megjavíthatják.

Az idényszerűséget jellemzi a legmagasabb termelésű negyedévnek (vagy hónapnak) a legalacsonyabb termelésű negyedév (vagy hónap) termeléséhez vett viszonya. Az így kapott mutatószám csökkentése az idényszerűség csökkentését eredményezi.

A munka termelékenysége ugyancsak idényszerű ingadozást tartalmaz; Legmagasabb a termelékenység a harmadik vagy negyedik évnegyedben. legalacsonyabb az első évnegyedben. Hasonló a helyzet a termelést és a létszámot illetően. A létszámváltozások kedvezőtlenek : ezeket a termelés idényjellegének a csökkentése ugyancsak csökkenti. A termelékenység idényjellege enyhíti a létszámváltozásokat : ezért a legmagasabb létszám és a legalacsonyabb létszám viszonyszáma kisebb, mint a legmagasabb termelés és a legalacsonyabb termelés viszonyszáma. A termelékenység változása az év egyes időszakaiban az építőmunkások évszakonként egyenlőtlen keresetét eredményezi, ami ugyancsak kedvezőtlen.

A fentiek alapján fontos feladatunk, az e téren is élenjáró szovjet építőipar példáját követve az építőipar állandó munkájára törekedni és az idényjelleg kiküszöbölésére vonatkozó mutatószámokat javítani. Ez az építőipari szervezési és tervezési munkamódszerek jelentős javítását követeli meg tőlünk. Az elmúlt években máris jelentős eredményeket értünk el e téren, amelyek azonban még mindig nem elegendők.

A termelésnek szinte minden részlete visszatükröződik végül az *önköltség alakulásában.* Az új munkamódszerek, akár anyagot, akár munkaerőt takarítanak meg, fizikai, vagy szellemi munkát könnyítenek meg akár kis, akár nagy jelentőségűek, végül az önköltség mutatójában megmutatkoznak. Az önköltségcsökkentés a bővített szocialista újratermelés alapvető forrása. Ez az a terület, ahol egészen a legutolsó időkig szinte semmisem történt

az építőiparban ; sőt gyakran éppen a legélenjáróbb műszaki megoldások párosultak az önköltség alakulásának legfelelőtlenebb semmibe vevésével. Így volt ez például a legnagyobb építővállalatunknál egészen az utolsó időkig. Ma már elmondhatjuk, hogy az építőipar önköltség-alakulása területén kicsinyke javulás van, amely egy fordulat első jeleire enged következtetni. Pártunktól, a Magyar Dolgozók Pártjától és a kormánytól kapott sok irányú és alapos segítség nyomán, úgy látszik, most már sikerrel fogunk tudni döntő támadásra indulni az építési költségek csökkentéséért. Meg kell mondani azonban azt is, hogy a javulás e téren még rendkívül kicsi, a hibák — és velük együtt a teendőink—még óriásiak.

Szükségesnek érzem, hogy az előbbiek alapján, néhány konkrét javaslatot tegyek : Az 1951. évben az eddiginél fokozottabb mértékben gondoskodjunk szovjet építőipari tudományos könyvek magyar nyelven, nyomtatásban való megjel ntetéséről. Állandóan kisérje figyelemmel az Akadémia Építési Bizottsága az elméleti kutatási eredményeket és gyakorlati újítási javaslatokat annak érdekében, hogy az érvényben lévő, de elavulttá vált normák és normatívák helyébe élenjáró mutatószámok kerüljenek.

A normáknak, mutatószámoknak még számos, itt nem említett fajtája van. Ilyen normák a kapitalista társadalomban nem létezhettek, hiszen ott az egyes munkamódszereket titkolták : maguk a dolgozók nem voltak érdekelve munkamódszereik tökéletesítésében. A szocialista gazdasági rendszerben e normák túlteljesítéséért szocialista verseny folyik ; e normák erős fegyvert jelentenek a szocializmus győzelméért vívott építő harcunkban.

A NEHÉZ TESTIMUNKA GÉPESÍTÉSE A FÖLDMUNKÁK TERÜLETÉN[1]

néhai JÁKY JÓZSEF r. tag

Előadása elején felsorolja a szerző mindazokat a gépi berendezéseket, melyek földmunkák terén a nehéz testimunkát heylettesítik. A szerkezetek ismertetése és felsorolása valamint az új szovjet nagy teljesítményű excavator leírása után a földmunkák közben fellépő erők és erőszükségletek számítását éselméletét a következőkben ismerteti.

Elméleti vizsgálat alá óhajtjuk vonni a *földásásnak, nyesésnek* problémáját. Vizsgálatainkat két szempontra irányítjuk :

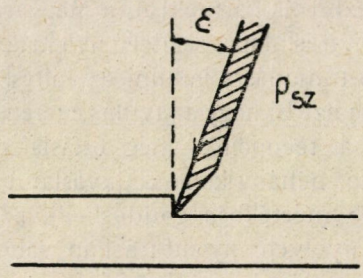
1. *Megvizsgálni óhajtjuk annak a szögnek optimális értékét, amely a földet ásó, fejtő szerszám éle és a föld felületének normálisa között előáll,* és

2. *keresni óhajtjuk a különböző szögértékhez* (ε) *tartozó erőszükségletnek*

[1]) Néhai Jáky József professzor kézirata alapján az előadást Széchy Károly tartotta meg.

nagyságát és azt a legkedvezőbb munkaszöget, amelyhez a legkisebb erő tartozik (1. ábra).

$$\varepsilon_{opt} = 22° \qquad p_{sz} = (2 \cdot 6 - 3\,tg\varepsilon)\ \sigma_{ny}$$



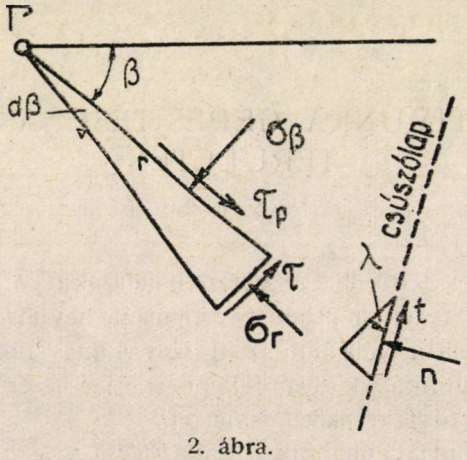
1. ábra.

A fémek megmunkálásának elméleti vizsgálatában kitűnt, hogy a nagyoló szerszám a legkisebb ellenállást akkor találja, ha a szerszám iránya a tárgy normálisával $E_0 = 21°$ 15′ szöget zár be.

Ekkor legkisebb az anyagi ellenállás, a szerszám a legkevésbbé mélyed be a tárgyba, és azt *vízszintes csúszólapok* mentén gyalulja (l.Dr. Jáky J.: *Összetett nyomófeszültségi állapotok.* I. Technika 1945. T. 246. füzet). Az erőszükséglet ebben az esetben $p_{sz} = 1 \cdot 43\,\sigma_{ny}$ ahol σ_{ny} a fémnek egyirányú nyomása esetén beálló törő — folyási — értéket jelenti.

Az elméleti levezetésnek sarkalatos alaptétele a fémekre érvényes, *vízszintes irányú, Mohr-féle burkoló egyenes* érvényessége, azaz a belső súrlódás szögének $\varphi = 0$ értéke.

A földanyagok belső súrlódása azonban nem zérus, hanem az alkotó szemnagysága szerint jelentékeny értékű és $\varphi = 0°$—$45°$ között változó, tehát



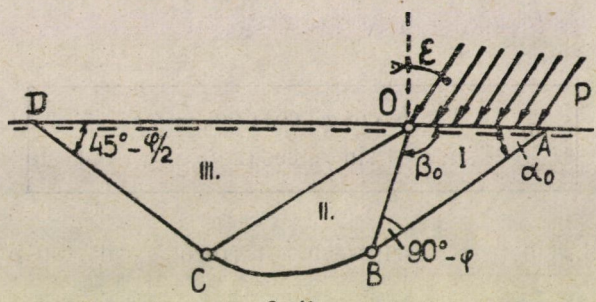
2. ábra.

a plasztikus állapot feltétele a: $t = n \cdot tg\varphi + K$ Coulomb—Duguet-féle burkoló egyenes alapján vizsgálandó.

Ha a test belsejében β és r polár koordinátákkal felvett P pontban uralkodó három feszültségi komponens: σ_r, σ_β, és τ, úgy a Cauchy-féle egyensúlyi egyenletek és a Coulomb-féle törési feltétel alapján az előbbi feszültségek t és λ segítségével a következőkképen írhatók fel: (l. 2. ábra)

$$\left.\begin{aligned} \sigma_r &= t\frac{1+\sin\varphi\cdot\sin(2\lambda-\varphi)}{\sin\varphi\cdot\cos\varphi} - K\operatorname{cotg}\varphi \\ \sigma_\beta &= t\frac{1-\sin\varphi\cdot\sin(2\lambda-\varphi)}{\sin\varphi\cdot\cos\varphi} - K\operatorname{cotg}\varphi \\ \tau &= t\frac{\cos(2\lambda-\varphi)}{\cos\varphi} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Ha a test felületén alkalmazott külső erők igen nagyok, akkor a test önsúlyából származó feszültségek elhanyagolhatóan kicsinyek, és akkor az O pontból kiinduló sugarak csúszólapok, és ezeket $90° - \varphi = const.$ szög alatt



3. ábra.

metsző másik csúszólap sereget *logaritmikus spirálisok* alkotják, vagyis: $\lambda = \varphi$, és a *Cauchy*-féle egyenletekből következik, hogy: $\frac{\partial t}{\partial h} = 0$, illetve:

$$\frac{dt}{d\beta} + 2t\cdot\operatorname{tg}\varphi\cdot = 0 \quad (2)$$

egyszerű differenciál egyenlet áll fenn, melynek megoldása:

$$\boxed{t = C\cdot e^{-2\operatorname{tg}\varphi\cdot\beta}} \quad (3)$$

megadja a csúsztató feszültség értékét.

Legyen a külső felületet *kicsiny szélességen* támadó és *egyenletes* megoszlásúnak felvett p feszültségnek a normálissal bezárt szöge: ε, akkor a csúszólapokat az alábbi 3. ábra mutatja.

A csúszólapok három egymást érintő geometriai vonalból állanak; az I. és a III. szakaszban a csúszólapok *síkok*, a II. szakaszban *logaritmikus spirálisok*.

Az I. szakaszban a felületi p feszültségből:

$$\left.\begin{aligned}\sigma_y &= p\ \cos\varepsilon\\ \tau &= p\cdot\sin\varepsilon\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

Helyettesítve ezeket a:

$$\sigma_y = t\,\frac{1+\sin\varphi\cdot\sin(2\alpha_0-\varphi)}{\sin\varphi\cdot\cos\varphi} - K\operatorname{cotg}\varphi \tag{5}$$

és

$$\tau = t\,\frac{\cos(2\alpha_0-\varphi)}{\cos\varphi}$$

összefüggésekbe és t-t kiküszöbölve:

$$\boxed{p = \frac{K\cos\varphi\cdot\cos(2\alpha_0-\varphi)}{\sin\varepsilon-\sin\varphi\cdot\cos(2\alpha_0+\varepsilon-\varphi)}} \tag{6}$$

egyenlet megadja adott p feszültséghez tartozó α_0-sik csúszólap hajlást és viszont.

A II. szakaszban a t feszültséget a (3) alatti egyenlet már meghatározza, csupán a C állandót kell megállapítanunk:

Minthogy OB sugár mellett:

$$\beta_1 = 90^\circ + \varphi - \alpha_0$$

és

$$t_0 = \frac{p\cdot\sin\varepsilon\cdot\cos\varphi}{\cos(2\alpha_0-\varphi)}$$

ezért:

$$C = \frac{p\sin\varepsilon\cdot\cos\varphi}{\cos(2\alpha_0-\varphi)}\cdot e^{2\,tg\,\varphi\,(90^\circ+\varphi-\alpha_0)}$$

és így a *II. szakaszban érvényes csúsztató feszültség:*

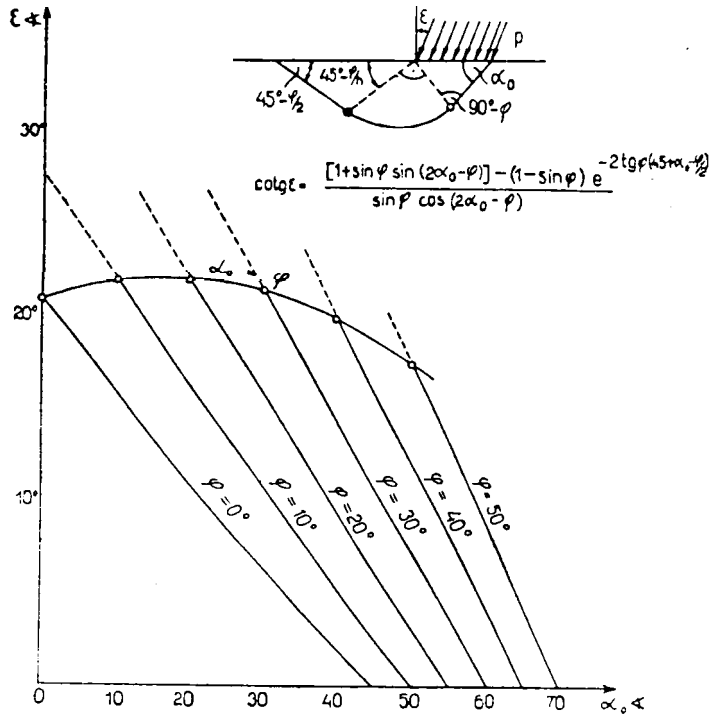
$$\boxed{t = \frac{p\cdot\sin\varepsilon\cdot\cos\varphi}{\cos(2\alpha_0-\varphi)}\cdot e^{2\,tg\,\varphi\,(90^\circ+\varphi-\alpha_0-\beta)}} \tag{7}$$

A III-ik szakaszban a csúszólapok : $\alpha_2 = 45' - \varphi/2$ hajlású síkok és OC sugár mentén : $\beta_2 = 135^0 + \varphi/2$ és: $t_2 = K(1 + \sin\varphi)$, azaz :

$$K(1 + \sin\varphi) = \frac{p \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\varphi}{\cos(2\alpha_0 - \varphi)} \, e^{2\,tg\,\varphi\,(90^0 + \varphi - \alpha_0 - 135^0 - \frac{\varphi}{2})}$$

Helyettesítve ide p-nek (6) alatti egyenletét, a keresett összefüggés az erő ε ∢ irányszöge és α_0 csúszólap között alábbi lesz :

$$\operatorname{cotg}\varepsilon = \frac{[1 + \sin\varphi \cdot \sin(2\alpha_0 - \varphi)] - (1 - \sin\varphi)\, e^{-tg\,\varphi\left(45^0 + \alpha_0 - \frac{\varphi}{2}\right)}}{\sin\varphi \cdot \cos(2\alpha_0 - \varphi)} \qquad (8)$$



4. ábra.

Ezt az összefüggést : $\varphi = 0°$—$50°$ súrlódási szögek mellett ábrázolja a 4. ábrán látható közel lineáris görbesereg ; a görbéknek csak : $\alpha_0 = \varphi$ természetes rézsüig van értelmük, ekkor :

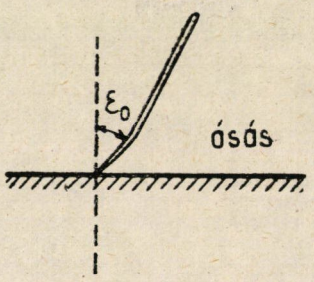
$$\operatorname{cotg}\varepsilon = \frac{(1 + \sin^2\varphi) - (1 - \sin\varphi)\, e^{-2\,tg\,\varphi\,(45^0 + \varphi/2)}}{\sin\varphi \cdot \cos\varphi} \qquad (9)$$

Az alábbi táblázat adja meg különböző φ ⊀-ekhez tartozó ε irányszögeket. Azt találjuk, hogy az ásás optimális irányszöge a súrlódási szögtől közel független:

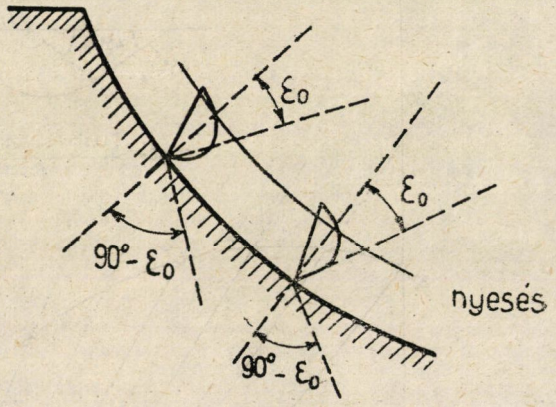
φ	ε	p_{sz}/σ_{ny}	Megjegyzés
0°	21° 15′	1·38	$\alpha_0 = \varphi$
10°	22° 10′	1·77	
20°	22° 05′	2·54	
30°	21° 38′	3·94	
40°	19° 55′	7·19	
50°	17° 25′	15·0	

$$\varepsilon = 20^0 - 22^0$$

között változik, tehát az ásónak, a puttonynak, a frezer serlegeknek éle a föld felszínét állandó $\varepsilon_0 \cong 21^0$ szög alatt kell találja, éppúgy, mint a fémek nagyolásánál a szerszámnak elhajlása a tárgy normálisától: $\varepsilon_0 \cong 21^0$ minimális erőszükséglet esetén. (l. 5. ábra)



5/a. ábra.



5/b. ábra.

A második kérdés az ásás, nyesés erőszükséglete. Erre a feleletet a (6) alatti képlet adja meg, amelyben a kohézió helyett az egyirányú nyomó szilárdságot helyettesítve és átalakítva lesz:

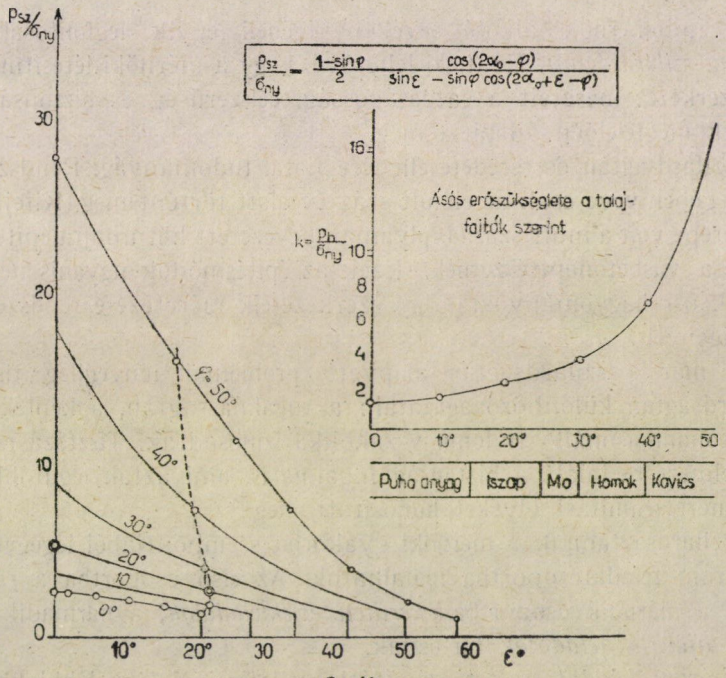
$$p_{sz} = \frac{1 - \sin\varphi}{2} \cdot \frac{\cos(2\alpha_0 - \varphi)}{\sin\varepsilon - \sin\varphi \cdot \cos(2\alpha_0 + \varepsilon - \varphi)} \sigma_{ny}$$

A $\frac{p_{sz}}{\sigma_{ny}}$ viszonyszámot a 6. ábra görbeserege ábrázolja $\varphi = 0°$—$50°$ értékhatárok között. Ebből látható, hogy az ásás irányszögének növelésével az ásás erőszükséglete csökken, legkisebb értékét éri el az ε_0 optimális szögnél, ahol: $\alpha_0 = \varphi$ és akkor:

$$\frac{p_{sz}}{\sigma_{ny}} = \frac{1 - \sin\varphi}{2} \cdot \frac{\cos\varphi}{\sin\varepsilon_0 - \sin\varphi \cdot \cos(\varphi + \varepsilon)}$$

Ezekből az értékekből megszerkesztett $\frac{p_{sz}}{\sigma_{ny}}$ görbe a súrlódási szög függvényében a jobboldali ábrán van feltüntetve.

Látható, hogy a súrlódási szögnek nagy befolyása van a kifejtendő erőre. Pl. $\varphi = 20°$-os súrlódási szöggel bíró iszaptalajnál a megkívánt erőszükséglet a fele annak, amely a $\varphi = 30°$-kal bíró homokos talajnál kívántatik. Természetesen a *kohézió* is nagy szerepet játszik a végleges erőszükséglet meghatározásá-



6. ábra.

ban, és az ásás feszültségének értékét a: $p_{sz} = k \cdot \sigma_{ny}$ képlete adja meg, ahol k koefficiens értékét a $\varphi\sphericalangle$ értékétől függően a mellékelt grafikonból. σ_{ny} értékét pedig a víztartalomtól függő (w, log σ_{ny}) grafikonból nyerhetjük.

Pl. iszapos talajnál ($\varphi = 20°$), $k = 2{\cdot}5$; optimális víztartalom: $W = 20\%$-nál a $\sigma_{ny} = 1{\cdot}2$ *kg/cm²*, sígy $p_{sz} = 3{,}0$ *kg/cm²*. Ha a víztartalom $W = 15\%$-ra csökken, akkor: $\sigma_{ny} = 8$ *kg/cm²* és $p_{sz} = 20$ *kg/cm²* lesz az ásás erőszükséglete, tehát 7-szer nagyobb, mint az optimális víztartalomnál.

Ha az ásás: $\varepsilon = 0°$ beesési szöggel bíró vederrel történnék, akkor az erőszükséglet: $k = 5{,}2$, azaz kereken *kétszer akkora* lenne, mint az optimális $\varepsilon_0\sphericalangle$-nél.

Az ásás és fejtés erőszükségletében még számos javítás érhető el a szilárdság tani vizsgálatok gondos analízise útján.

KORSZERŰ MÉRETSZÁMÍTÁSI ELVEK ÉS ELJÁRÁSOK A SZERKEZETI ÉPÍTÉSZETBEN

CSONKA PÁL műegy. ny. r. tanár

előadása az 1950. november 29-i osztályülésen

Az építőmérnök alkotó tevékenységének egyik legfontosabb segédeszköze: a *szilárdságtan*. Ez teszi lehetővé, hogy a mérnöki létesítmény tervezője a szerkezet méreteit a gazdaságosság, célszerűség és biztonság követelményeinek megfelelően állapítsa meg.

A szilárdságtan ősi eredete ellenére fiatal tudományág. Rendszeres kiépítése lényegében véve csak az elmúlt száz év alatt történt meg. Kifejlesztésében döntő szerepe volt a múlt század folyamán bevezetett két újfajta építésmódnak: a vas- és a vasbetonépítészetnek. Ezek az építésmódok ugyanis nem támaszkodhattak ősi hagyományokra, így szerkezeteik méretezése rendszeres számításokat igényelt.

Ma már a szilárdságtan alapvető problémái lényegileg tisztázottak, s a szilárdságtan különböző ágazatai: a rugalmasságtan, a képlékenységtan, a talajmechanika önálló tudományszakokká izmosodtak. Tisztázásra és helyesebb értelmezésre talált a biztonság fogalma is, ami aztán legutóbb merőben újszerű méretszámítási elveket honosított meg.

A szilárdságtannak a mérnöki gyakorlat szempontjából legégetőbb problémái három feladatcsoportba foglalhatók. Az első csoportba a *rúdszerkezeti feladatok*, a második csoportba a *kerületi értékfeladatok*, a harmadik csoportba pedig a *sajátérték-feladatok* tartoznak.

E három feladatcsoport számítási módszereivel az alábbiakban különkülön foglalkozunk.

I. Rúdszerkezeti feladatok.

A rúdszerkezetek problémakörébe tartozó feladatok közül itt csak a *statikai szempontból határozatlan rúdszerkezetek* kérdéseit tárgyaljuk. E szerkezetek erőjátékának kutatása *Clapeyron* munkásságával indult el, aki mint a szentpétervári útépítészek hadtestének ezredese 1857-ben tette közzé a többtámaszú tartókra vonatkozó alapvető tanulmányát. Azóta a statikai szempontból határozatlan tartószerkezetek elmélete állandó érdeklődés tárgya és e szerkezetek erőjátékának megfejtésére számos különböző módszer alakult ki.

A sok általánosan használható eljárás közül a múlt század végén az alak-

változási munka minimumának az elvére alapított *Manabrea—Castigliano* eljárás tűnt fel. Ez az eljárás azonban a számítási munkát illetően nevére — a munkaminimum elvére — alaposan rácáfolt, s e miatt ma már alig használatos. Ritkán kerülnek alkalmazásra a múlt század végén szívesen művelt grafostatikai módszerek is.

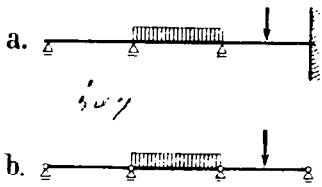
Ezekkel szemben ma egyrészt a *Maxwell-Mohr*, illetve a *Mohr-Ostenfeld* által kidolgozott *klasszikus számító eljárások*, másrészt különféle *közelítő eljárások* divatosak.

A klasszikus számító eljárások két csoportba : az *erőmódszerek* és a *mozgásmódszerek* csoportjába sorolhatók.

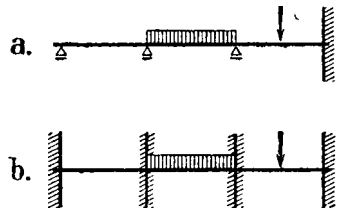
Az *erőmódszerek*, mint pl. a *Clapeyron*-féle eljárás, a vizsgálandó szerkezetet egyes meglevő kapcsolatok megszüntetésével egy, a tényleges szerkezetnél lazább törzstartóval pótolják.

Ezen eljárás szerint pl. az 1*a)* ábrán bemutatott többtámaszú tartó törzstartójául az 1*b)* ábrán feltüntetett. tartószerkezet választható.

A törzstartón a mesterségesen lazított kapcsolatok helyén *hézagok* kelet-



1. ábra.



2. ábra.

keznek, melyek megszüntetésére az illető helyeken erőhatásokat (támaszerőket, nyomatékokat) kell működtetnünk. A feladat megoldása ezeknek az *ismeretlen erőhatásoknak* a meghatározásából áll.

A *mozgásmódszerek*, mint pl. az *Ostenfeld*-féle eljárás, a vizsgálandó szerkezetet egyes nemlétező kapcsolatok létesítésével egy a tényleges szerkezetnél feszesebb törzstartóval pótolják.

Ezen eljárás szerint pl a 2*a)* ábrán bemutatott többtámaszú tartó törzstartójául a 2*b)* ábrán feltüntetett tartószerkezet választható.

A törzstartón a mesterségesen rögzített kapcsolatok helyén *kényszerek* működnek, melyek megszüntetésére az illető helyeken mozgásokat (elmozdulásokat, szögforgásokat,) kell végeztetnünk. A feladat megoldása ezeknek az *ismeretlen mozgásoknak* a meghatározásából áll.

A fenti pontos eljárásokkal szemben a gyakorlatban számos *közelítő eljárás* dívik. Ezek célja egyes elhanyagolások révén a számítási munka csökkentése.

Ezek a közelítő eljárások a kívánt célt, a számítási munka könnyítését a szerkezet erőtani viselkedésére vonatkozó különböző egyszerűsítő feltételekkel érik el.

Vannak olyan közelítő eljárások, melyek az erőmódszerek mintájára a szerkezet egyes részein meglevő kapcsolatokat megszüntetnek, pl. a vizsgálati helytől távolabb fekvő egyes keresztmetszetek helyén a szerkezetbe csuklókat iktatnak be.

Vannak olyan közelítő eljárások, melyek a mozgásmódszerek mintájára a szerkezet egyes részein nem létező kapcsolatokat létesítenek, pl. a vizsgálati helytől távolabb fekvő egyes keresztmetszetek helyén a szerkezeten befogást alkalmaznak.

A közelítő eljárások egy másik csoportja a lépésenként közelítő, úgynevezett *iterációs eljárás*. Ezek tulajdonképp átmenetet alkotnak a közelítő és a pontos eljárások közt, mert a számítási lépések kellő számú megismétlésével az elkövetett hiba elvileg tetszőlegesen kicsinnyé tehető.

Az iterációs eljárások közül újabban az úgynevezett *relaxációs eljárások* tűntek fel, melyek az iteráció egyes lépéseit a rúdszerkezet statikai, illetve geometriai állapotváltozásaival érzékeltetik. Egy ilyen módszert *Hardy Cross*[1]) 1930-ban, egy másik hasonló eljárást pedig *Linton Grinter* [2]) 1936-ban ismertetett. Az említett új eljárások világszerte nagy feltűnést keltettek, s rövidesen mindenütt elterjedtek. Hazánkban a Cross-módszerre vonatkozó első közlemény *dr Haviár Győzőtől*[3]) ered, a Grinter-módszer elveit pedig először Előadó ismertette egy Mérnöki Továbbképző Intézeti előadás során 1942-ben.

Megemlítendő, hogy az említett két relaxációs eljárás: a Grinter- és a Cross-módszer, valamint a hozzájuk kapcsolódó hasonló eljárások ugyanúgy viszonylanak egymáshoz, mint az erő- és a mozgásmódszerek; ennek megfelelőleg két csoportra oszthatók: fokozatosan rögzítő és fokozatosan lazító eljárásokra. Lényegük a következő:

A *fokozatosan rögzítő* eljárások — ilyen pl. a *Grinter-módszer* — az erőmódszerekhez hasonlóan a vizsgálandó szerkezeten ideiglenesen egyes meglevő kapcsolatokat megszüntetnek. Az így előállított úgynevezett törzstartón az ideiglenesen megszüntetett kapcsolatok helyén *hézagok* keletkeznek, melyek bezárása fokozatos *igazításokkal* történik. Az első igazítást hézagonként külön-külön, vagy egymással nem szomszédos több hézag helyén egyidejűleg végzik el s ez abból áll, hogy itt az ideiglenesen megszüntetett kapcsolatot helyreállítják. Ez az illető rúdvégekre működtetendő erőhatásokat igényel, melyek felrakása után a rúdvégek közt a kapcsolatot ismét megszüntetik. Ezután a második igazítás következik, mely ugyanúgy megy végbe, mint az első, csak más hézag, illetve hézagok helyén történik. Ezzel azonban az előzőleg már bezárt hézagok

[1]) *Hardy Cross:* Analysis of continuous frames by distributing fixedend moments.
[2]) *L. E. Grinter:* Analysis of continuous frames by balancing angle changes. *Proceedings*, A. S. C. E. Sept. 1936. pp. 995—1011.
[3]) *Dr. Haviár Győző:* Statikailag határozatlan tartószerkezetek megoldására szolgáló számítási és szerkesztési eljárásokról. Technika 15. (1934), pp. 14—17.

helyén ismét hézagok keletkeznek. Ezért az igazítást a különböző hézagok helyén felváltva többszörösen megismétlik, míg végül is a még be nem zárt hézagok a kezdeti hézagokhoz képest elhanyagolhatóan kicsinyekké nem válnak.

A *fokozatosan lazító* eljárások — ilyen pl. a *Cross*-módszer — a mozgásmódszerekhez hasonlóan a vizsgálandó szerkezeten ideiglenesen egyes nem létező kapcsolatokat létesítenek. Az így előállított, úgynevezett törzstartón az ideiglenesen létesített kapcsolatok helyén *kényszerek* keletkeznek, melyek kiküszöbölése fokozatos *igazításokkal* történik. Az első igazítást kényszerenként külön-külön vagy egymással nem szomszédos több kényszer helyén egyidejűleg végzik el, s ez abból áll, hogy itt az ideiglenesen létesített kapcsolatot megszüntetik. Ez az illető rúdvégeken végbemenő mozgásokkal jár, melyek megtörténte után a rúdvégek közt a kapcsolatot ismét létrehozzák. Ezután a második igazítás következik, mely ugyanúgy megy végbe, mint az első, csak más kényszer, illetve kényszerek helyén történik. Ezzel azonban az előzőleg már kiküszöbölt kényszerek helyén ismét kényszerek keletkeznek. Ezért az igazítást a különböző kényszerek helyén felváltva többszörösen megismétlik, míg végül is a még ki nem küszöbölt kényszerek a kezdeti kényszerekhez képest elhanyagolhatóan kicsinyekké nem válnak.

Ha már most a statikai szempontból határozatlan rúdszerkezetek szilárdságtanában használatos pontos és fokozatosan közelítő eljárásokat egymással szembeállítjuk, a következőket állapíthatjuk meg. A klasszikus eljárások végeredményben az ismeretlen mennyiségek meghatározására egy lineáris egyenletrendszer felállítását és megoldását igénylik. Ezzel szemben a relaxációs eljárások, a feladatot egyenletrendszer felírása nélkül fokozatosan közelítő számítási lépésekben oldják meg. Míg a klasszikus eljárások szabályai általános érvényűek, addig a relaxációs eljárások a különböző szerkezetfajtákra egyenként kidolgozandó szabályok ismeretét igénylik. Ha e szabályok ismeretesek, akkor a számítás lépései igen egyszerűek, bár az összetartási viszonyok nem mindig kedvezőek.

Amidőn a fentiekben a klasszikus és a relaxációs számító eljárások néhány jellemzőjét egymással szembeállítottuk, nem tettünk említést egy módszerről, mely a kétféle eljárás között mintegy hidat alkot. Ez a módszer: *a klasszikus eljárásokkal felállított rugalmassági egyenleteknek relaxációs módszerrel való megoldása.* Ezáltal kiküszöbölődnek azok a nehézségek és hibák, melyek sokismeretlenes egyenleteknek közvetlen úton való megoldásából eredhetnek. Másrészt elmaradnak azok a nehézségek is, melyek abból fakadnak, hogy a különféle szerkezetek esetében különféle — az illető szerkezetekhez idomított — szabályokat kell megállapítanunk.

Egy ilyen, a technikai szilárdságtan rugalmassági egyenleteinek megoldására alkalmas relaxációs számító eljárást az alábbiakban ismertetünk.

Legyen a megoldandó egyenletrendszer:

$$\left.\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n &= a_{10}\ , \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n &= a_{20}\ , \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \ldots + a_{nn}x_n &= a_{n0}\ . \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Ezt az egyenletrendszert először is a főátlóban álló ismeretlenekre oldjuk meg. Így valamely

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= c_{10} + c_{12}x_2 + c_{13}x_3 + \ldots + c_{1n}x_n\ , \\ x_2 &= c_{20} + c_{21}x_1 + c_{23}x_3 + \ldots + c_{2n}\ x_n\ , \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ x_n &= c_{n0} + c_{n1}x_1 + c_{n2}x_2 + \ldots + c_{n,\,n-1}x_{n-1} \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

egyenletrendszerhez jutunk. Ha a fenti egyenletekben a jobboldalt álló tagok közül csak az abszolút tagokra vagyunk tekintettel, az $x_1, x_2, \ldots x_n$ ismeretlenekre a következő *kezdő értékeket* kapjuk:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_0 x_1 &= c_{10}\ , \\ \Delta_0 x_2 &= c_{20}\ , \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \\ \Delta_0 x_n &= c_{n0} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

E kezdő értékeket igazítások hozzáiktatásával fokozatosan javítjuk. Az *első igazítást* úgy kapjuk meg, hogy a (2) egyenletek jobboldalán álló ismeretlenek helyébe a (3) alatti kezdő értékeket írjuk, s az így nyert egyenletekből a (3) alattiakat levonjuk. Így első igazításként a következő additív értékekhez jutunk:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_1 x_1 &= c_{12}\Delta_0 x_2 + c_{13}\Delta_0 x_3 + \ldots + c_{1n}\Delta_0 x_n\ , \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ \Delta_1 x_n &= c_{n1}\Delta_0 x_1 + c_{n2}\Delta_0 x_2 + \ldots + c_{n,n-1}\Delta_0 x_{n-1} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Most a *második igazítás következik*, melynek során az első igazítások értékét ismét egy-egy addiciós taghozzáiktatásával javítjuk. Ezekhez a tagokhoz úgy jutunk, hogy a (4) egyenletek jobboldalán álló ismeretlenek helyébe a (4) alatti értékeket iktatjuk be, az így nyert egyenletekből a (4) alattiakat levonjuk. E számítás eredményeként második igazításként a következő additív értékek adódnak:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_2 x_1 &= c_{12}\,\Delta_1 x_2 + c_{13}\,\Delta_1 x_3 + \ldots + c_{1n}\,\Delta_1 x_n\,, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \Delta_2 x_n &= c_{n1}\,\Delta_1 x_1 + c_{n2}\,\Delta_1 x_2 + \ldots + c_{n,\,n-1}\,\Delta_1 x_{n-1}\,. \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

A számítást hasonló módon folytatva az *i-edik igazítás*

$$\left.\begin{aligned} \Delta_i x_1 &= c_{12}\,\Delta_{i-1} x_2 + c_{13}\,\Delta_{i-1} x_3 + \ldots + c_{1n}\,\Delta_{i-1} x_n\,, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \Delta_i x_n &= c_{n1}\,\Delta_{i-1} x_1 + c_{n2}\,\Delta_{i-1} x_2 + \ldots + c_{n,\,n-1}\,x_{n-1}. \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Ha ezek az értékek a kezdő értékekhez képest már elhanyagolhatóan kicsinyek, a további igazításoktól eltekintünk, s a számítást a kezdő értékek és az egyes igazításokkal nyert értékek összegezésével berekesztjük. A számítás eredménye tehát:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &\cong \Delta_0 x_1 + \Delta_1 x_1 + \Delta_2 x_1 + \ldots + \Delta_{i-1} x_1\,, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_n &\cong \Delta_0 x_n + \Delta_1 x_1 + \Delta_2 x_1 + \ldots + \Delta_{i-1} x_n\,. \end{aligned}\right\} \tag{7}$$

A fent ismertetett eljárás mindenkor az ismeretlenek pontos értékeihez konvergál, feltéve, hogy a (2) egyenletekben a jobboldalon álló ismeretlenek együtthatóinak összege abszolút értékre nézve az egységnél kisebb, vagyis

$$\left.\begin{aligned} &\left| c_{12} + c_{13} + \ldots + c_{1n} \right| < 1\,, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\left| c_{n1} + c_{n2} + \ldots + c_{n,\,n-1} \right| < 1\,. \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Ez a feltétel a technikai szilárdságtan rugalmassági egyenletei esetében általában eleve teljesítve van.

A fentiekben ismertetett számítás menete a következő vázlattal szemléltethető:

$$\begin{array}{llll} \Delta_0 x_1 & \Delta_0 x_2 & \Delta_0 x_3 & \ldots\ldots \\ \Delta_1 x_1 & \Delta_1 x_2 & \Delta_1 x_3 & \ldots\ldots \\ \Delta_2 x_1 & \Delta_2 x_2 & \Delta_2 x_3 & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \\ \hline x_1 & x_2 & x_3 & \end{array}$$

A számításnak ezt a beosztását *párhuzamos rendszerű* számításnak hívjuk. Ezzel a számítási beosztással szemben általában ajánlatosabb egy másik számításmenetet alkalmazni, mert így az eljárás összetartósága lényegesen fokozható

anélkül, hogy a számítás rendszertelenné vagy bonyolultabbá válnék. Ezt a másik számítási beosztást az alábbi vázlat érzékelteti:

$$
\begin{array}{ccccccc}
\Delta_0 x_1 & & \Delta_0 x_3 & & \Delta_0 x_5 & & \ldots\ldots \\
& \Delta_1 x_2 & & \Delta_1 x_4 & & \ldots\ldots & \\
\Delta_2 x_1 & & \Delta_2 x_3 & & \Delta_2 x_5 & & \ldots\ldots \\
& \Delta_3 x_2 & & \Delta_3 x_4 & & \ldots\ldots & \\
\ldots\ldots & & \ldots\ldots & & \ldots\ldots & & \ldots\ldots \\
& \ldots\ldots & & \ldots\ldots & & \ldots\ldots & \\
\hline
x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & \ldots\ldots & \ldots\ldots
\end{array}
$$

Az ilyen beosztású számítást *váltott rendszerű* számításnak nevezzük. Ennek lényege a változóknak két csoportba foglalása. (A fenti vázlat esetén a változók egyik csoportja: x_1, x_3, x_5,... másik csoportja pedig: x_2, x_4,...). E két csoportba foglalt változóknak megfelelőleg az igazítást két részletben végezzük. Az első csoportba sorolt változók igazítása alkalmával a második csoportbeli változókra már előzőleg megállapított igazításokat is figyelembe vesszük és viszont.

Természetesen a számítások során megvan a lehetősége annak is, hogy a már igazított értékeket a további igazításoknál már azonnal mint ilyeneket vegyük figyelembe. Ezzel a számítás összetartóságát még tovább fokozhatjuk. A gyorsítás ellenére az utóbbi módszer alkalmazása mégsem ajánlható, mert így a számítás áttekinthetetlenebbé, nehezebben ellenőrizhetővé válik.

Könnyűszerrel kimutatható—ezt a körülményt *W. Dernedde*[1] mutatta ki, lényegében véve azonban ugyanerre az eredményre jutott egy kéziratban bemutatott dolgozatában Derneddétől függetlenül *dr. Menyhárd István* is, — hogy a fent ismertetett iterációs egyenletmegoldási eljárás és a technikai szilárdságtanban újabban használatos relaxációs módszerek alapjában véve azonosak, sőt a számítás alkalmas beosztása esetén a két számításmód egymással lépésről-lépésre tökéletesen meg is egyezik. Eltérés a kétféle módszer közt mindössze abban van, hogy a közvetlen relaxációs eljárások esetén a rugalmassági egyenletek felírása elmarad. E helyett viszont a közvetlen eljárások esetén a számítási lépések szabályait eleve meg kell állapítanunk, és e szabályok birtokában a számítást a vizsgálandó szerkezet vázrajzán kell elvégeznünk. Ez a kötöttség a számítás nagy helyszükséglete miatt néha talán kényelmetlen, ezzel szemben a számítás képiessége és könnyebben ellenőrizhető volta az említett kényelmetlenséggel szemben bő kárpótlást nyujt.

Az alábbiakban a közvetlen relaxációs eljárások menetét a technikai szilárdságtan néhány jellegzetes szerkezetfajtájára részletesebben ismertetjük A két duális eljárás közül azonban a rövidség kedvéért csak a fokozatosan lazító eljárást tárgyaljuk, mégpedig az alábbi feladatok kapcsán:

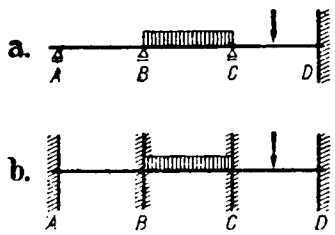
[1]) *W. Dernedde:* Lösung linearer Gleichungen durch Iteration. *Der Bauingenieur* 19. (1938), pp. 5—9.

1. *A nem süllyedő alátámasztású többtámaszú tartó.*

Az efféle szerkezetek egy példája, egy két végén befogott, többtámaszú tartó a 3a) ábrán szemlélhető. Ez esetben a lépésenként lazító módszer szerint eljárva, törzstartóul a 3b) ábrán feltüntetett tartót választjuk, mely a közbensŐ alátámasztások helyén tökéletesen befogott. A nyomatékokat akkor tekintjük pozitívoknak, ha a csomópontokat az óramutató járásával egyező értelemben igyekeznek elforgatni. A számítás előtt minden egyes rúdra nézve külön-külön meghatározzuk az úgynevezett *rúdtényező* értékét, melynek értelmezése a szokásos jelölésekkel

$$K = \frac{J}{l}.$$

Ezután a tulajdonképpeni számítás *kezdő lépése* következik, mely a befogó nyomatékok meghatározásából áll. Ezeket ismerve, azonnal kiszámíthatjuk



3. ábra.

a csomópontok egyensúlyozásához szükséges nyomatékokat. Most az *igazítások* jönnek sorra. Ezeket a váltott rendszer szerint célszerű elvégezni: első lépésben a B és D, második lépésben a C és E csomópontokon végzünk igazítást, majd ismét a B és D csomópontok kerülnek sorra és így tovább. Ha a B csomóponton a befogás kényszerét egyensúlyozó nyomaték $\Delta_0 M_B$, akkor itt az igazítás során ezt a $\Delta_0 M_B$ nyomatékot a B csomópontba futó rúdvégeken szét kell osztani. A szétosztás — ezt *nyomatékosztásnak* nevezzük — a rúdtényezők arányában történik. Tehát az 1-, illetve 2-jelű rúd B pontbeli végére jutó nyomatékrészlet

$$M_1 = \frac{K_1}{\Sigma K} \Delta_0 M_B, \text{ illetve } M_2 = \frac{K_2}{\Sigma K} \Delta_0 M_B$$

ahol

$$\Sigma K = K_1 + K_2.$$

Ugyanakkor — a folytonosság biztosítására — a rudak tulsó végére a nyomaté-

kok fele értékét át kell vinni. Ezek szerint az igazítás szabálya a következő kulcsábrába foglalható



4. ábra.

E kulcsábrán — ugyanígy a későbbiekben közlendő kulcsábrákon is — a bekarikázott értékek azt jelentik, hogy az egyensúlyozó erőhatás szétosztása ezen értékek arányában történik. Más szóval a számításhoz szükséges ΣK érték a bekarikázott értékek összege.

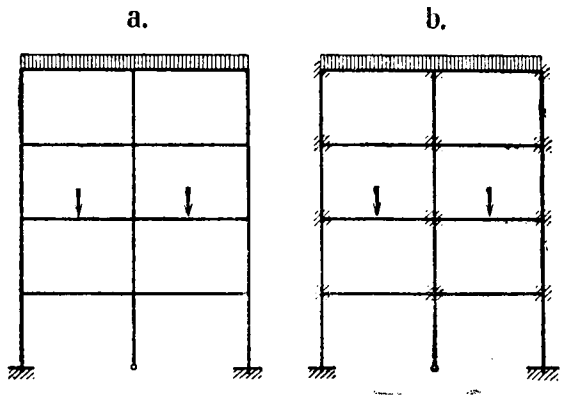
Abban az esetben, ha a tartó valamelyik támaszán például az A támaszon szabadon fekszik fel, akkor a nyomatékosztás kulcsábrája



5. ábra.

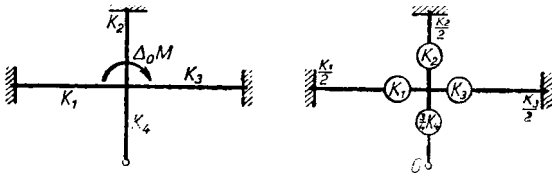
2. *Az el nem mozduló sarkú keret.*

Ez esetben a *kezdő lépés* során a szerkezet sarokpontjait — a csuklós rúdvégek kivételével — ismét mereven befogjuk (6a) illetve 6b) ábra). Az *igazítások* során a csomópontokra működtetendő egyensúlyozó nyomatékokat nyomaték-



6. ábra.

osztással az alábbi kulcsábra szerint (7. ábra) határozzuk meg. Tehát pl. a $\Delta_0 M$



7. ábra.

egyensúlyozó nyomatékból a baloldali rúd a csomóponti végére jutó nyomatékrészlet

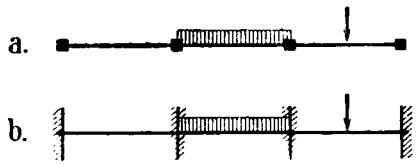
$$M_1 = \frac{K_1}{\Sigma K} \Delta_0 M \ ,$$

ahol

$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3 + \frac{3}{4} K_4 \ .$$

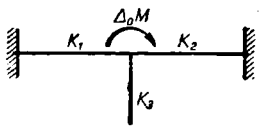
3. *A rugalmasan befogott többtámaszú tartó.*

A számítás *kezdő lépésében* a csomópontokat mereven befogottaknak tekintve, először a befogási nyomatékokat határozzuk meg (8a) illetve 8b) ábra).



8. ábra.

Ezután az *igazítások* következnek. Ezt a műveletet a váltott rendszer szerinti beosztással rúdpáronként végezzük el oly módon, hogy a közbenső csomópontot a merev befogás kényszere alól felszabadítjuk. Minthogy ez esetben

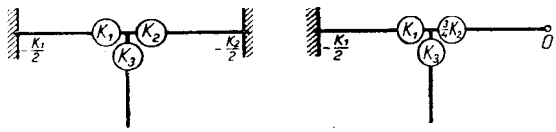


9. ábra.

a $\Delta_0 M$ egyensúlyozó nyomatékkal szemben a közbenső csomópontban befutó két rúdon kívül a rugalmas befogószerkezet is ellenáll, a vizsgált rúdpárt háromágú rúdcsillagként kezelhetjük (9. ábra). A rugalmas befogást helyettesítő harmadik rúdnak megfelelő »rúdtényező«:

$$K_3 = 4E\mu \cdot$$

Itt μ azt a nyomatékot (ágyazási nyomatékot) jelenti, mely a rugalmas befogószerkezetben egységnyi szögforgást idéz elő. Így a rúdvégekre, illetve a befogószerkezetre jutó nyomatékrészleteket az alábbi kulcsábrák szerint számíthatjuk (10. ábra):



10. ábra.

Pl. a baloldali ábrán feltüntetett esetben a baloldali rúdnak a közbenső csomópontba befutó végére jutó nyomaték

$$M_1 = \frac{K_1}{\Sigma K} \Delta_0 M \ ,$$

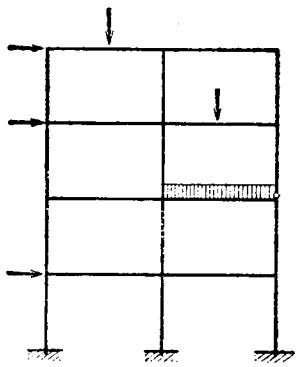
ahol

$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3 \cdot$$

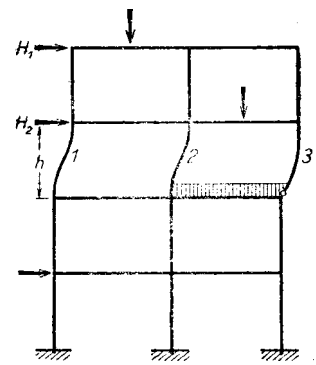
Az imént ismertetett szerkezethez hasonlóan kezelhetők azok a többtámaszú tartók is, melyek csomóponti elfordulását keresztirányú gerendák csavaró ellenállása akadályozza. Ilyenkor a keresztirányú gerendák hatása egy-egy a vizsgálandó tartóval egybeépített megfelelő merevségű oszlop hatásával pótolható.

4. *Az elmozduló sarkú keret.*

Az e csoportba tartozó szerkezetek közül legjelentősebbek a derékszögű keretek. Ily szerkezetek esetén (11. ábra) törzstartóul azt a szerkezetet célszerű



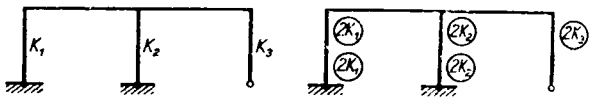
11. ábra.



12. ábra.

választani, mely a vizsgálandó szerkezettől csak abban tér el, hogy csomópontjai szögforgással szemben tökéletesen merevek és elmozdulás ellen mereven megtámasztottak.

A számítás *kezdő lépésben* a szerkezet rudainak befogó nyomatékait és támaszerőit határozzuk meg. Az *igazításokat* részletekben végezzük el. A munkát az oldalirányú megtámasztások egyenkénti lazításával kezdjük el. A lazítás oly módon végezzük, hogy egyszerre csak egy-egy emeletsor oszlopai görbüljenek meg, de a befogott oszlopvégek semmiféle szögforgást se szenvedjenek. (12. ábra). Ilyfajta lazítás esetén a meggörbült oszlopok az oldalirányú erőkön ellenállásténye zőik arányában osztoznak. E tényezők azonos magasságú oszlopok



13. ábra.

esetében a rúdtényezőkkel (K) azonosak. A tolóerők okozta kiegyensúlyozatlan $\Delta_0 M$ nyomatékokon, melyeknek értéke esetünkben

$$\Delta_0 M = (H_1 + H_2)\, h \ ,$$

a szóban forgó oszlopsor oszlopvégei az alábbi kulcsábra szerint osztoznak (13. ábra).:
Pl. a baloldali oszlop felső végeire jutó nyomatékrészlet

$$M_{1f} = \frac{2K_1}{\Sigma K}\, \Delta_0 M \ ,$$

ahol

$$\Sigma K = 2K_1 + 2K_1 + 2K_2 + 2K_2 + K_2$$

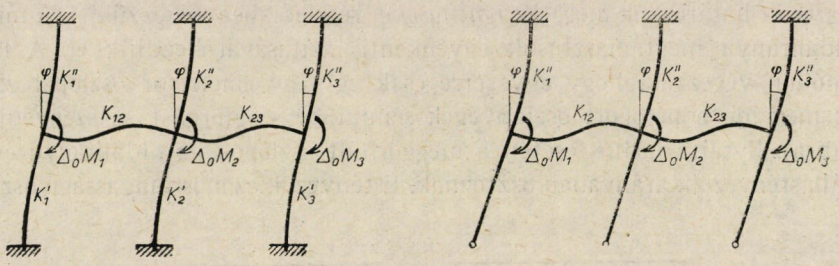
Ezt az osztási műveletet *erőosztásnak* nevezzük.

Az erőosztást valamennyi emeletsoron hasonlóképp elvégezve, minden csomóponton nyomatékosztást alkalmazunk. Ezután ismét felváltva erőosztások, majd nyomatékosztások következnek mindaddig, amíg a kiegyensúlyozatlan oldalirányú erők és nyomatékok elhanyagolhatóan kicsinyekké nem válnak.

Az elmozduló sarkú, derékszögű keretek esetén alkalmazható fenti eljárást *Cross—Morris*-féle módszernek hívjuk. Ez a módszer azonban olyankor, amidőn az oszlopok a gerendákhoz képest aránylag merevek, igen lassan tart össze, és ezért gyakorlati célokra sok esetben alkalmatlan.

Erre való tekintettel Előadó a szóbanforóg módszer egy olyan módosítását javasolta, mely az erőosztások után egy újfajta igazítást iktat be. Ez az igazítás olyankor, amidőn az ugyanazon szinten levő oszlopvégek azonos meg-

támasztásúak, igen egyszerűen végrehajtható. Lényegét a 14. ábra magyarázza. Mint látható, ezen az igazítás általában egyidejűleg a keret két-két egymás feletti emeletsorának oszlopaira s az általuk közrefogott keretgerendára terjed



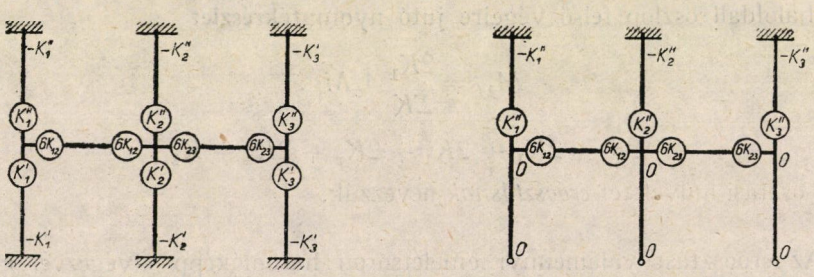
14. ábra.

ki. Ezen úgynevezett *keretsáv* gerendájának csomópontjain azonos szögforgásokat (φ), a keretgerendától elmutató oszlopvégeken pedig — amennyiben azok nem csuklósak — tökéletes befogást tételezünk fel.

Íly körülmények közt a keretgerenda csomóponti nyomaték-összegének egyensúlyozásához szükséges

$$\Delta_0 M = \Delta_0 M_1 + \Delta_0 M_2 + \Delta_0 M_3$$

egyensúlyozó nyomatékon az egyes rúdvégek az alábbi kulcsábrák szerint osztoznak (15. ábra):



15. ábra.

Pl. az alul is befogott végű oszlopok esetében a baloldali földszinti oszlop tetejére ható nyomaték

$$M'_{1f} = \frac{K_1}{\Sigma K} \Delta_0 M \ ,$$

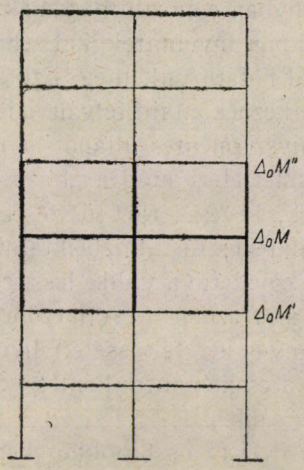
ahol

$$\Sigma K = K_1' + K_2' + K_3' + K_1'' + K_2'' + K_3'' + 12K_{12} + 12K_{23} \cdot$$

Ezt az osztási műveletet *sorozatos nyomatékosztásnak* nevezzük. Ezzel szemben

a csomópontonként elvégzendő nyomatékosztást *egyszerű nyomatékosztásnak* hívjuk.

A számítás különösen összetartó lesz, ha a $\Delta_0 M$ egyensúlyozó nyomatékot a szóban forgó keretgerenda alatt, illetve fellett következő keretgerendákhoz rendelhető egyensúlyozó nyomatékokkal ($\Delta_0 M'$, illetve $\Delta^0 M''$) módosítjuk



16. ábra.

(16. ábra), nevezetesen a $\Delta_0 M$ nyomaték helyett a következő »módosított« nyomatékot osztjuk szét:

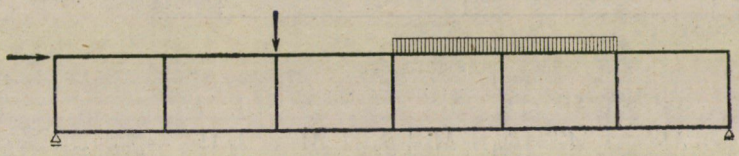
$$\Delta_0 \overline{M} = \Delta_0 M + \frac{K_1' + K_2' + K_3'}{\Sigma K'} \Delta_0 M' + \frac{K_1'' + K_2'' + K_3''}{\Sigma K''} \Delta_0 M''$$

Itt $\Sigma K'$, illetve $\Sigma K''$ ugyanazzal a jelentéssel bir, mint a vizsgált keretgerenda esetében ΣK.

Abban az esetben, ha a keretoszlopok a keretgerendákhoz képest rendkívül merevek, a nyomatékok módosított értékeit a Vierendeel-tartókkal kapcsolatban ismertetendő módon célszerű meghatározni.

5. *A Vierendeel-tartó.*

Ez lényegében véve olyan síkbeli keretszerkezet, melynek csomópontjai



17. ábra.

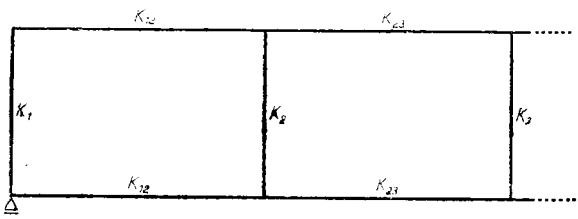
a tartósík két irányában is el tudnak mozdulni. E szerkezet rendszerint vízszintes övvel és függélyes oszlopokkal készül (17. ábra).

Ebben az esetben , miként előbb is, törzstartóul az elmozdulások és sarokponti szögforgások ellen mereven rögzített tartót választjuk, s a számítás *kezdő lépésében* a csomópontokra jutó tolóerőket és forgatónyomatékokat állapítjuk meg. Az *igazítások* során először az elmozdulások elleni megtámasztáso kat lazítjuk fel, s ezzel módot adunk arra, hogy a szerkezet csomópontjain függélyes, illetve vízszintes irányban elmozdulhassanak. Ez az alakváltozás a vízszintes és függélyes rudakban nyomatékokat ébreszt, melyeket függélyes, illetve vízszintes erőosztással határozunk meg. Ezután csomópontonként elvégzett nyomatékosztások következnek, majd felváltva ismételten erő- és nyomatékosztások, míg végül is a kényszermentes állapot be nem következik.

A számításnak fent ismertetett módja abban az esetben, ha az övek az oszlopokhoz képest merevek, kevéssé tart össze. Ezért célszerű minden erőosztás után sorozatos nyomatékosztást közbeiktatni.

A számítás különösen egyszerűvé válik, ha a csomópontok csak függélyes irányban mozdulhatnak el, s az azonos keretmezőben fekvő felső és alsó rudak rúdtényezői azonosak. (Arányos keretek esete.) Ilyenkor az erőosztás és sorozatos nyomatékosztás után a csomópontonként egyébként elvégzendő egyszerű nyomatékosztás feleslegessé válik.

Ha a Vierendeel-tartó övei az oszlopokhoz képest aránytalanul merevek, mint pl. korszerű vasúti személykocsik vázszerkezete esetében is, akkor az eljárás még sorozatos nyomatékosztás esetén is kevéssé összetartó. Ilyenkor a »módosított« kiegyensúlyozatlan nyomatékok ($\Delta_0\overline{M}'$, $\Delta_0\overline{M}''$, $\Delta_0\overline{M}'''\ldots$) meghatározásakor a közvetlenül szomszédos keretpárok nyomatékain kívül a távolabb fekvő keretpárok kiegyensúlyozatlan nyomatékait is célszerű figyelembe venni. E művelet relaxációs számítást tesz szükségessé az alábbi vázlat szerint (18. ábra) :



18. ábra.

$\Delta_0 M'$	$\Delta_0 M''$	$\Delta_0 M'''$
$\Delta_1 M' = \beta_{12}\Delta_0 M''$	$\Delta_1 M'' = \beta_{21}\Delta_0 M' + \beta_{23}\Delta_0 M'''$	$\Delta_1 M''' = \beta_{32}\Delta_0 M'' + \beta_{34}\Delta_0 M^{IV}$
$\Delta_2 M' = \beta_{12}\Delta_1 M''$	$\Delta_2 M'' = \beta_{21}\Delta_1 M' + \beta_{23}\Delta_1 M'''$	$\Delta_2 M''' = \beta_{32}\Delta_1 M'' + \beta_{34}\Delta_1 M^{IV}$
.....	.....	.....
$\Delta_0 \overline{M}'$	$\Delta_0 \overline{M}''$	$\Delta_0 \overline{M}'''$

A fenti számítási sémában $\Delta_0 M'$, $\Delta_0 M''$, $\Delta_0 M'''$, ... az egyes keretsávok kiegyensúlyozatlan nyomatékait jelentik, a β tényezők jelentése pedig:

$$\beta_{12} = \frac{2K_{12}}{2K_{12} + 2K_{23} + 12K_2},$$

$$\beta_{21} = \frac{2K_{12}}{0 + 2K_{12} + 12K_1}, \qquad \beta_{23} = \frac{2K_{23}}{2K_{23} + 2K_{34} + 12K_3},$$

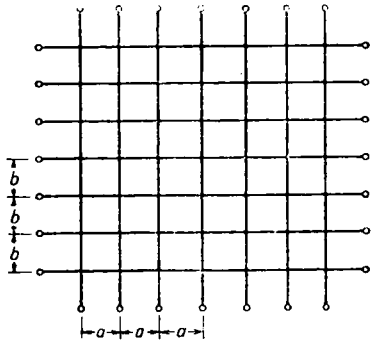
$$\beta_{32} = \frac{2K_{23}}{2K_{12} + 2K_{23} + 12K_2}, \qquad \beta_{34} = \frac{2K_{34}}{2K_{34} + 2K_{45} + 12K_4},$$

....

A számítás során a számoszlopoknak csak a kezdő tagjait számítjuk ki, a maradék részt egy megfelelő végtelen mértani sorral pótoljuk.

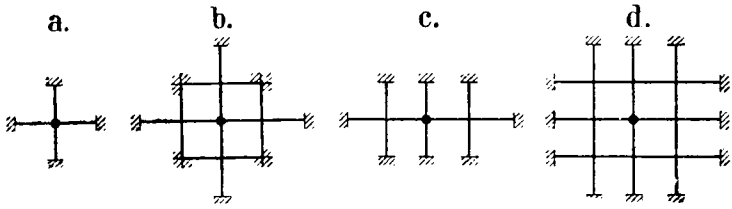
6. *A gerendarács.*

Ezek egymást rendszerint derékszögben keresztező gerendákból álló szerkezetek. A gerendák tengelyvonalai általában egyenlő osztásközű derékszögű rácsozatot alkotnak (19. ábra). A gerendák végei rendszerint merev támasztószerkezeteken nyugszanak, esetleg mereven befogottak.



19. ábra.

A gerendarács számításakor törzstartóul olyan szerkezetet választunk, mely a csomópontokban, valamint a gerendavégeken mereven alá van támasztva és mereven be van fogva. Az igazítások alkalmával célszerű a szerkezet minél több rácsmezőből álló részén a csomópontokat egyidejűleg szabaddá tenni, de úgy, hogy a szomszédos részekhez való hézagmentes kapcsolódás biztosítva maradjon. Ha az igazítás céljaira kiválasztott rácsrész kevés rácsmezőre terjed ki, mint pl. a 20a) ábra esetében, akkor a számítás rendkívül lassan tart össze.



20. ábra.

II. Kerületiérték-feladatok.

Az eddigiekben a statikai szempontból határozatlan rúdszerkezetek szilárdságtanának fontosabb problémáit vázoltuk, s azoknak relaxációs módszerrel való megoldásmódját ismertettük. Most a szilárdságtan úgynevezett *kerületiérték-feladataira* térünk át. E feladatok parciális differenciálegyenleteknek előírt kerületi feltételekhez igazodó megoldását teszik szükségessé. Ez a művelet csak a legegyszerűbb esetekben vezet zárt képletekre, s így a gyakorlati esetekben különféle közelítésekhez vagyunk kénytelenek folyamodni.

A szilárdságtan kerületiérték-feladatai közül legfontosabbak a lemezszerű szerkezetekre vonatkozó feladatok. Ezek általában magasabbrendű, de mindenkor páros rendszámú differenciálegyenletekre vezetnek. Néhány jellegzetes példájukat az alábbiakban említjük.

1. *A hártya.* Differenciálegyenlete aránylag egyszerű szerkezetű:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -\frac{p}{h}.$$

Megoldására a $p = o$ esetben a potenciálelméletnek kész módszerei vannak, ezek azonban csak köralakú tartomány esetén, továbbá akkor alkalmazhatók, ha a vizsgálati tartományt a körre konformálisan leképző függvénykapcsolat ismeretes.

2. *A hajlításmentes síklemez.* Tárgyalása a biharmonikus

$$\frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0$$

differenciálegyenlet megoldását igényli. Ez esetben az $F = F(x, y)$ függvényi úgynevezett feszültségfüggvény, mely a lemezsík x, y irányaihoz tartozó feszültségalkotókkal a következő kapcsolatban áll:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \quad , \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \quad , \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$$

Ugyanez a differenciálegyenlet érvényes egyébként a síkbeli alakváltozás állapotban levő testekre is.

3. *A hajlításra igénybe vett síklemez.* Ez a probléma egy negyedrendű

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = \frac{p}{c}$$

differenciálegyenletre vezet. A szóbanforgó differenciálegyenlet — ezt *Marcus* mutatta ki — két másodrendű differenciálegyenletre bontható, melyek a hajlított tartó elméletéből ismert másodrendű differenciálegyenletekhez hasonlóak :

$$\frac{\partial^2 M^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M^*}{\partial y^2} = -p,$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -\frac{M^*}{c}.$$

Itt

$$M^* = \frac{m}{m+1}\left(M_x + M_y\right).$$

4. *A hajlításmentes héj.* A hajlításmentes módon igénybevett görbe lemez, az úgynevezett *membránszerű* állapotban levő héj erőtani viselkedését a változó együtthatós

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\cdot\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - 2\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}\cdot\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}\cdot\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = p$$

differenciálegyenlet szabályozza. Itt $f = f(x,y)$ a héj középfelületének egyenlete, $F = F(x, y)$ pedig az úgynevezett feszültségfüggvény, melyet ismerve, a fajlagos belső erők az

$$n_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2},\quad n_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2},\quad n_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$$

összefüggésekkel számíthatók. Ez a differenciálegyenlet egyes héjalakok (pl, forgás paraboloid alakú héjak) esetén lényegesen egyszerűsödik, más esetekben. így hengeres héjak esetén pedig közvetlenül integrálható.

5. *A hajlításra igénybe vett héj.* Erőtani viselkedését igen bonyolult differenciálegyenletek szabályozzák. Például a kördonga problémája egy nyolcadrendű parciális differenciálegyenlet megoldását igényli, úgyhogy az ilyszerű feladatok tárgyalása rendkívül nehézkes.

A fent felsorolt problémák vizsgálatára az újszerű és elegáns matematikai módszerek egész serege áll a mérnök rendelkezésére. Ilyen módszerek pl. a

különféle sorfejtések, a transzformációs eljárások, az integrálegyenletek, a variációszámítás és a differenciaszámítás különféle metódusai. Ezek ma már sok olyan feladat megoldását teszik lehetővé, melyek azelőtt az elméleti kutatás számára hozzáférhetetlenek voltak. Ennek ellenére az elméleti rugalmasságtan számos feladata még ma is megoldatlan, vagy a megoldás a gyakorló mérnök számára annyira bonyolult, hogy ez a körülmény az érintett szerkezetek technikai alkalmazását nagymértékben hátráltatja. Elég e téren csak a különféle héjak esetére utalni, melyek alkalmazási lehetőségét egyéb okokon kívül a megoldás elé tornyosuló számítástechnikai nehézségek is erősen korlátozzák.

Pedig a szerkesztő mérnök nem szívesen mond le az egyes szerkezetek nyujtotta technikai előnyökről. Ezért aztán a számítás lehetővé tételére nem egyszer egészen durva közelítésekhez vagy nyers becsléshez folyamodik. Ilyen durva, de rendszerint sikerrel kecsegtető eljárás pl. a differenciálegyenleteknek a szerkezeten egyenletesen szétosztott egyes rácspontokban értelmezett differenciaegyenletekkel való pótlása.

Ezen eljárás ellen természetesen számos észrevétel hozható fel. Már maga az a tény is súlyosan kifogásolható hogy a differenciaszámítás nem vezet átfogó érvényű képletekre, hanem csak egy-egy konkrét feladatra szolgáltat megoldást. Sőt a számítás még ugyanazon szerkezet esetében is teljesen megismétlendő, ha a terhelési viszonyok változnak. Komoly észrevételek merülhetnek fel a számítással szemben akkor is, ha az eredményül nyert függvényből annak magasabb differenciálhányadosaira akarunk következtetni, ami pedig, mint a felsorolt példákból láttuk, elkerülhetetlen. Ilyenkor a kontinuumot helyettesítő rácstartományt aránylag sűrű osztásúra kell választanunk, másképp a számítási eredmények rendkívül megbízhatatlanok. Ezzel viszont a számítás hosszadalmassá válik.

A felsorolt nehézségekre való tekintettel *H. Liebmann*[1], illetve *Fr. Wolf*[2] 1918-ban, illetve 1926-ban a harmonikus, illetve biharmonikus differenciálegyenleteket helyettesítő differenciaegyenletek megoldására már a fent ismertetett eljáráshoz hasonló relaxációs módszereket alkalmaz. Tanulmányukban ezenkívül a helyettesítés jogosságának a kérdését, nevezetesen azt a kérdést is felvetik, vajjon a rácsosztás sűrítésével a differenciaegyenletek megoldása a differenciálegyenletek megoldása felé tart-e?

Úgy véljük, hogy a Liebmann-Wolf mutatta példa: kerületi értékfeladatoknak relaxációs számítással való megoldása a technikai szilárdságtan számos egyéb lineáris differenciál-, illetve differenciaegyenlete esetében is sikerrel hasznosítható, ideértve a változó együtthatós differenciálegyenleteket is.

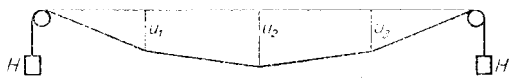
A kontinuumot helyettesítő rácstartomány rácspontjaira vonatkozó differenciaegyenletek u. i. az $u_1, u_2, u_3, \ldots, u_n$ függvényértékek és a terhelés-

[1]) *H. Liebmann:* Die angenäherte Ermittlung harmonischer Funktionen und konformer Abbildungen (nach Ideen von Boltzmann und Jacobi). — *Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse d. K. B. Akademie der Wissenschaften zu München* (1918) pp. 385—416.

[2]) *Fr. Wolf:* Über die angenäherte numerische Berechnung harmonischer und biharmonischer Funktionen. *Zeitschrift f. ang. Math. und Mech. 6.* (1925) pp. 118—150.

függvény $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$ értékei között lineáris kapcsolatot állapítanak meg. Így e kapcsolatok végeredményben a (2) alatti egyenletekhez hasonló alakú egyenletekkel fejezhetők ki, melyekre pedig a relaxációs számítóeljárás általában alkalmazható. A (8) alatt említett összetartási feltételek t. i. a technikai gyakorlatban szerepet játszó differenciaegyenletek esetében fizikai okokból rendszerint eleve teljesítve vannak.

A számítást természetesen mindenkor a váltott rendszer szerinti beosztással célszerű végezni. Ennek megfelelőleg a rácspontokat a sakktábla két különböző színű négyzetei szerint két csoportba kell osztani, s a két csoportba sorolt rácspontokon az igazítást felváltva kell eszközölni. A számítás össze-



21. ábra.

tartóságát azáltal is fokozhatjuk, hogy a kezdő értékeket és a megfelelő igazításokat nem rácspontonként külön-külön határozzuk meg, hanem a rácspontok alkalmas elrendezésű kisebb csoportjára vonatkozó többismeretlenes egyenletcsoportból számítjuk.

Annak jellemzésére, hogy a relaxációs számítást adott esetben miként kell elvégezni, egy elemi feladat megoldását mutatjuk be. A tárgyalandó feladat a H vízszintes erővel kifeszített, középen egyetlenegy függélyes, összpontosított erővel (P) terhelt súlytalan kötél problémája. (21. ábra).

E feladat ismert differenciálegyenlete

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = -\frac{p}{H} ,$$

a kezdeti feltételek pedig

$$u(0) = u(l) = 0 .$$

Ha a vizsgálati kötélszakaszt négy egyenlő részre osztjuk fel, a differenciálegyenlet helyébe iktatható

$$\frac{\Delta^2 u}{\Delta x^2} = -\frac{P\, l/4}{H}$$

differenciaegyenletet a három belső osztáspontnak megfelelőleg három lineáris egyenlettel pótolhatjuk:

$$-2u_1 + u_2 + 0 = 0 \ ,$$

$$u_1 - 2u_2 + u_3 = -\frac{Pl}{4H} \ ,$$

$$0 + u_2 - 2u_3 = 0 \ .$$

Ezek az egyenletek a főátlában álló ismeretlenekre megoldva így festenek:

$$u_1 = 0 + \frac{1}{2}u_2 \ ,$$

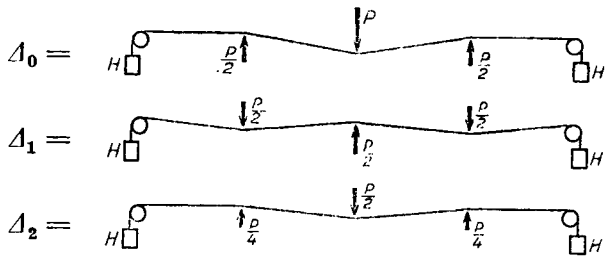
$$u_2 = \frac{Pl}{8H} + \frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_3 \ ,$$

$$u_3 = 0 + \frac{1}{2}u_2 \ .$$

Maga a relaxációs számítás a következőképp alakul:

$$\left.\begin{array}{ccc} & \Delta_0 u_2 = 1 & \\ \Delta_1 u_1 = \frac{1}{2} & & \Delta_1 u_3 = \frac{1}{2} \\ & \Delta_2 u_2 = \frac{1}{2} & \\ \Delta_3 u_1 = \frac{1}{4} & & \Delta_3 u_3 = \frac{1}{4} \\ & \Delta_4 u_2 = \frac{1}{4} & \\ \Delta_5 u_1 = \frac{1}{8} & & \Delta_5 u_3 = \frac{1}{8} \\ \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots \\ \hline u_1 = 1 & u_2 = 2 & u_3 = 1 \end{array}\right\} \cdot \frac{Pl}{8H}$$

Ezek az értékek tökéletesen egyeznek az elemi módszerrel közvetlenül nyerhető eredménnyel. A számítás fizikai értelme is világos:



22. ábra.

III. Sajátérték-feladatok

Végezetül foglalkoznunk kell a technikai szilárdságtan harmadik fontos feladatcsoportjával, az úgynevezett *sajátérték-feladatokkal* is.

A legismertebb idevágó feladat a két végén csuklósan megtámasztott *karcsú nyomott rúd* kihajlásának a problémája. E kihajlás-feladat differenciálegyenlete

$$-u'' = \frac{\lambda}{EJ} u.$$

A szóban forgó feladat megoldása Euler 1744-ben közzétett híres tanulmánya óta ismeretes. Mint tudjuk, az ilyen rudak nemcsak egyenes alakban, hanem meggörbült alakban is egyensúlyban tarthatók, de csak akkor, ha a nyomott erő értéke az úgynevezett Euler-féle kritikus értékekkel egyezik. Ennek és a hasonló egyéb feladatoknak a triviális $u = 0$ megoldástól eltérő megoldása csak a differenciálegyenletben szereplő egyes paraméterek bizonyos diszkrét értékei esetén — a probléma *sajátértékei* esetén — van. E sajátértékhez tartozó megoldások : a feladat úgynevezett *sajátfüggvényei*.

A technikai szilárdságtan számos feladata a fentvázolt feladatcsoportba tartozik, tehát csupán egyes paraméterek bizonyos értékei esetén oldható meg. Ilyenek pl. a különféle rugalmas stabilitási- és rezgésproblémák. Ezen, rendszerint végtelen sok megoldású feladatok közül a szerkesztő mérnököt általában csak a *legkisebb sajátérték*, vagy az ahhoz tartozó megoldás érdekli.

A szóban forgó feladatok megoldására az újabb matematikai irodalom rendkívül szellemes és változatos módszerek egész sorát közli. Ezen újszerű módszerek mellett — még ha azok pontosságával nem is vetekszik — nem lesz érdektelen megemlítenünk, hogy vizsgálataink szerint egyes sajátérték-feladatok megoldására, nevezetesen a legkisebb sajátérték, illetve a hozzátartozó sajátfüggvény meghatározására az előzőleg ismertetett relaxációs számítóeljárás is alkalmas. Erre vonatkozó tanulmányunk eredményéről a rendelkezésre álló hely szűkre szabott volta miatt másutt fogunk beszámolni.

V. Javaslat.

Az előzőekben a technikai szilárdságtan három feladatcsoportjával: a rúdszerkezeti feladatokkal, a kerületiérték-feladatokkal és a sajátérték-feladatokkal foglalkoztunk. Kimutattuk, hogy az e tárgykörökbe vágó feladatok mindegyike azonos módszerrel, egy lépésként közelítő relaxációs módszerrel is kezelhető. A tárgyalt módszer azonban csak egyike az ilyszerű feladatok megoldására alkalmas számtalan sok eljárásnak, s előnye a nagyobb matematikai apparátust igénylő egyéb módszerekkel szemben egyszerűségében és könnyen kezelhető voltában rejlik.

Természetesen a fenti megállapítás nem jelenti azt, hogy a tervező mérnök adott esetben nem folyamodhatik egyéb, az illető probléma természetének jobban megfelelő, elegánsabb számítási módhoz. Sőt ellenkezőleg, úgy véljük, hogy az a hatalmas és merőben újszerű matematikai apparátus, melynek kidolgozása csak a legutóbbi idők vívmánya, amelynek eredményei mérnöki körökben még kevéssé ismeretesek, számos olyan lehetőséget biztosít, melyek ismeretében különféle szerkezetek tervezését gyorsabban és megbízhatóbban végezhetjük el.

E szerteágazó, újfajta és komoly matematikai ismereteket igénylő módszerek tárgyalása és alkalmazási lehetőségeinek gyakorlati példák kapcsán való bemutatása nem lehetett e rövid 45 percre szabott előadás feladata. Hisszük és reméljük azonban, hogy a Mérnöki Továbbképző Intézet, melynek a magyar technikai irodalom fejlesztésében és a modern technikai ismeretek terjesztésében hervadhatatlan érdemei vannak, megtalálja a módját annak, hogy e nagyjelentőségű feladatot rövidesen megoldja. Javaslatunk, hogy ezt a hazai technikai tudományok fejlesztését célzó lehetőséget a Magyar Tudományos Akadémia és könyvkiadó vállalata hatékonyan támogassa.

TARTALOMJEGYZÉK

Oldal

1. *Mihailich Győző* r. tag: Elnöki megnyitója 3
2. *Hevesi Gyula* lev. tag: A tudományos kutatás és a termelés kapcsolatai 6
Hozzászólások 19

GEODÉZIA ÉS GEOFIZIKA

3. *Tárczy-Hornoch Antal* r. tag: Beszámoló a felsőgeodézia terén folyó vizsgálatokról 42
4. *Hazay István:* Vizsgálatok a Gauss-Krűger ábrázolási mód magyarországi alkalmazásával kapcsolatban 63
5. *Kántás Károly:* Elektromos geofizikai kutatómódszerek elméleti alapjai és fejlesztési lehetőségei 74

HOZZÁSZÓLÓ:

Krisztov Vladimir: Az egységesítés kérdéseiről a geodéziában 91

FÖLDTAN

6. *Vadász Elemér* lev. tag: A magyar ásványkincs feltárása 94

HOZZÁSZÓLÓK:

Vitális Sándor: Kőszén- és tőzegkészletünk felkutatása 104
Pantó Gábor: Érckincsünk felkutatása 106
Papp Ferenc: Hazai magnetikus kőzeteinkről 111
Sümehy József: Mélységbeli vízkészletünk hasznosítása 116
Kertai György: A magyarországi olaj- és földgázvagyon növelésének lehetőségei 120
Egyed László: Geofizikai nyersanyagkutatás 124
Renner János: Geofizikai kutatásaink haladása és módszerei 127
Szurovy Géza: A mélyfúrások szerepe a magyar ásványkincsek feltárásában 130
Majzon László: Egyéb ásványi nyersanyagaink 132

7. *Vendel Miklós* r. tag: Összefüggések a magmák és ércesedések között 138

HOZZÁSZÓLÓK:

Földvári Aladár: 176
Tokodi László: 177

8. *Szádeczky K. Elemér* lev. tag: Kőzetátalakulás és szénkőzetek 179

HOZZÁSZÓLÓK:

Kertai György: 198
Egyed László: 199
Müller László 200
Vadász Elemér: 202

BÁNYÁSZAT

Oldal

9. *Vargha Béla:* A bányászat korszerűsítési kérdései 207

HOZZÁSZÓLÓK:

Krupár Géza: Tömegtermelésre alkalmas fejtőmódok 222
Láday Jenő: A bányászat könnyű gépesítése 246
Ajtai Zoltán: Elővájások és fejtések nehéz gépesítése 250
Martiny Károly: A hazai szénelőkészítés időszerű kérdései, különös tekintettel az alk. szénelőkészítő gépekre 253
Török Sándor: A szénszállítás gépesítése 260
Pál István: A bányavillamosítás időszerű kérdései 265

10. *Vigh Ferenc:* Karsztvízprobléma a bányászatban 278

HOZZÁSZÓLÓK:

Vendel Miklós: 301
Kassai Ferenc: 305
Mazalán Pál: A bányászatban emelt karsztvíz hasznosítása 310
Kántás Károly: A karsztvízkutatás geofizikai lehetőségei 315

KOHÁSZAT

11. *Szele Mihály:* Hazai ércek feldolgozási lehetőségei 319

HOZZÁSZÓLÓK:

Vécsey Béla: A rudabányai érc előkészítése 331
Gillemot László: Magyar bauxit feldolgozásának új útjai 344
Tarján Gusztáv: A mangánércek feldolgozása 351
Visnyovszky László: Kisebb mennyiségben előforduló vasszegény érceink feldolgozása 353
és még 8 hozzászólás 360

12. *Kerpely Kálmán:* Oxigénes és levegőbefúvásos acélgyártás 369

13. *Verő József* r. tag: Levegőbefúvásos acélgyártás *N* és *H* kérdésének elméleti vizsgálata 392

HOZZÁSZÓLÓK:

Wilhelmb Tibor: 406
Szücs Endre: 410

14. *Geleji Sándor* lev. tag: A hengerlés gyakorlati és elméleti problémáinak matematikai megoldása 414

HOZZÁSZÓLÓK:

Pattantyus A. Imre: 451
Árkos Frigyes: 461

ENERGIATERMELÉS ÉS GAZDÁLKODÁS

15. *Heller László:* Energiagazdálkodásunk időszerű kérdései 465

HOZZÁSZÓLÓK:

Ollé László: A hőszivattyú jelentősége energiagazdálkodásunkban ... 486
Forgó László: A levegőkondenzáció alkalmazásának műszaki és gazdasági lehetőségei hazai gőzerőműveinkben 503
Mosonyi Emil: Vízerőgazdálkodásunk időszerű feladatai 515

oldal

16. *Kovács Károly Pál* lev. tag: A villamosenergiatermelés és elosztás időszerű kérdései hazánkban 541

HOZZÁSZÓLÓK:

Pálos Ferenc: Az együttműködő és elosztóhálózatok korszerű védelme 577
Boitló Vendel: Központi terhelosztó műszaki kérdései 590
Lévai András 600
Vajta Miklós: Hálózati kisminta a villamosítás szolgálatában 601
Ronkai Ferenc: Védő és üzemi földelések nagyfeszültségű berendezésekben 620

GÉPÉSZET

17. *Bíró Ferenc* lev. tag: Gépgyártásunk anyagmegtakarítási lehetőségei a korszerű technológiai módszerek révén 632

HOZZÁSZÓLÓK:

Frank László: Új irányok az öntészetben 648
Hajtó Nándor: Gömbgrafitos öntöttvas előállításának problémái 660
Gillemot László: Porkohászat és preciziós öntés 665
Zorkóczy Béla: A hegesztés-technika szerepe a korszerű gépgyártás gazdaságosságának emelésében 670
Hornung Andor: Gyorsforgácsolás 678
Korponai Gyula: Megtakarítási lehetőségek a regie költségeknél 686

18. *Vörös Imre:* Anyagtakarékosság lehetőségei a korszerű géptervezésnél 695

HOZZÁSZÓLÓK:

Ritter Endre: Anyagtakarékosság a szerszámgépek tervezésénél 704
Rázsó Imre: Anyagtakarékossági lehetőségek mezőgazdaságunk gépesítésénél 712
Lindner István: Gőzkazánok és tüzelőberendezések korszerű tervezése ... 719
Komondy Zoltán: Anyagtakarékosság lehetőségei a gőzgépeknél és gázgépeknél 724
Melkuhn István: Vasúti nyomtatójárművek korszerű tervezése 731

ÉPÍTÉS

19. *Mihailich Győző* r. tag: Korszerű építési szerkezetek és eljárások 740

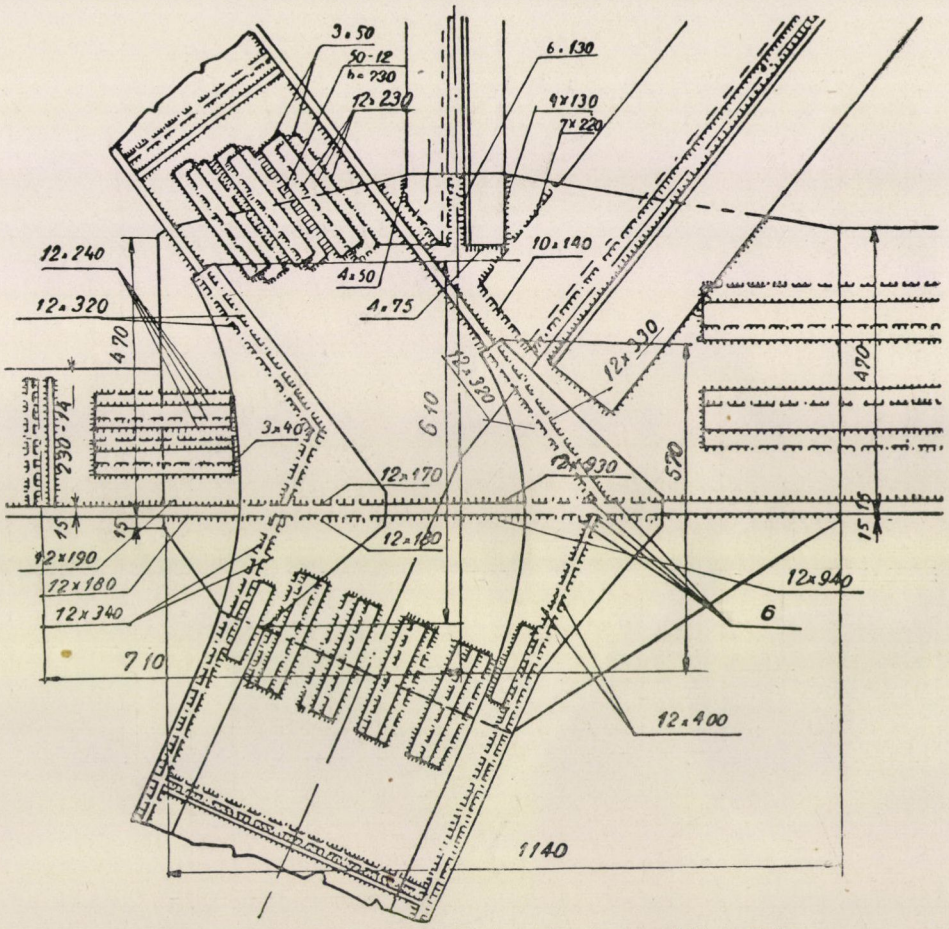
HOZZÁSZÓLÓK:

Pelikán József: A héjszerkezetek elterjedését gátló okok és azok kiküszöbölése 755
Menyhárt István: A vasbetonhídépítés fejlődési irányai Magyarországon .. 757
Rathing Ferenc: Előregyártott vasúti vasbetonalj és vezetéktartó oszlop 761
Széchy Károly: Korszerű vasszerkezetek 773
Palotás László: Korszerű építésanyagok 785
Ocsvár Rezső: A gépesítés szempontjai a mélyépítésben 792
Major Máté lev. tag: A sztahánovista mozgalom a magasépítőiparban 797
Sebestyén Gyula: Munkamódszerek és normák 804
néhai Jáky József r. tag: (felolvasta Széchy Károly): Nehéz testi munka gépesítése 809

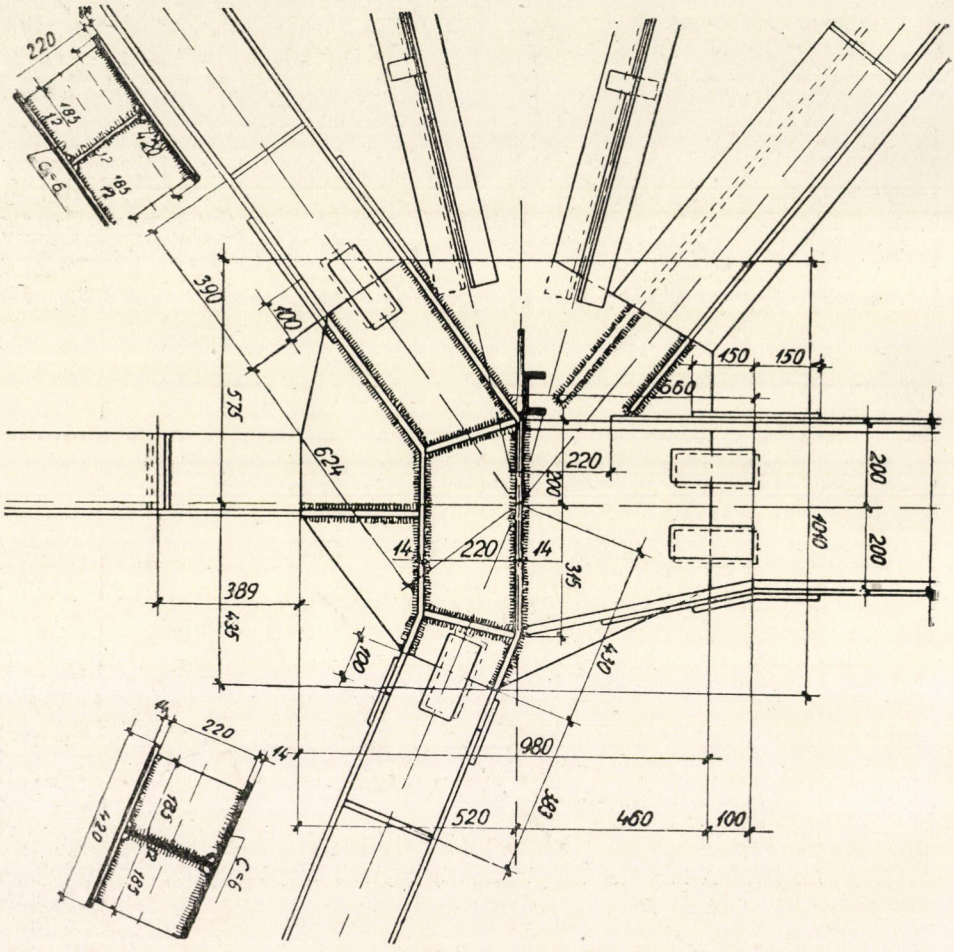
20. *Csonka Pál:* A korszerű méretezési elvek és eljárások 816

Akadémiai Kiadó (Budapest, VI., Sztálin-út 31.) Felelős: Mestyán János

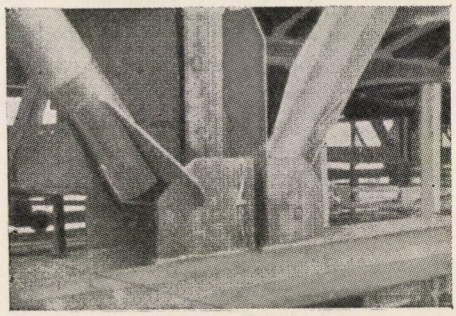
Budapest nyomda, Gerlóczy-utca 2 — 9906 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

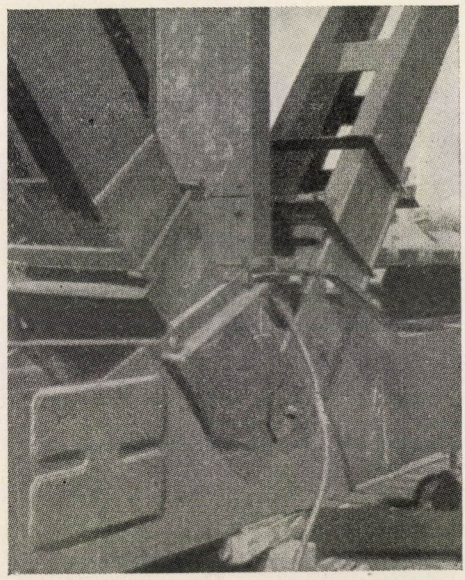


1/a ábra. A budaörsi hangár csomópontjának megoldása. 1937.



1a ábra. A ferihegyi hangár.

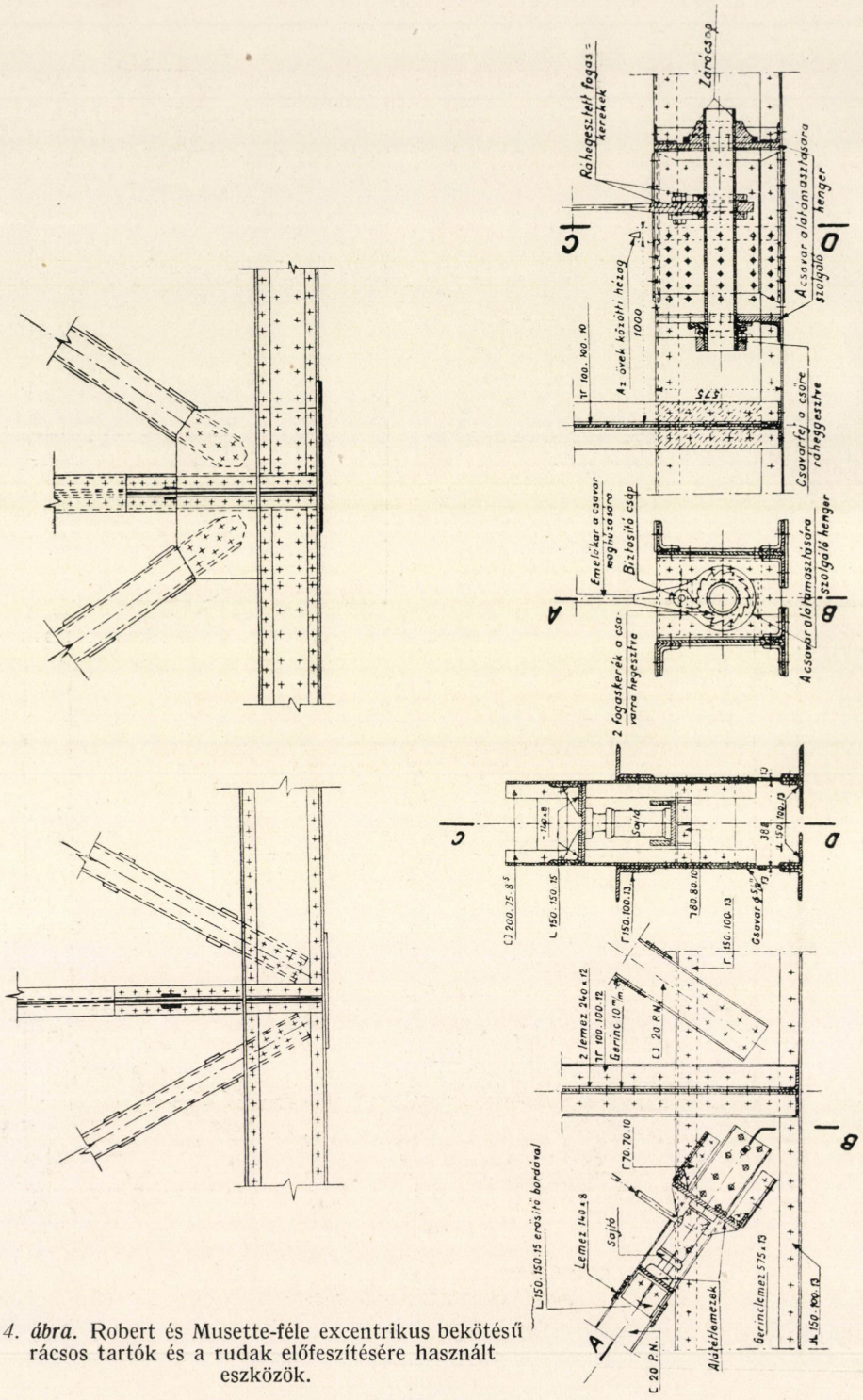




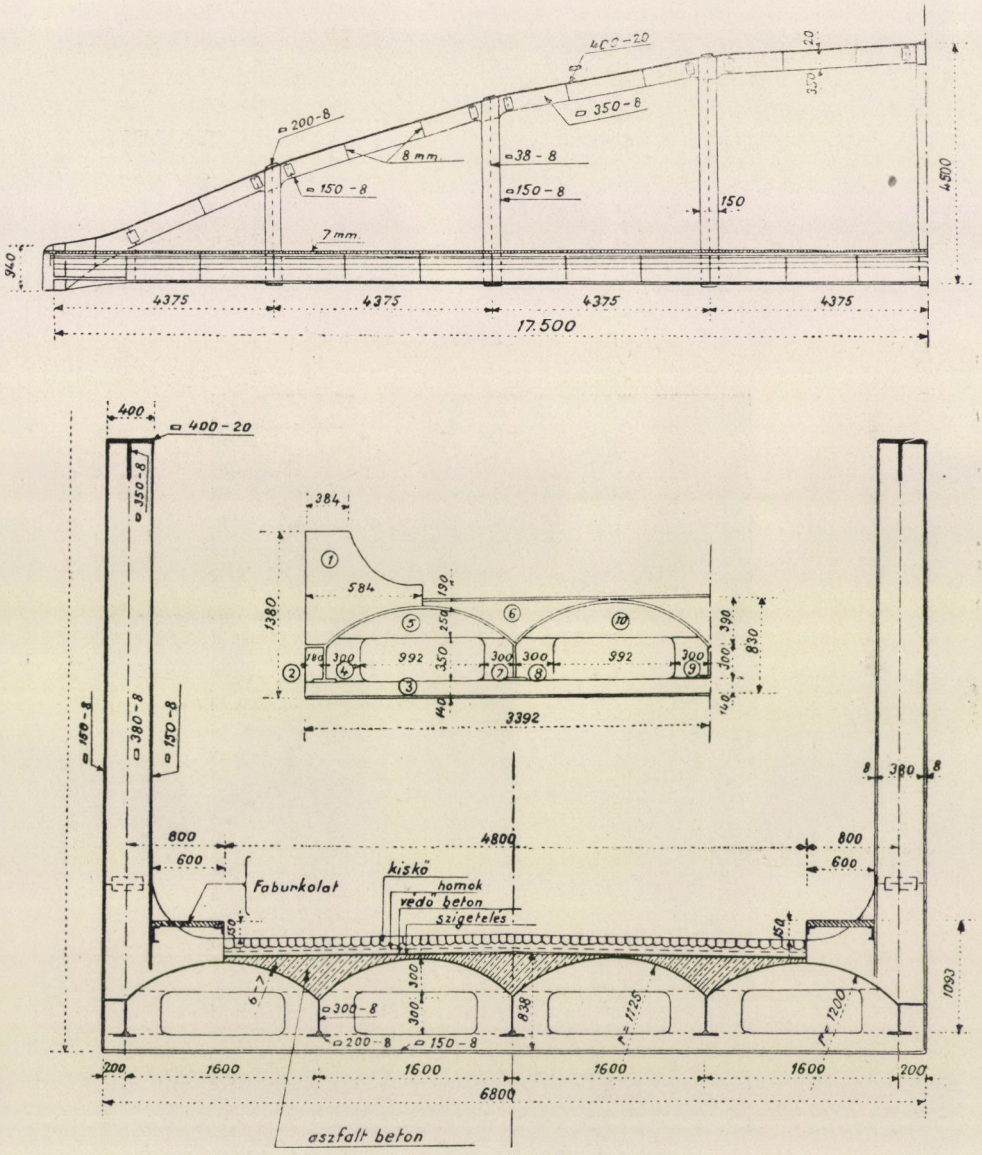
2. ábra. A győri Rába-híd és a Kossuth-híd hegesztett csomópontjainak összehasonlítása.



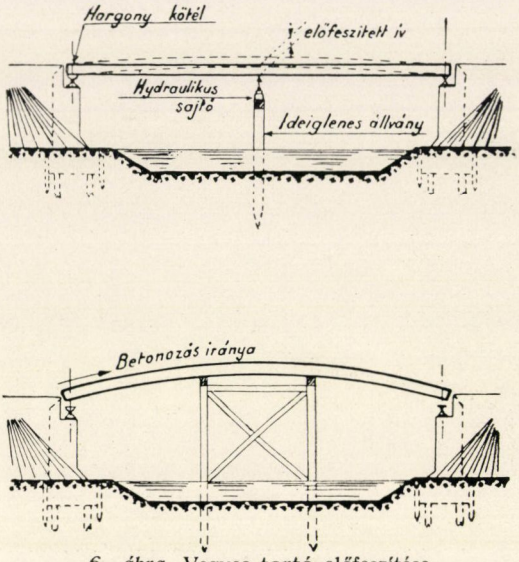
3. ábra. A vásárosnaményi Tisza-híd képe.



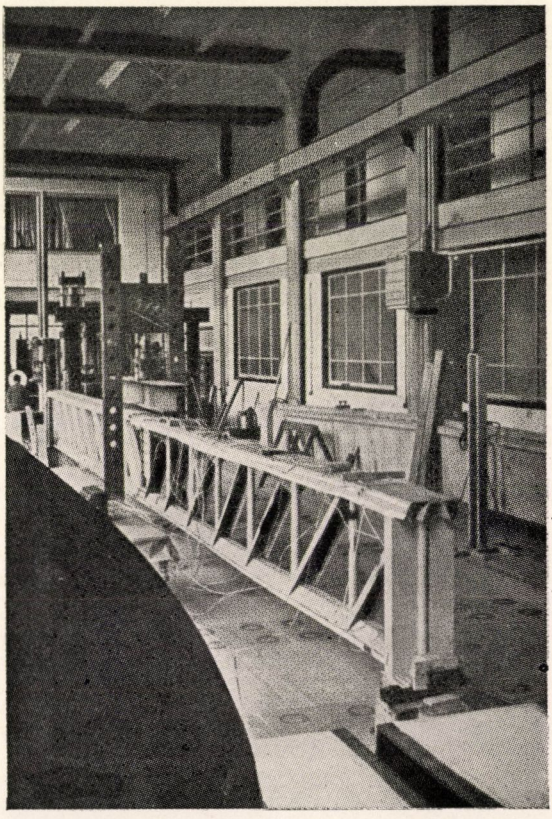
4. ábra. Robert és Musette-féle excentrikus bekötésű rácsos tartók és a rudak előfeszítésére használt eszközök.



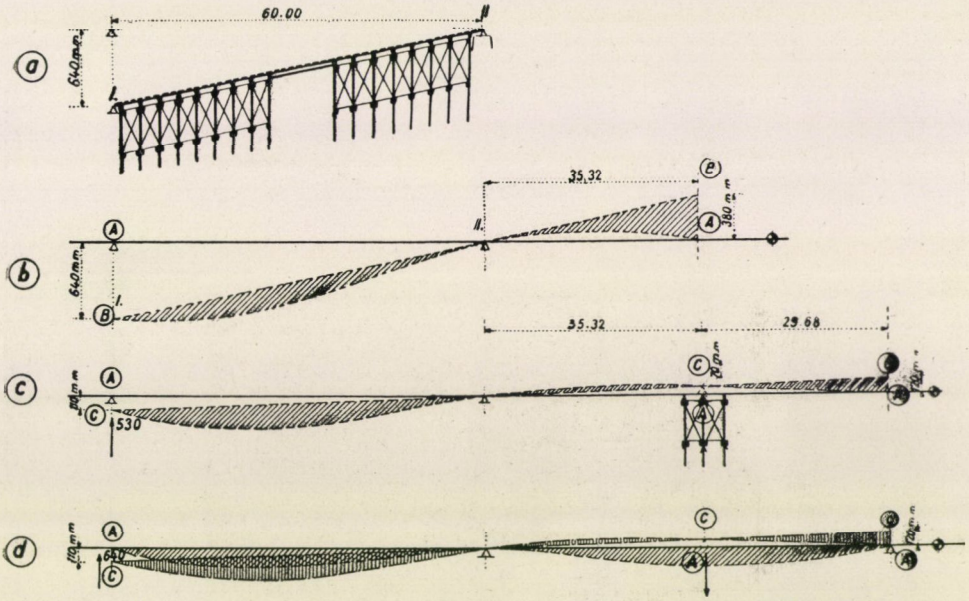
5. ábra. Teknőtartós híd metszete.



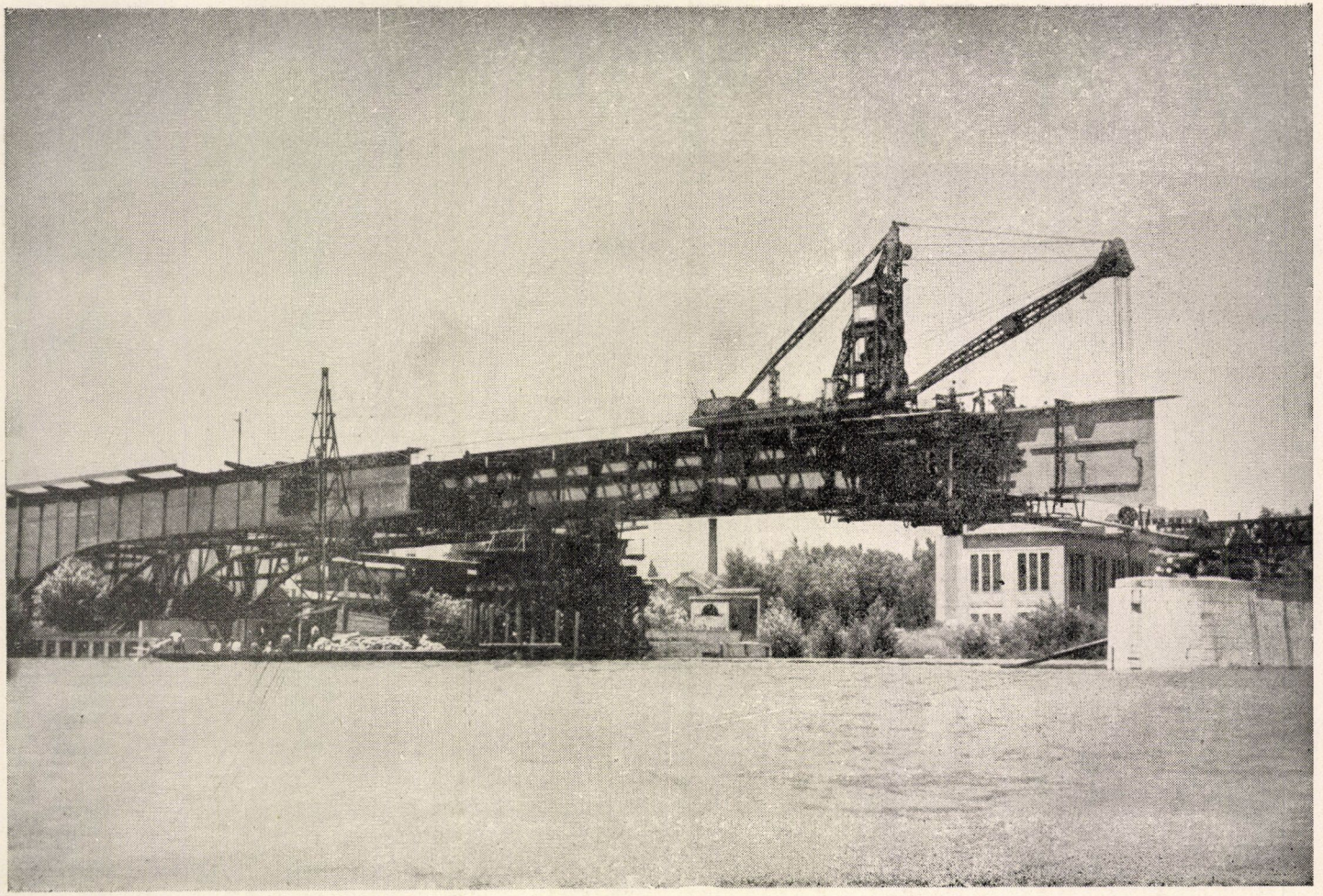
6. ábra. Vegyes tartó előfeszítése.



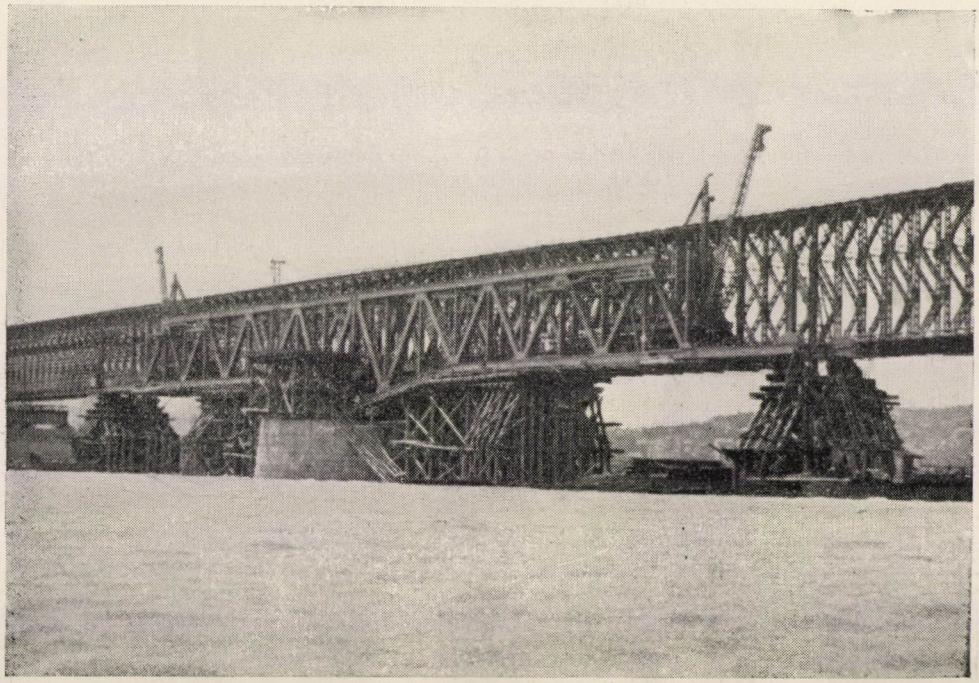
6/a. ábra. Előfeszített kísérleti vastartó (Magnel).



7. *ábra.* A Sztálin-híd szerelési sémája.



8. ábra. A Sztálin-híd szabad szerelése.



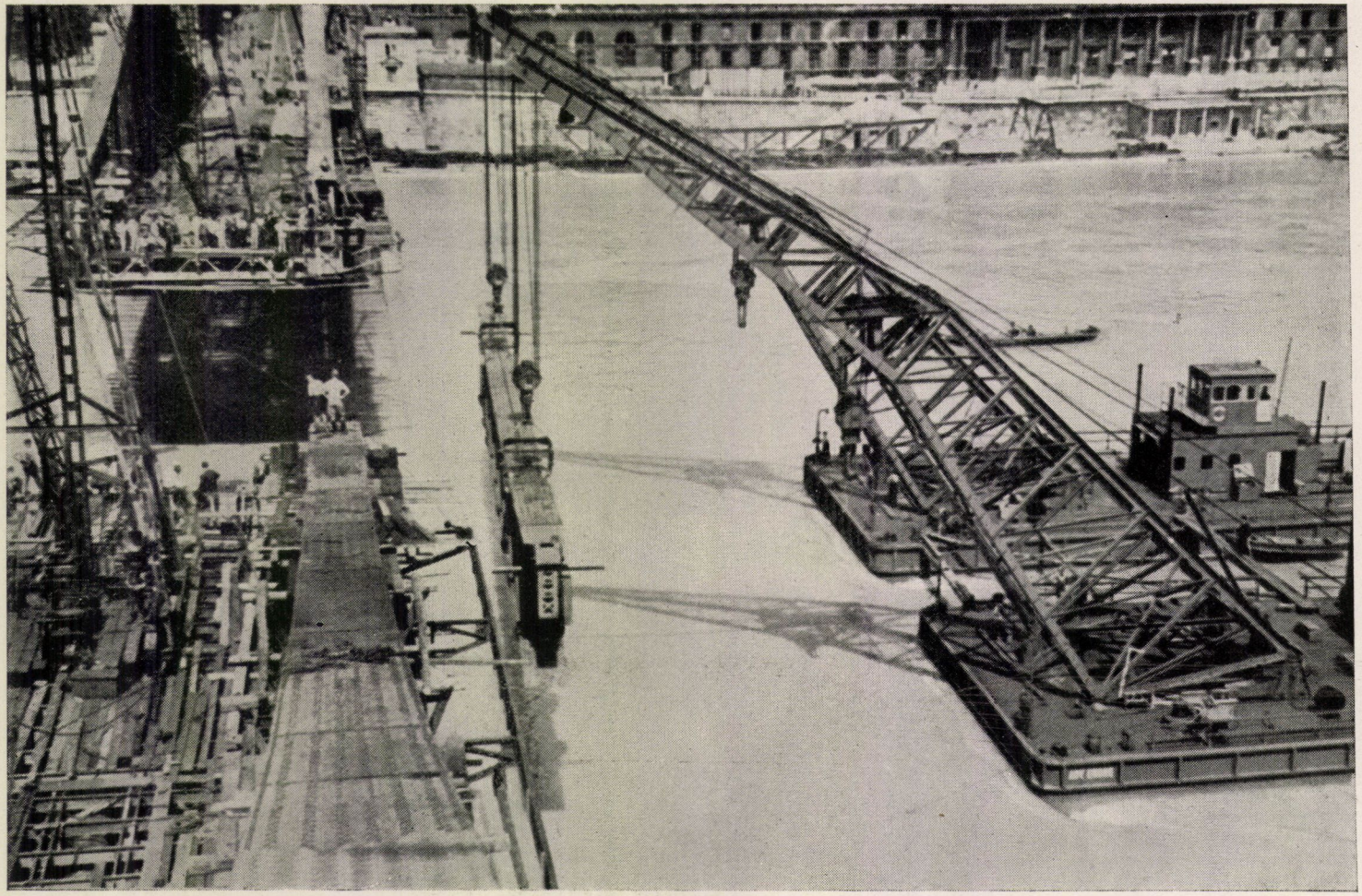
9. ábra. Az összekötő vasúti híd konzolos szerelése.



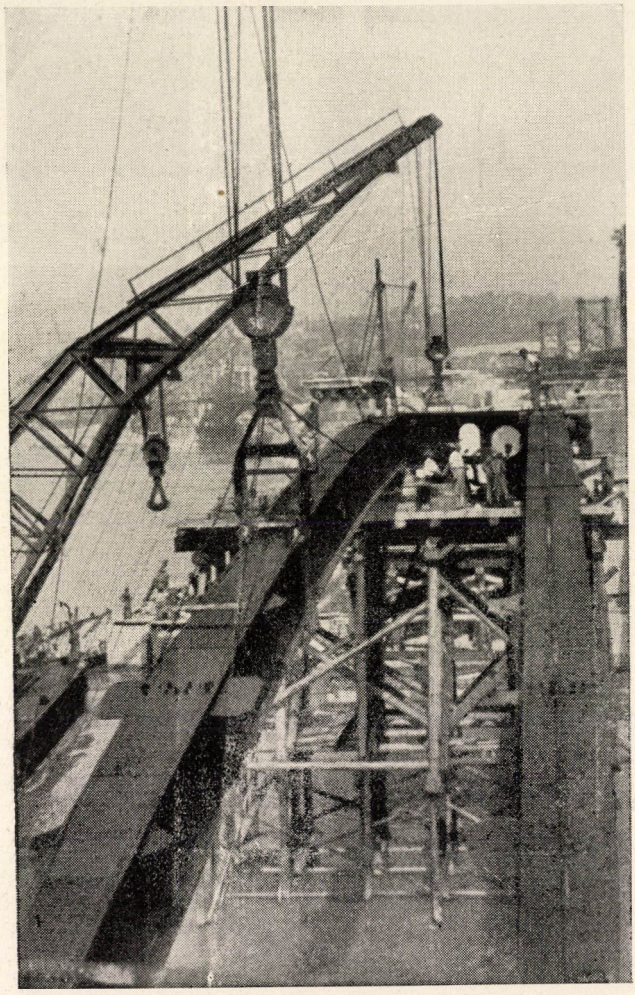
10. ábra. A bajai vasúti híd konzolos szerelése.



11. ábra. A bajai vasúti híd konzolos szerelése.



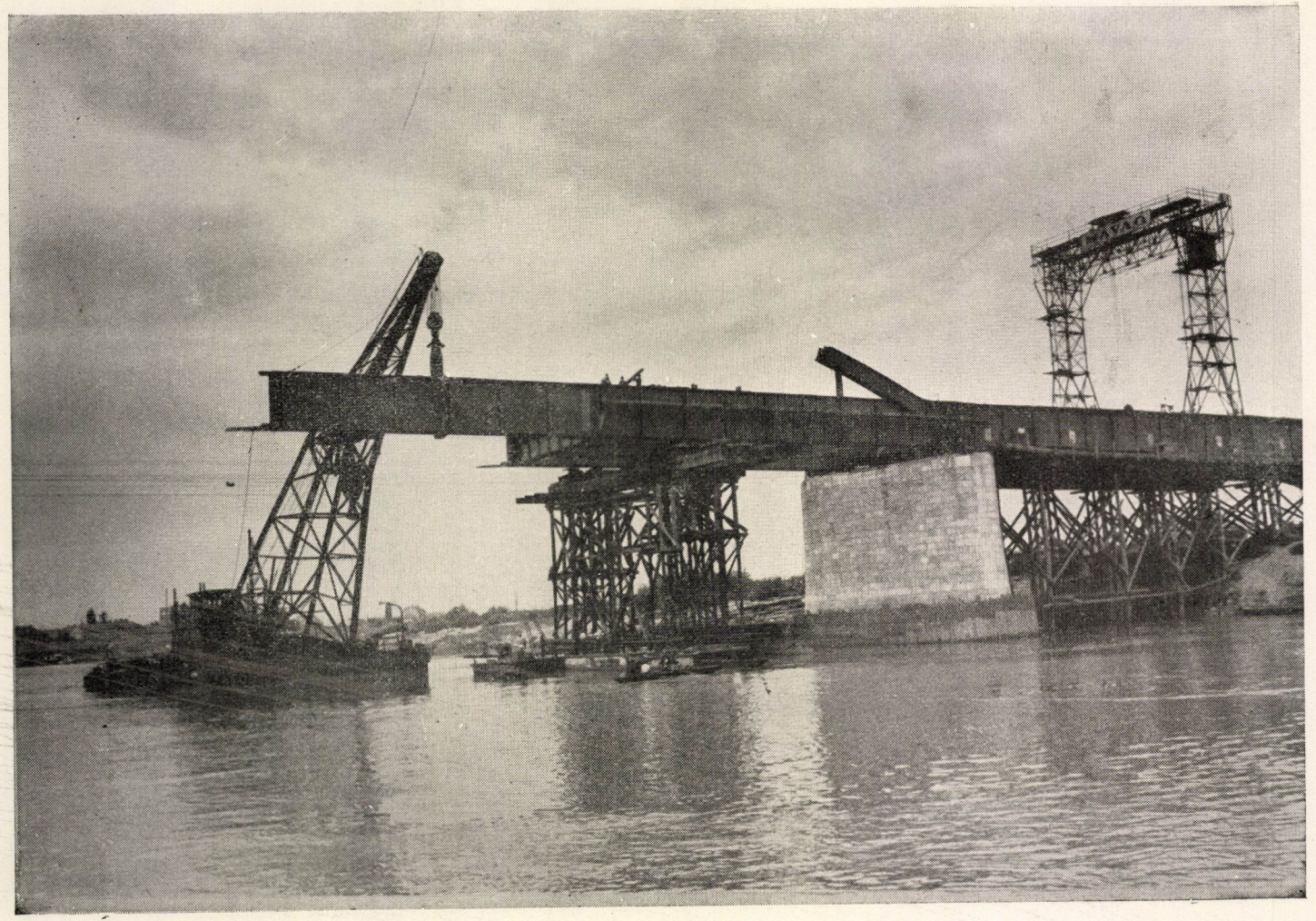
12. ábra. A Szabadság-híd középső részének beúsztatása.



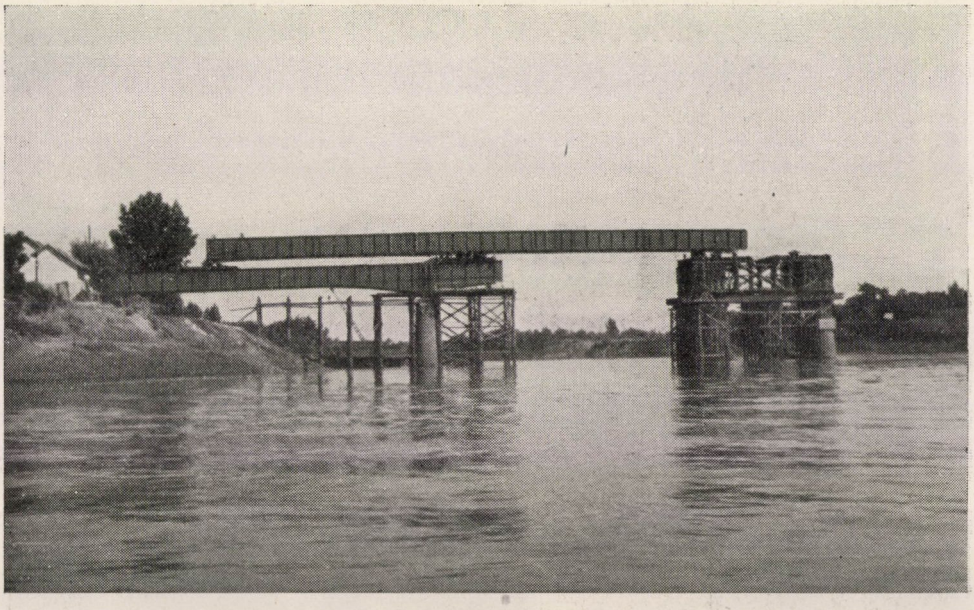
13. ábra. A Margit-híd ívtartóinak szerelése úszódarukkal.



14. ábra. A Lánchíd szerelésének képe a segédpillérekre helyezett merevítő tartóra emelt állványon.



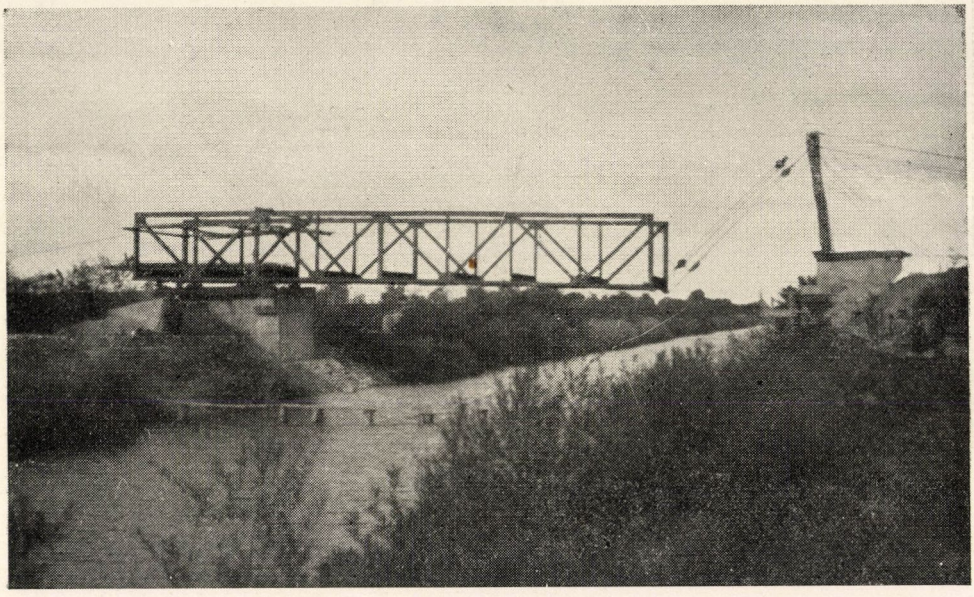
15. ábra. A szegedi közúti híd szerelése úszódaruval beemelt merevítő tartóra helyezett állványzattal.



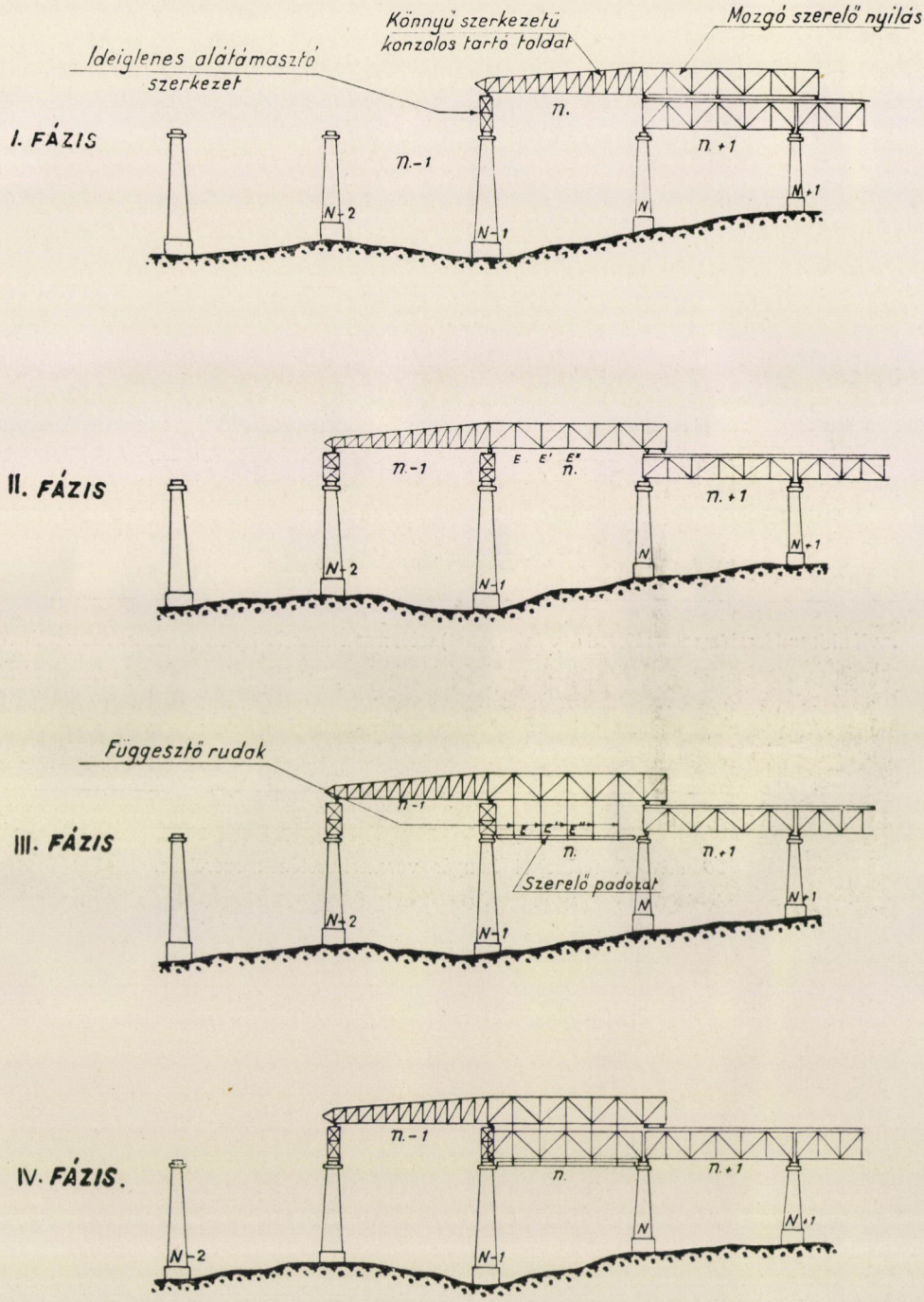
16. ábra. A vásárosnaményi Tisza-híd szerelése (tengelyirányú betolás leeresztéssel kombinálva.



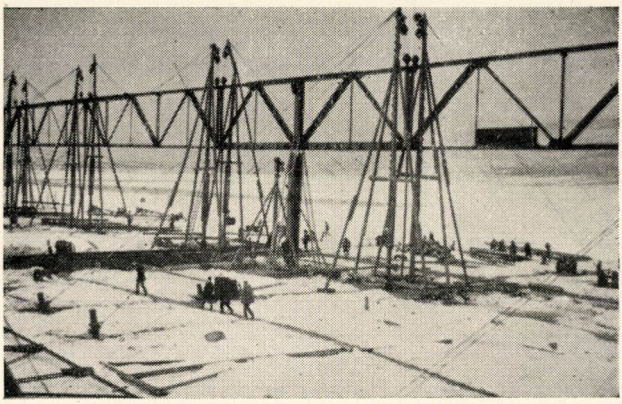
17. ábra. A csengeri Szamos-híd szerelése*(tengelyirányú betolás állvány és eresztés nélkül).



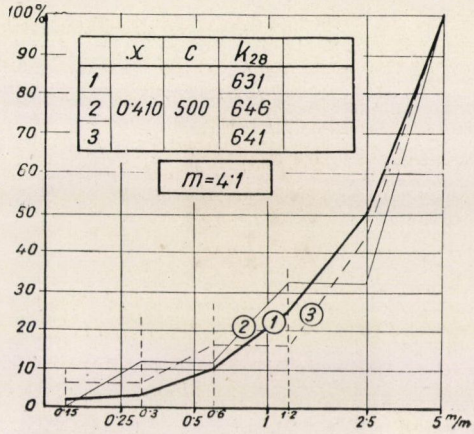
18. ábra. A tiszakóródi Túr-híd szerelése.



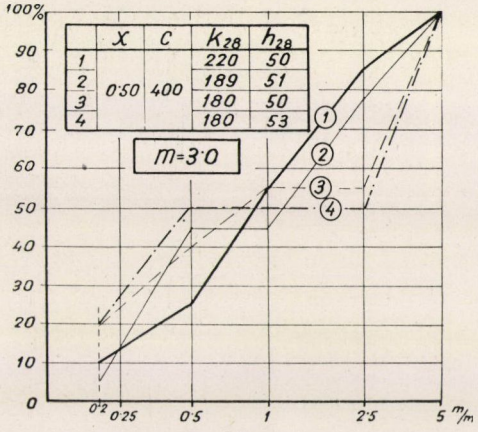
19. ábra. Tartótoldat (szerelő csőr) segítségével végrehajtott tengelyirányú betolás sémája.



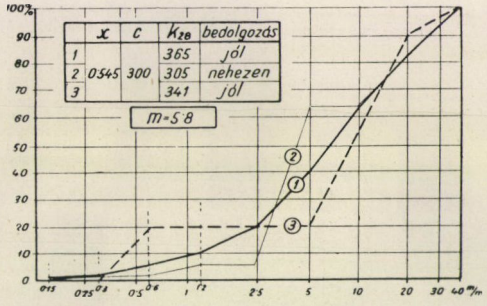
20. ábra. A ferihegyi hangár vasszerkezetének szerelése.



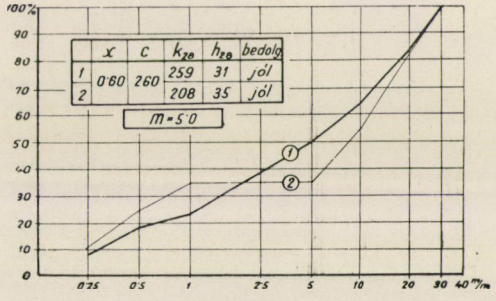
1. ábra.



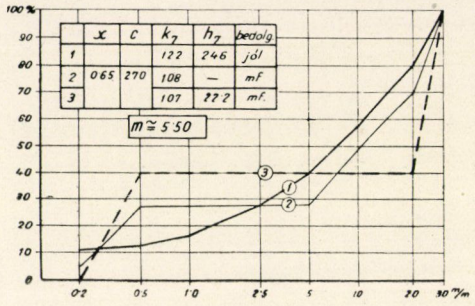
2. ábra.



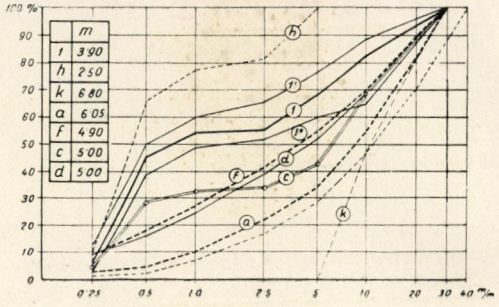
3. ábra.



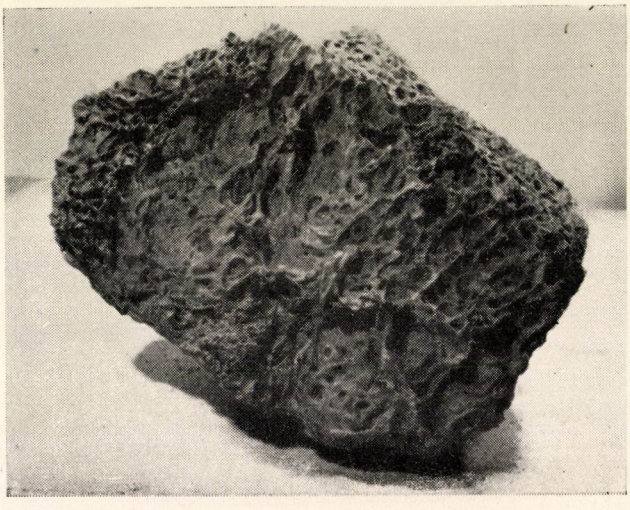
4. ábra.



5. ábra.



6. ábra.



7. ábra.

Biegungs- und Druckfestigkeitsproben.
Essais de résistance à la flexion et à l'écrasement.
Prove di resistenza alla flessione ed alla compressione.

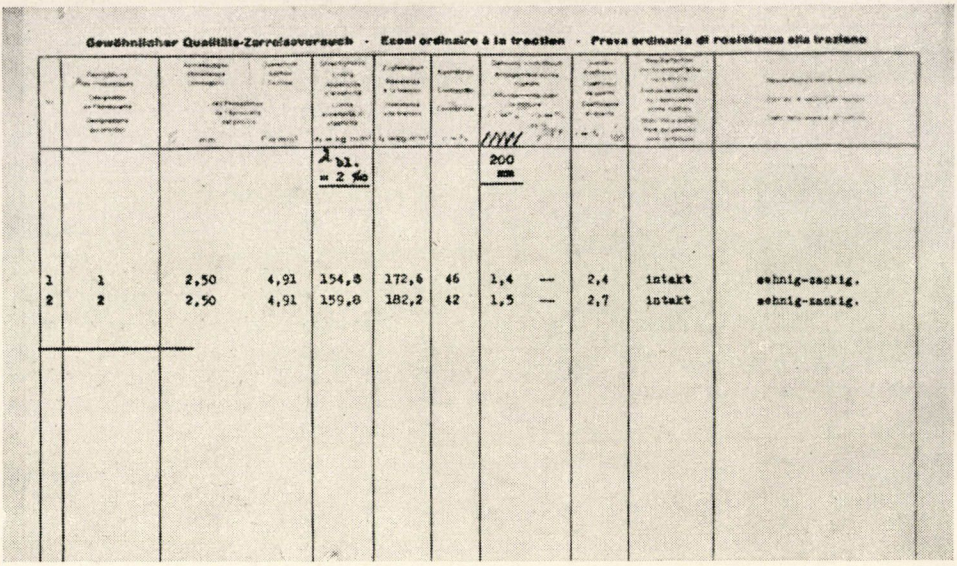
10,0

											Mittel: kg/cm2
3305		ca.									
1	---	4,17	16	4,16	12,03	0,313	65,0	17,25 17,18	8,76 8,74	508 509	509
2	---	4,18	16	4,17	12,13	0,267*	54,2	17,4	9,86	567	567
3	---	4,22	16	4,17	12,24	0,316	64,6	17,4 17,5	9,06 9,38	521 536	529

- Anermung: -

* = Bruch in der Nähe des Auflagers, an bereits rissiger Stelle.

1. ábra. (Az aláhúzott számok a beton húzó-, illetve prizmaszilárdságai.)



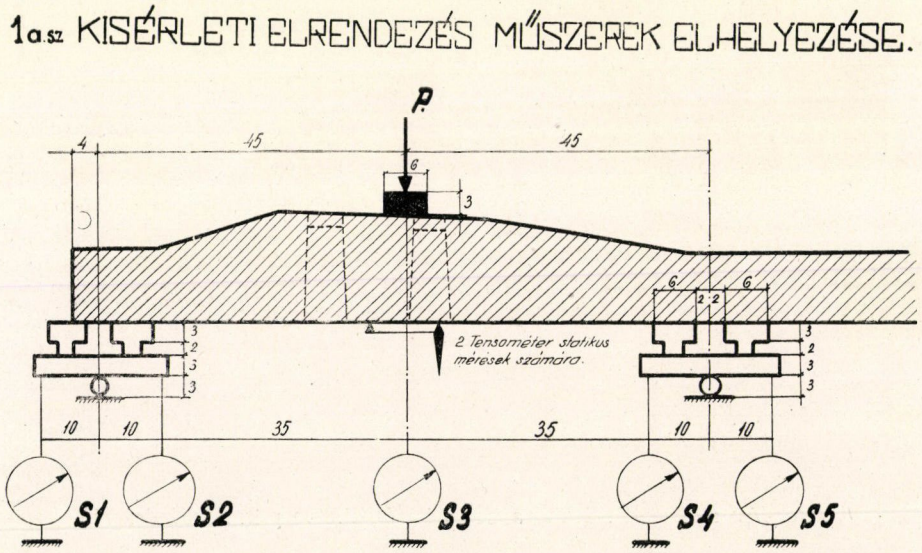
Gewöhnlicher Qualitäts-Zerreissversuch · Essai ordinaire à la traction · Prova ordinaria di resistenza alla trazione

				$\lambda_{bl.}$ = 2 ‰			200 mm				
1	1	2,50	4,91	154,8	172,6	46	1,4	—	2,4	intakt	sehnig-zackig.
2	2	2,50	4,91	159,8	182,2	42	1,5	—	2,7	intakt	sehnig-zackig.

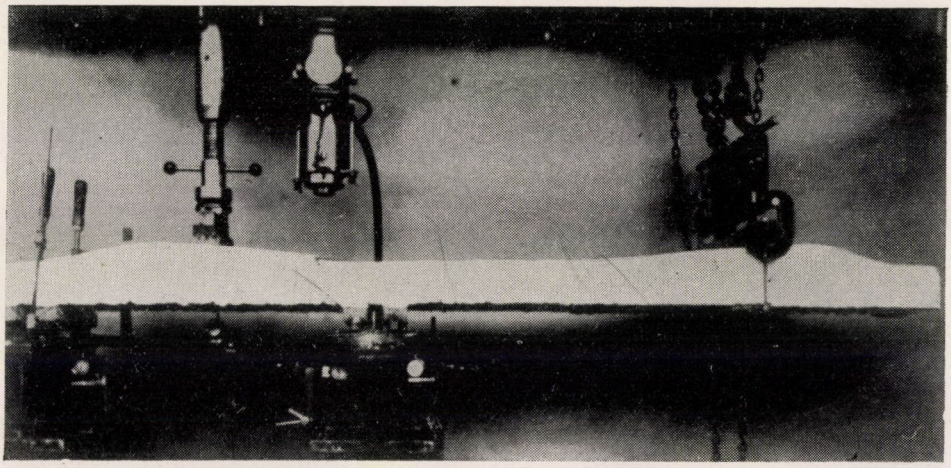
1. 2. 3.

2. ábra. A ⌀ 2,5 mm-es acélbetétek szilárdsági adatai :

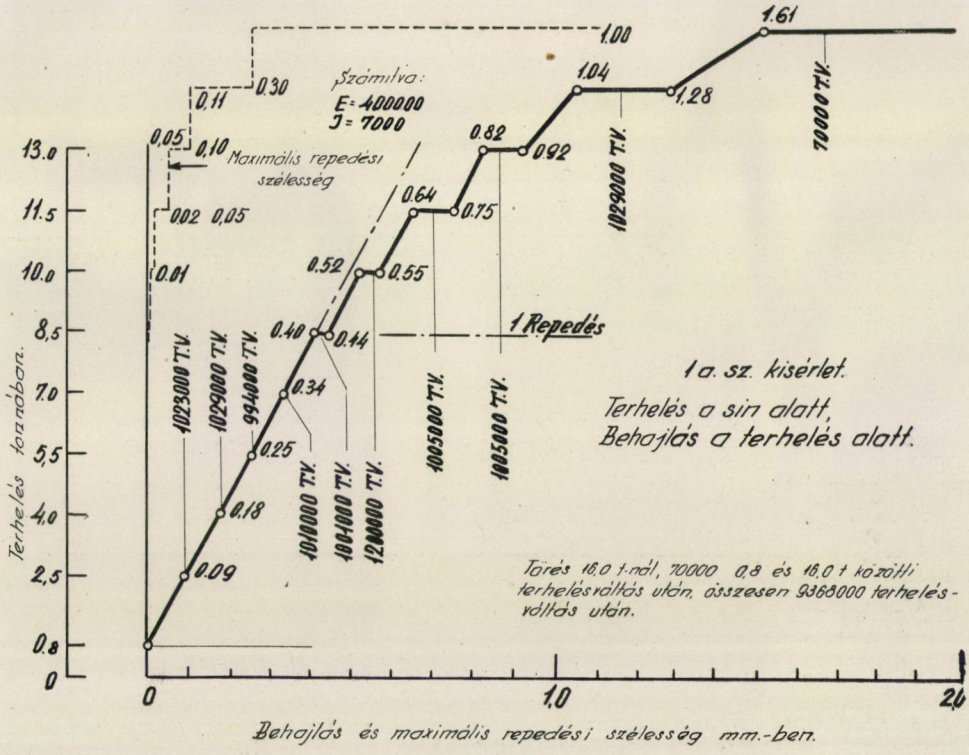
1. Folyási határ ($2^0/_{00}$ mar. nyúlásnál)
2. Szakító szilárdság (kg/mm²)
3. Nyúlás. (200 mm hosszra vonatkoztatva)



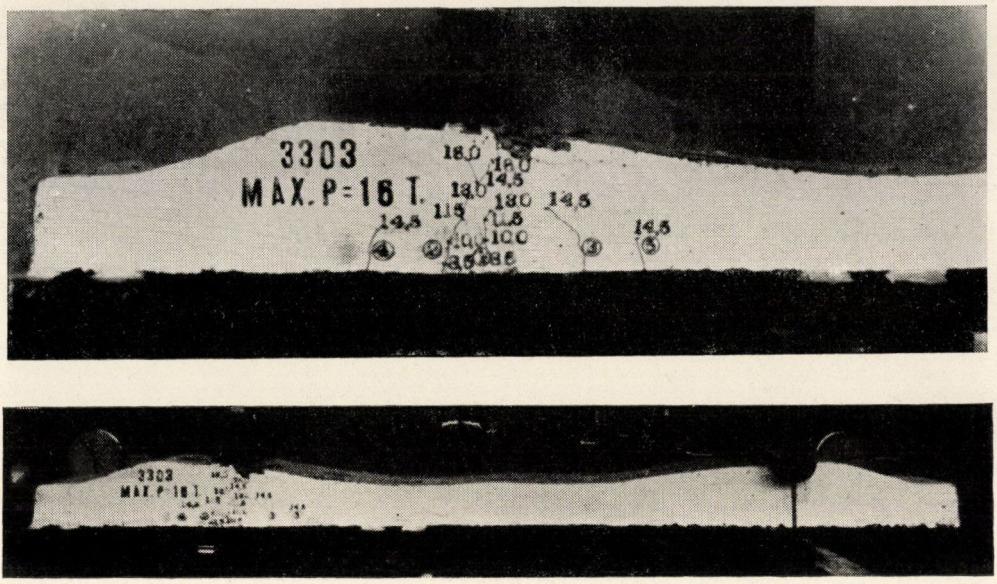
3. ábra.



4. ábra.


Számítva:
E = 400000
J = 7000
Maximális repedési szélesség
1 Repedés
1 a. sz. kisérlet.
Terhelés a sin alatt,
Behajlás a terhelés alatt.
Törés 16,0 t-nál, 70000 0,8 és 16,0 t közötti terhelésváltás után, összesen 9368000 terhelésváltás után.
1023000 T.V.
1029000 T.V.
994000 T.V.
1010000 T.V.
1004000 T.V.
1200000 T.V.
1005000 T.V.
1005000 T.V.
1029000 T.V.
70000 T.V.
Terhelés tonnában.
Behajlás és maximális repedési szélesség mm.-ben.

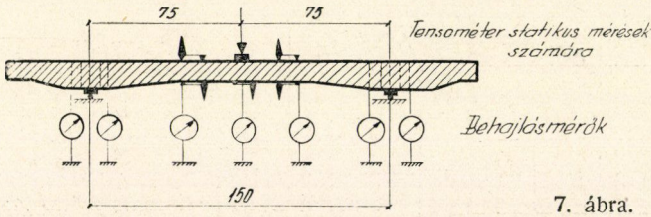
5. ábra.



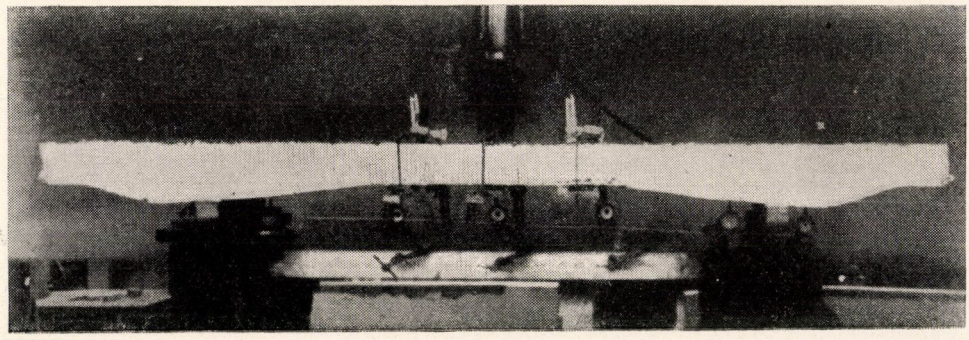
6. ábra.

1b. KISÉRLETI ELRENDEZÉS.

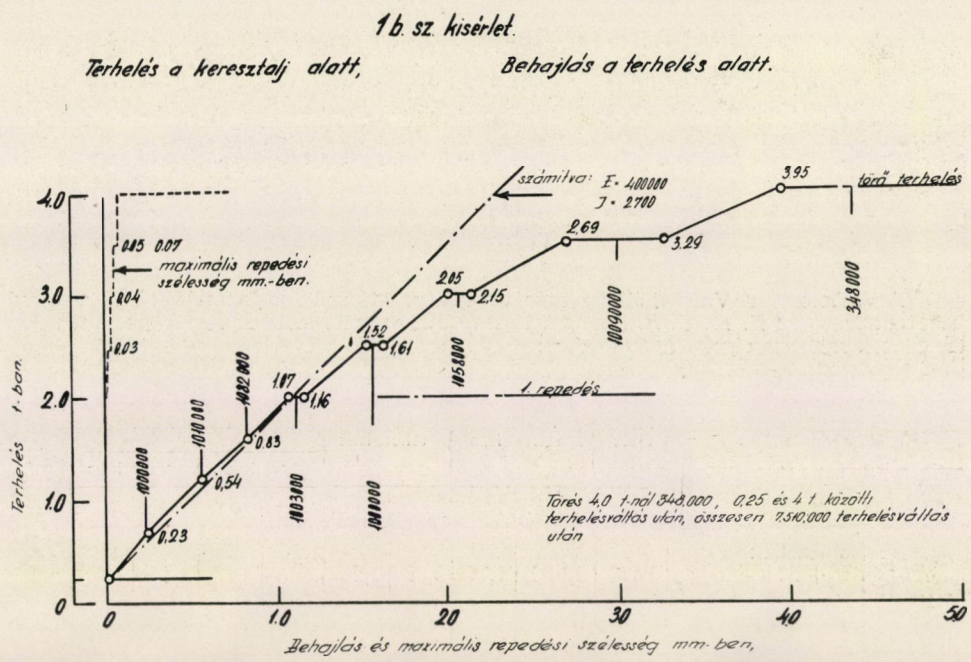
A keresztmetszet ellenőrzése az alj közepén.



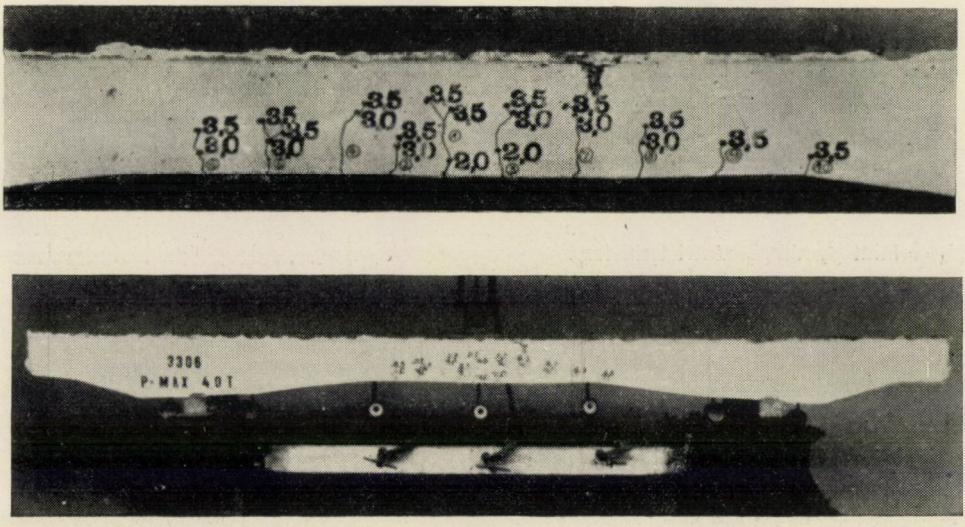
7. ábra.



8. ábra.



9. ábra.



10. ábra.

A Vasbetonipari Vállalat által gyártott normál »B« típusú és előrefeszített EB. 2. típusú vasbetonaljakon az E. M. P. A. intézet (Zürich) által végzett statikus és fárasztási terhelési vizsgálatok eredményeinek összefoglalása :

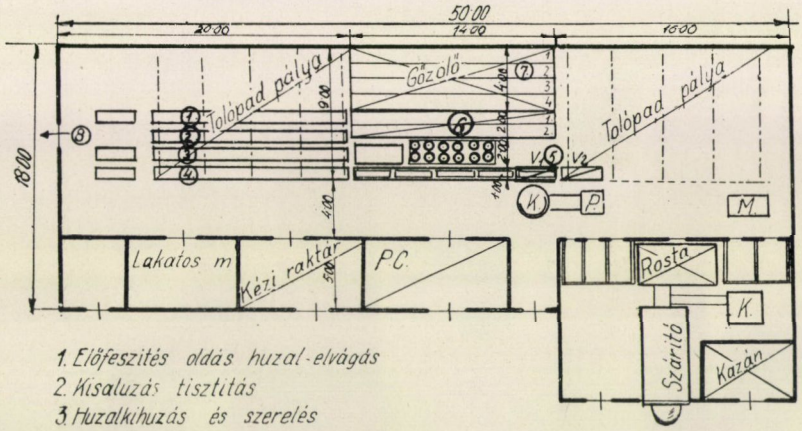
		Méretezés	Statikus teherbírás		Dinamikus teherbírás		Az előrefeszített alj teherbírása			
							Statikus		Dinamikus	
		Mt	1 rep.	Törés.	1 rep.	Törés.	1 rep.	Törés	1 rep.	Törés.
„B" alj	Sín alatt : + M	0,678	0,550	1,76	0,39	1,50	1	1	1	1
	Középkereszt-metszet — M	0,419	0,695	1,70	0,42	1,13	1	1	1	1
Előre-fesz. alj.	Sín alatt : + M	1,462	2,050	3,73	1,75	3,26	3,73	2,12	4,50	2,17
	Középkereszt-metszet : — M	0,520	0,810	1,59	0,75	1,50	1,16	0,94	1,80	1,33

$J_1 = \frac{2(+M)+(-M)}{3}$ = átlagos teherbírás	2,87	1,73	3,60	1,89	J_1
$J_2 = \frac{Jr + Jt}{2}$ = becsült teherbírás a tűrt deformációk határán.	2,30		2,80		J_2
J_3 = Azonos statikus teherbírású normális és előfeszített vb. tartók dinamikus teherbírásának viszonyát mutatja (1. rep-törés).	1	1	1,25	1,10	J_3
J_4 = Mint J_3, de J_2 alatti terhelésre.	1		1,20		J_4'

11. ábra.

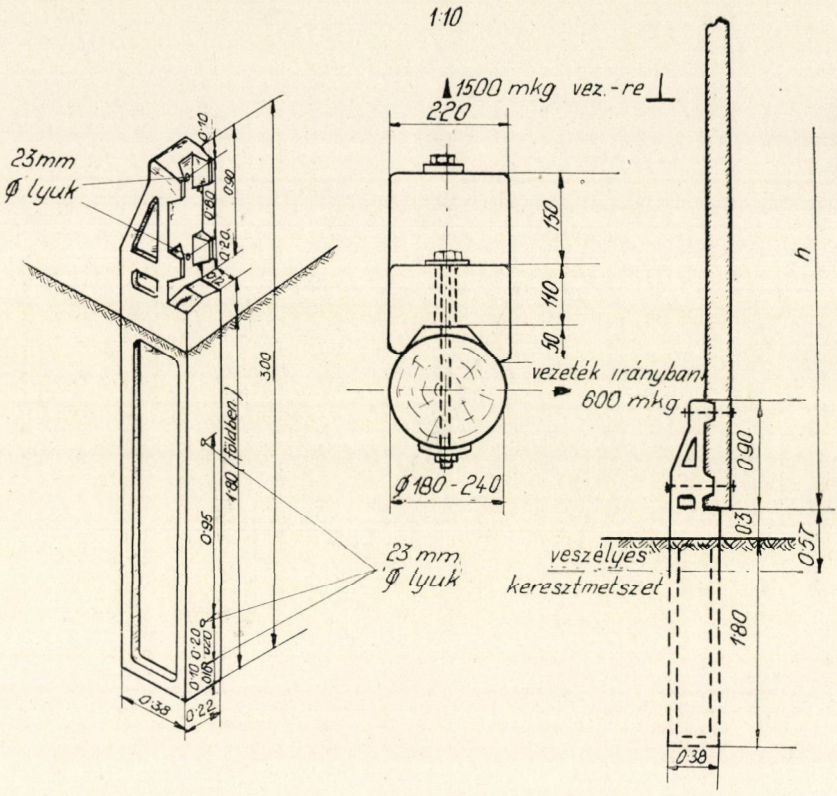
A VASBETONIPARI VÁLLALAT ELŐFESZITETT ALJGYÁRTÓ ÜZEMÉNEK TECHNOLÓGIAI TERVE

(ELVI VÁZLAT)

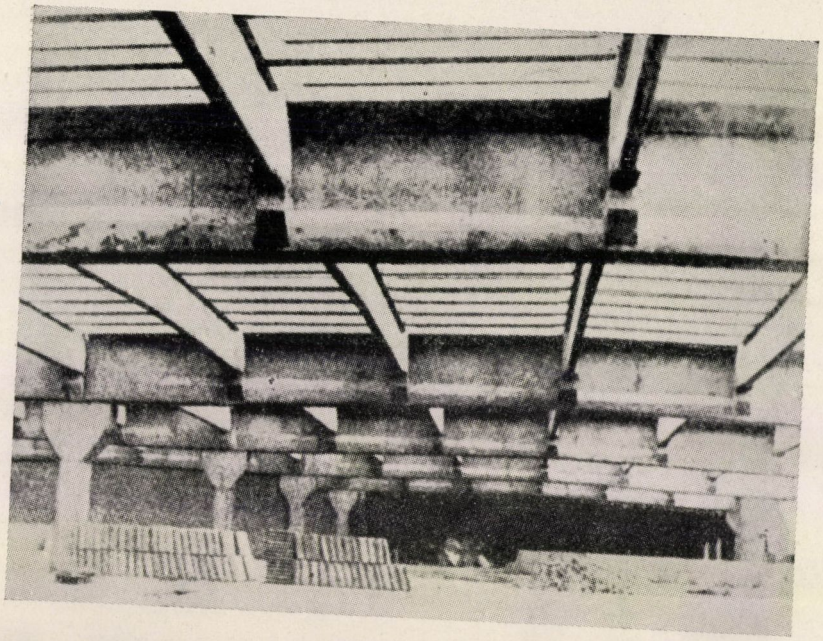


1. Előfeszítés oldás huzal-elvágás
2. Kisaluzás tisztítás
3. Huzalkihuzás és szerelés
4. Huzalfeszítés
5. Betonozás
6. Pihentetés
7. Gőzölés
8. Készáru kiszállítás

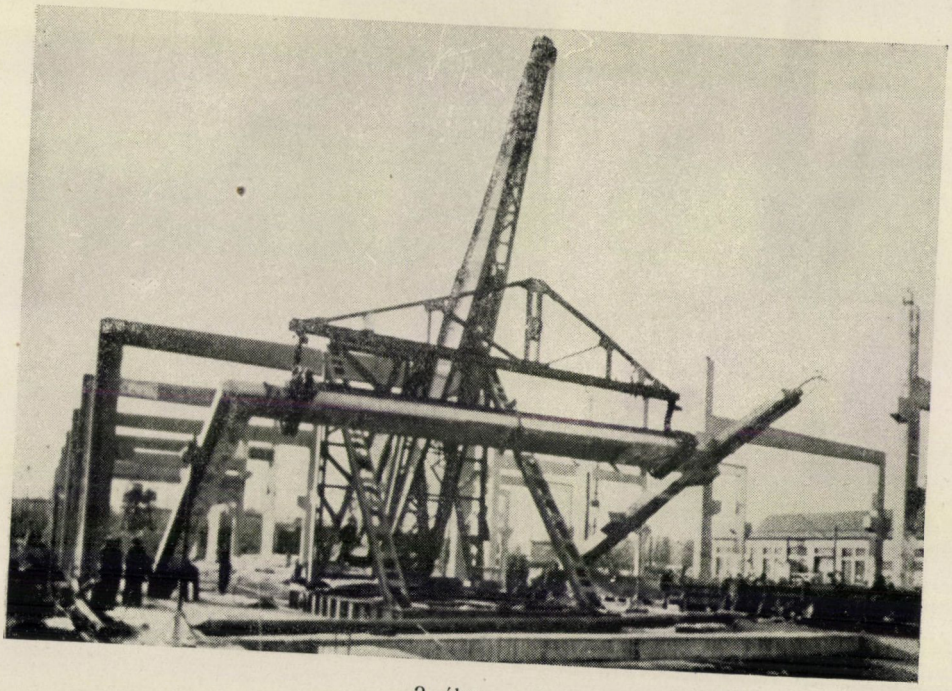
12. ábra.


1:10
1500 mkg vez.-re
220
150
110
50
vezeték irányban
600 mkg
Ø180-240
23mm
Ø lyuk
0·10
0·90
0·80
0·20
0·12
300
1·80 (földben)
0·95
0·10 0·20
0·18 0·20
0·38
0·22
23 mm
Ø lyuk
h
0·90
0·3
0·57
veszélyes
keresztmetszet
1·80
0·38

13. ábra.



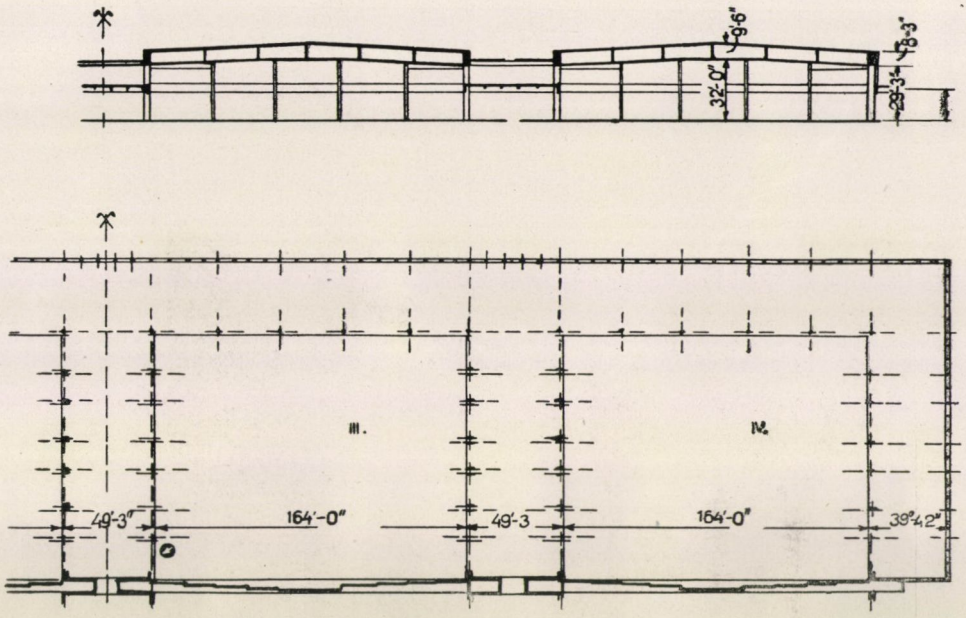
1. ábra.



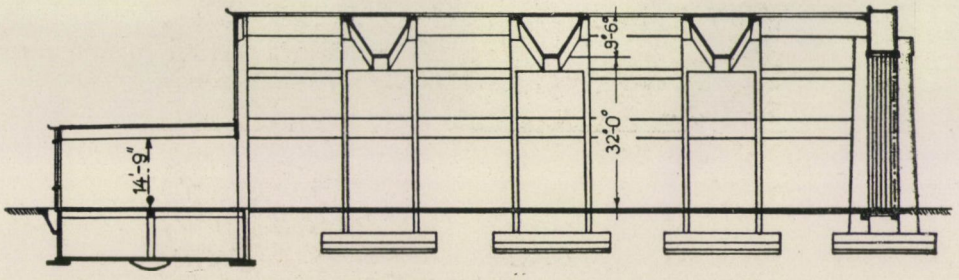
2. ábra.



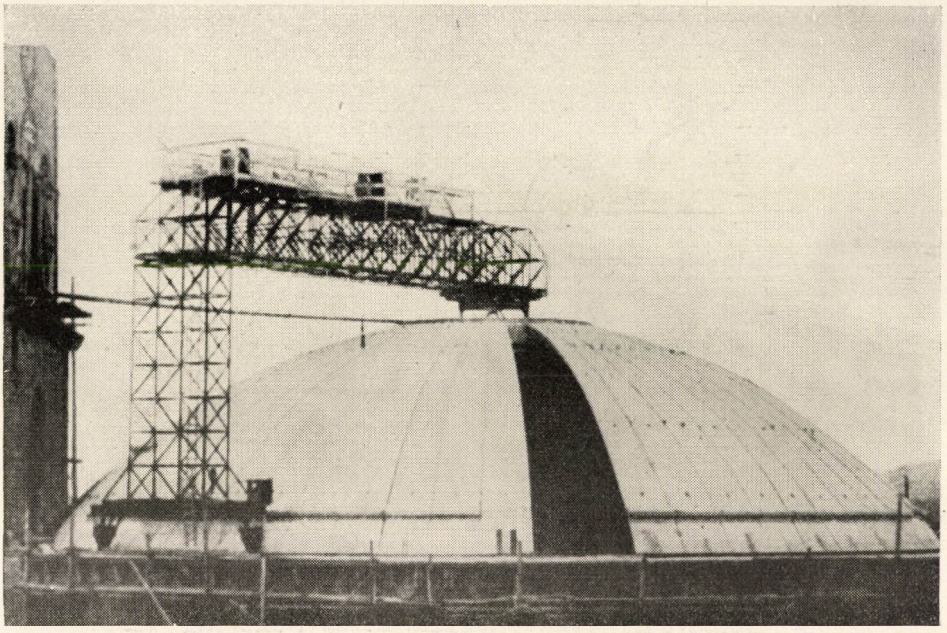
3. ábra.



4. ábra.



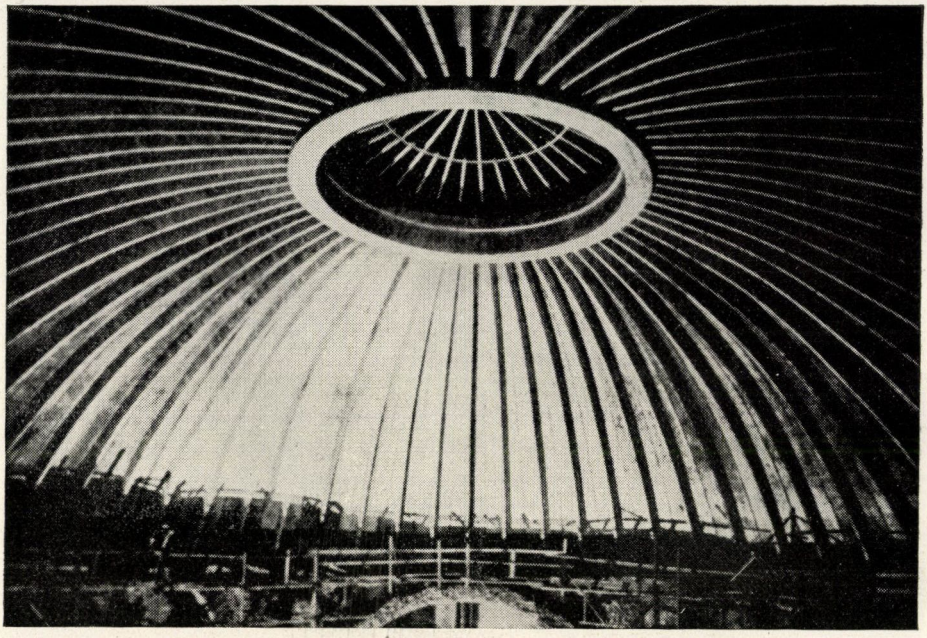
5. ábra.



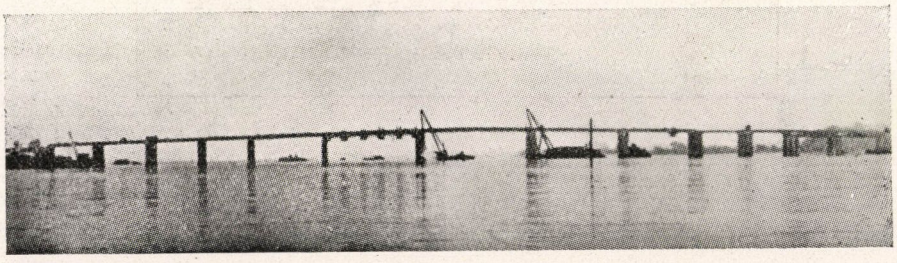
6. ábra.



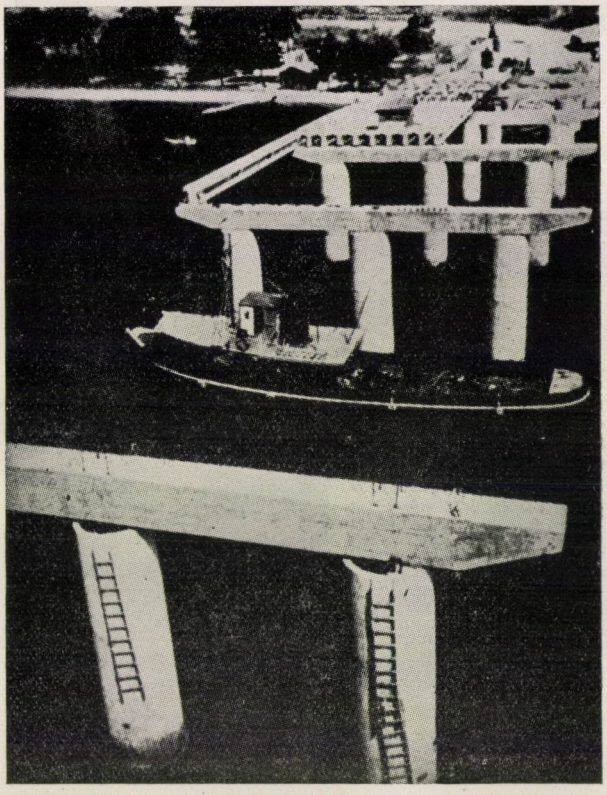
7. ábra.



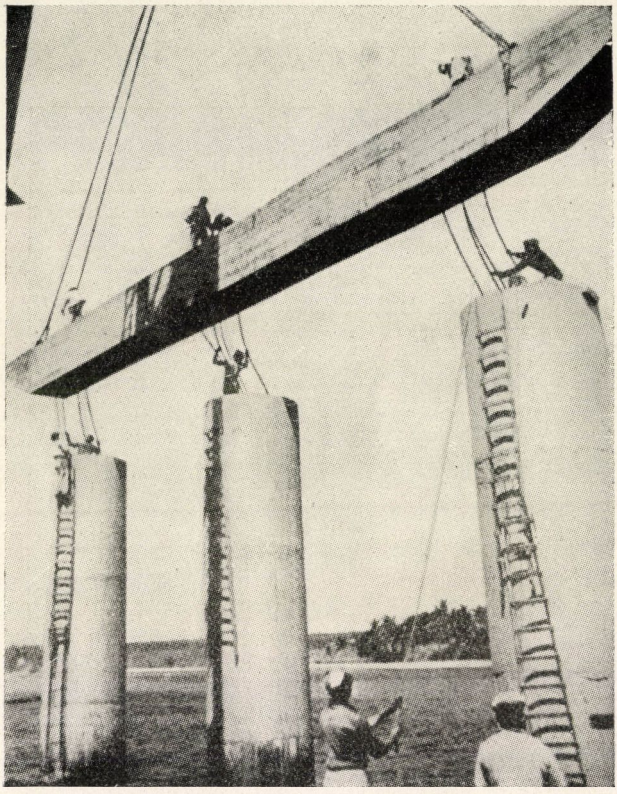
8. ábra.



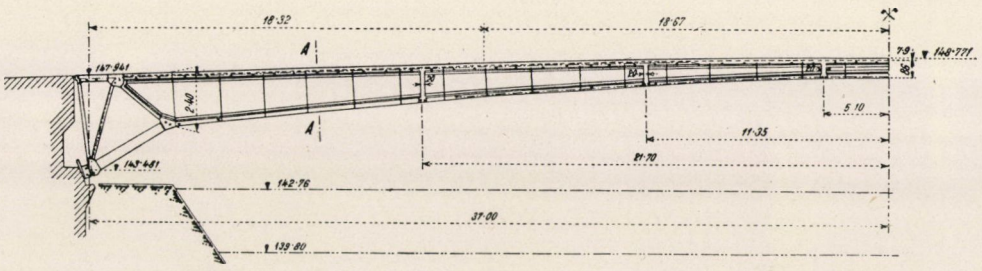
9. ábra.



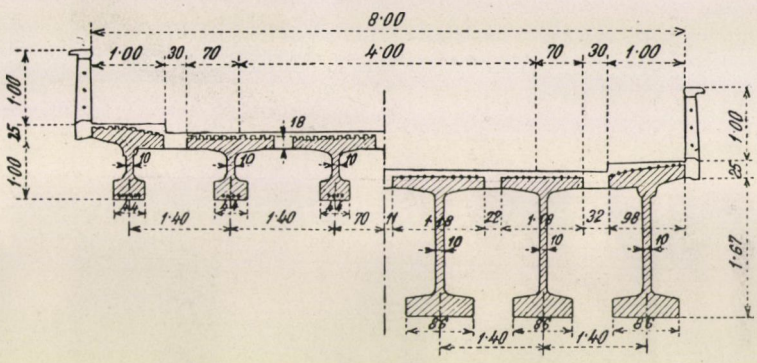
10. ábra.



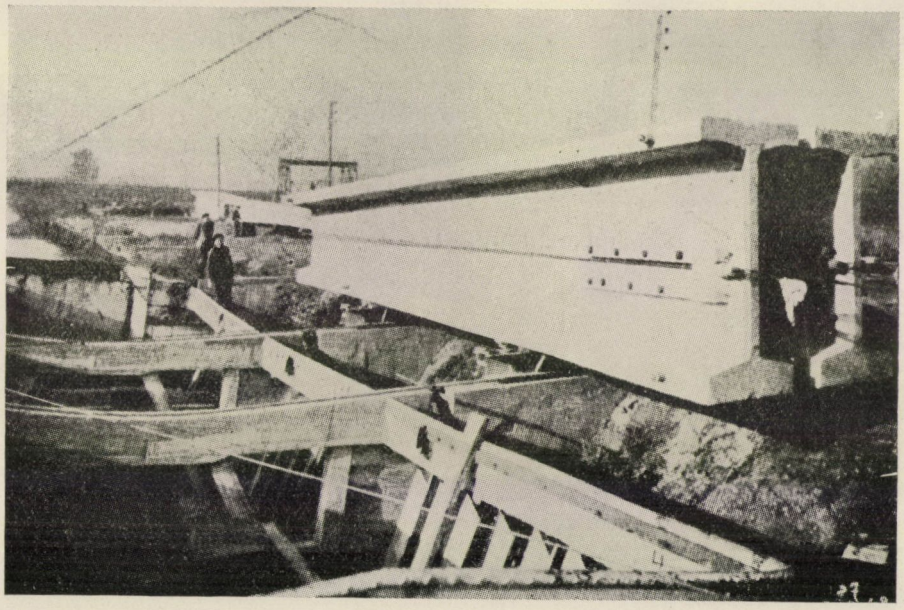
11. ábra.



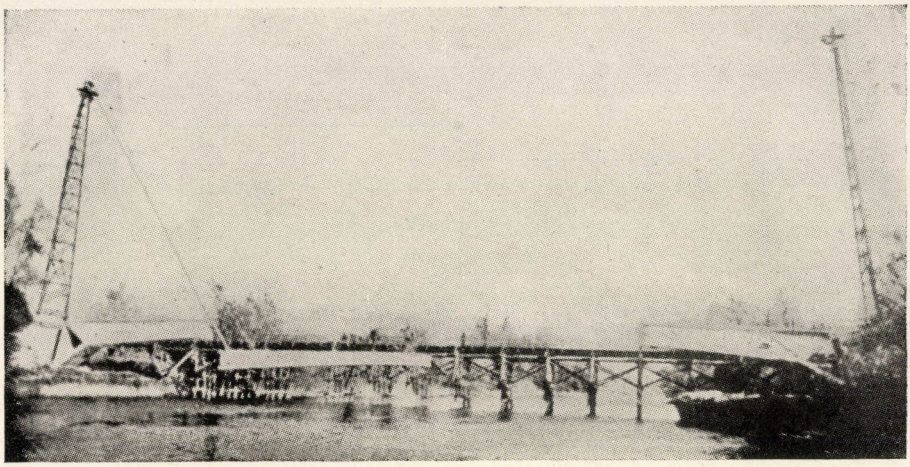
12. ábra.



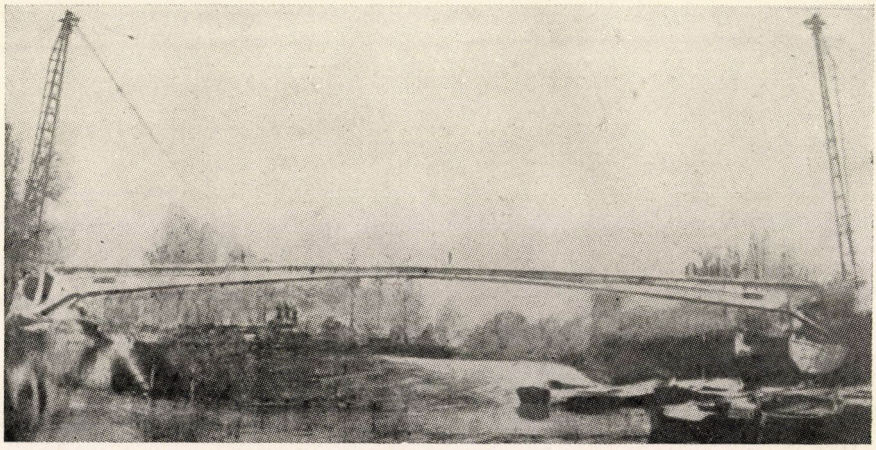
13. ábra.



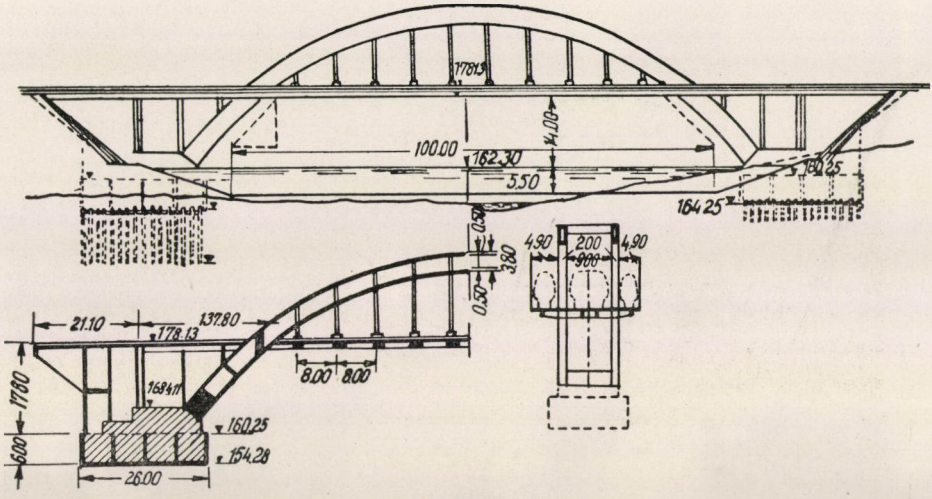
14. ábra.



15. ábra.



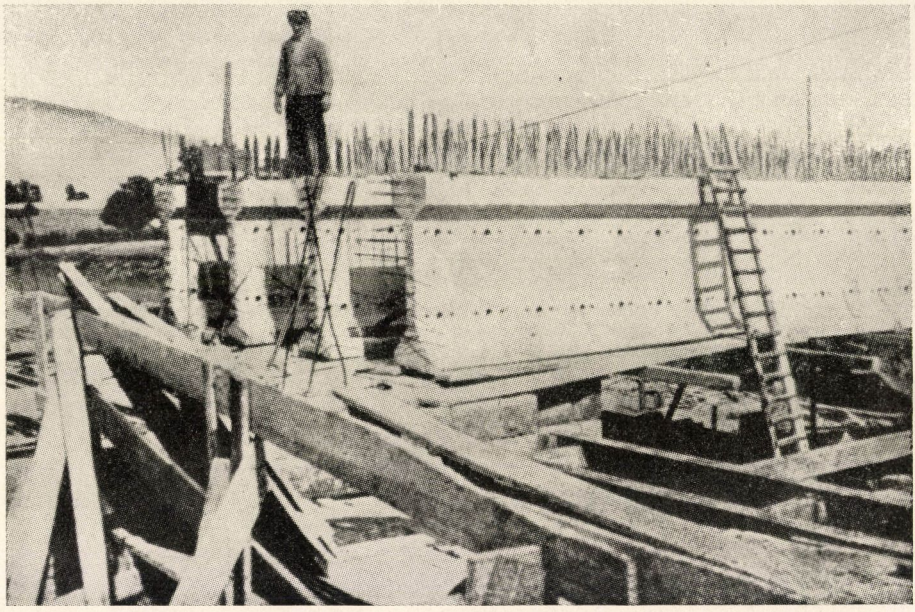
16. ábra.



17. ábra.



18. ábra.



19. ábra.

Ára: 100·— Ft

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

I. KÖTET 1. ÉS 2. FÜZET



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1952

Az 1950. évi Akadémiai Nagygyűlés anyagát tartalmazó első számú füzet
rendkívüli ívterjedelmére való tekintettel,
a Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei I. kötete
a második számú füzettel lezárult

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 14410/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

I. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1951

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

1. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1951

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI:
HEVESI GYULA

I. ÉVF. 2. SZ.

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, VI., SZTÁLIN-ÚT 31.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-utca 2.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi és kiadóhivatali levelezés.

Minden szerzőt 100 különlenyomat illet megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, VI., Sztálin-út 31. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 936.550), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 929.040) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica Hungarica című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé képviselni. A cikkek orosz, német, angol vagy francia nyelven jelennek meg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig további két nyelven. Cikkeket magyar vagy a megfelelő idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica Hungarica Szerkesztősége, Budapest, V., Géza-utca 2.

Akadémiai Kiadó (Budapest, VI., Sztálin-út 31) Felelős: Mestyán János

Budapest nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 9156 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

RÁCSMARADVÁNYOK FÉMOLVADÉKBAN ÉS HATÁSUK A SZÖVETRE*)

VERŐ JÓZSEF r. tag

Fémeknek durva szövettel való kristályosodása sokféle bajnak és nehézségnek lehet a forrása, akár öntött állapotban használjuk fel a fémanyagot, akár további feldolgozásra szántuk. Ezért az öntéstechnika fejlődésének és az öntvényanyagok minőségi javításának egyik fontos iránya a szövetfinomítás.

Ennek a célnak nyílván a kristályosodás folyamatának ismeretében a megfelelő tényezők tudatos irányításával tudunk a közelébe férkőzni. A fémek és fémötvözetek kristályosodásának alaptörvényeit *G. Tammann*[1] fogalmazta meg kb. 50 évvel ezelőtt. Minthogy azonban a fémek kristályosodásának közvetlen megfigyelése igen nehéz, abban az időben egyenesen lehetetlen volt, voltaképen sóolvadékok és szerves anyagok megfigyelhető kristályosodásához hasonlónak tételezte fel. Feltevésének igazolásául főleg az az analógia szolgált, amely a fémek és egyéb anyagok kristályosodásának eredményében, a szövetben mutatkozik, ha a kristályosítást változó körülmények között, pl. különböző sebességgel való lehűtéssel folytatjuk le.

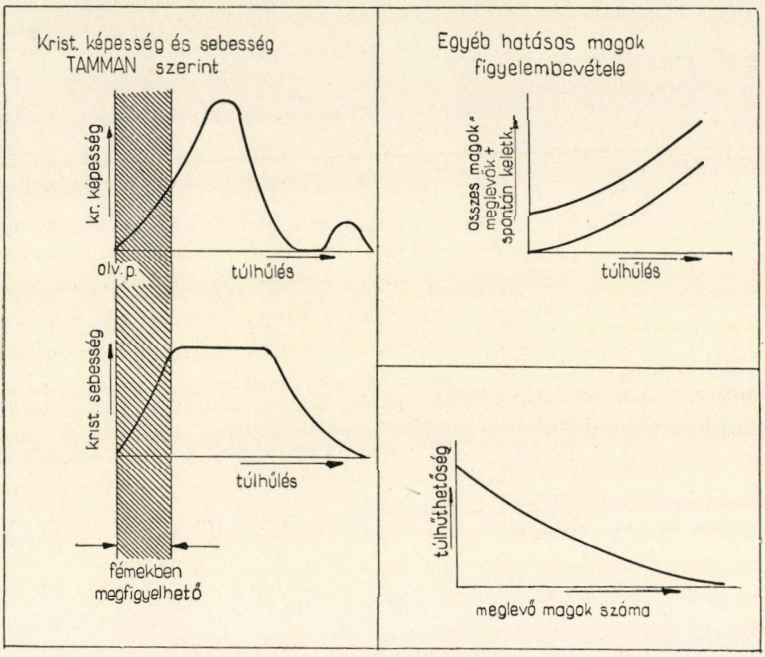
Tammann szerint tehát egy fémolvadék lehülése közben is, megfelelő hőfokon spontán megkezdődik a kristályosodás középpontjainak, a magoknak keletkezése. Az időegységben térfogategységenkint keletkező magok számával jellemezhető spontán kristályosodó képesség az olvadásponttól kezdve, a túlhüléssel fokozódik, maximumot, ér el azután csökken. (1. ábra baloldal.) Az ilyenmódon spontán keletkezett magok a kristályosodás sebességével nőni kezdenek. Ez a növekedés akkor ér véget, amikor a kristály a hasonlóképen fejlődő szomszédos kristályokkal érintkezésbe jut.

Tammann törvényeinek helyességét fémekre nézve utóbb bizonyos határok közt kísérletileg is igazolták[2]. E törvények értelmében az öntött anyagok szövetének finomítására csak egy lehetőség volt : a lehülés gyorsítása. Lassú lehüléskor u. i. a magképződés megfigyelhetően késik; amikor egy lassan hűlő fémolvadékban az első magok megjelennek a kristályosodás sebessége már nagy. A kevés magból tehát nagy kristályok fejlődnek, a szövet durva lesz. Gyors lehüléskor viszont már akkor is sok mag van az olvadékban, amikor növekedésük lassú ; eredményképen ilyenkor finom szövet keletkezik. Ennyit minden öntéstechnikus tapasztalatból is tud, ha Tammannról soha nem is hallott.

Éppen a Tammann féle törvények igazolása végett végzett kísérletek és a kristályosodás folyamatának pontosabb megfigyelése számos fémre és ötvözetre nézve a törvények kiegészítését tette szükségessé. Voltak megfigyelések,

1*) 1949. május 23-án tartott székfoglaló.

amelyek arra mutattak, hogy a Tammann-féle spontán keletkezett magokon kívül egyéb kristályosodási középpontoknak is közre kellett működniük a szövet kialakulásában. Ennek a területnek legbuzgóbb művelője *R. Mitsche*. Másfél évtizede folytatott kisérletei alapján a következő kép alakult ki.[3] Semmiféle változás, átalakulás sem tökéletes, a fémek olvadáa sem az. Fémolvadékokban tehát lehetnek az előző állapotnak maradványai, kristály-rácstörmelékek. Az ilyen rácsmaradvány anyaga lehet vagy maga a fém (tehát megolvasztott alumíniumban alumíniumkristálydarabkák, rézben pedig rézkristálymaradványok



1. ábra. A kristályosodás alaptörvényei vázlatosan

lebegnek); ezeket saját fajtájú magoknak nevezi. Kristályos alakban marad a fémolvadékban a fémnek minden olyan szennyezése is, amely az olvasztás hőfokán még nem olvad meg. (ilyen pl. az alumínium Al_2O_3 szennyezése). Ezeket idegen fajtájú magoknak nevezi. Magától értetődik, hogy ha egy fémolvadékban vannak saját fajtájú magok, akkor az olvasztást követő lehüléskor ugyanúgy hatnak, mintha spontán keletkezett magok volnának : kristályfejlődésnek a megindítói. A nehezen olvadó idegen fajtájú rácsmaradványok szerepének megitélése nem ilyen könnyű.

Ha tehát egy fémolvadékban a kristályosodás megindulásakor saját fajtájú magok vannak, ezek megszaporítják a spontán keletkezett magok számát, (1. ábra jobboldal) a szövet nyilván finomodik. Az eleve meglevő, nem spontán keletkezett magoknak azonban más szerepük is van : megakadályozzák a túl-

hülést. A két hatás eredményeképen a sajátfajtájú magok jelenléte vagy hiánya egészen ellentétes eredménnyel járhat. Ha sok ilyen mag volt jelen, akkor a szövet mindenképpen finom. Ha csak kevés sajátfajtájú mag volt az olvadékban, akkor túlhülés nélkül durva szövet keletkezik. Ha végül sajátfajtájú mag egyáltalán nincs az olvadékban, akkor a lehülés gyorsasága szerint kisebb-nagyobb túlhüléssel általában finom szövetet kapunk. Ezeket a következtetéseket Mitsche-nek és munkatársainak közleményeire való utalással, részletezés nélkül sorolom fel, csupán annak szemléltetésére, hogy a saját fajtájú magok egészen ellentétes hatást válthatnak ki.

A témával kapcsolatos régebbi kísérletek

Tudva azt, hogy a rácsmaradványok segítségével öntött fémanyagok szövete finommá tehető, először két kérdés merül fel : miképen lehet a fémolvadékban rácsmaradványok jelenlétét kimutatni és hogyan viselkednek a rácsmaradványok egy fémolvadékban a hőfok és az idő függvényeképp ; a cél az volna, hogy megtaláljuk az olvasztásnak azt a módját, amellyel rácsmaradványokban nagyon gazdag olvadékhoz juthatnánk.

Eddig még nem sikerült közvetlenül kimutatni a rácsmaradványok jelenlétét fémolvadékokban, Mitsche legalább sikertelenül kísérletezett a jelenleg szóba jövő eszközökkel. [3] Ezirányú kísérleteivel felhagyva, közvetett úton próbálkozott : egyrészt a túlhülés mérésével, főleg azonban szövet változásainak megfigyelésével. Ezekkel a módszerekkel érte el lényeges eredményeit, amelyek úgyszólván kizáróan arra irányulnak, hogy a túlhevítés nagyságának a magok számára való hatását megismerje. Alumíniummal végzett kísérletei szerint 1200-1400°-ig való túlhevítés után sokkal finomabb szövet keletkezik, mint a csupán 800, vagy 1000°-ig hevített alumíniumnak ugyanolyan módon való öntésekor. Ebből arra következtet, hogy 1200—1400°-on bekövetkezik a sajátfajtájú magok teljes feloldódása, és ezzel lehetségessé válik a túlhülés. Ezeknek kísérleteknek gyakorlati jelentősége egyáltalán nincsen ; alumíniumot egészen biztosan sohasem fognak 1200°-ig hevíteni, még akkor sem, ha az olvasztóberendezések tökéletesedésével az ilyen nagy hőfokon fenyegető veszedelmeket (erős oxidálódás és gázfelvétel) sikerül is kiküszöbölni, mert 700° helyett 1200°-on olvasztani mindig többletkiadást fog jelenteni.

Az erős túlhevítésnek a szövetre gyakorolt hatásából a rácsmaradványokra való következtetés is eléggé bizonytalan. Hiszen könnyen lehetséges, hogy erős hőfokemeléskor nem csupán a saját fajtájú magok oldódnak fel az olvadékban, hanem nehezen olvadó idegen fajtájú magok, az adott esetben az Al_2O_3 is, mert hiszen nagyon valószínű, hogy ez is oldódik az olvadt aluminiumban, mégpedig nagyobb hőfokon nagyobb mértékben. Ilyenformán lehetséges, hogy a Mitsche-megfigyelte jelenségek két különböző okra vezetendők vissza, sőt az is lehetséges, hogy a sajátfajtájú magok eltünésének nincs is része a változások létrehozásában.

Mitsche érdeme ezekszerint elsősorban csak az, hogy felhívta a figyelmet a nem spontán keletkezett magokra, és elméletben kidolgozta a figyelembe vehető körülményeket, lehetőségeket, de gyakorlatilag használható eredményhez alig jutott.

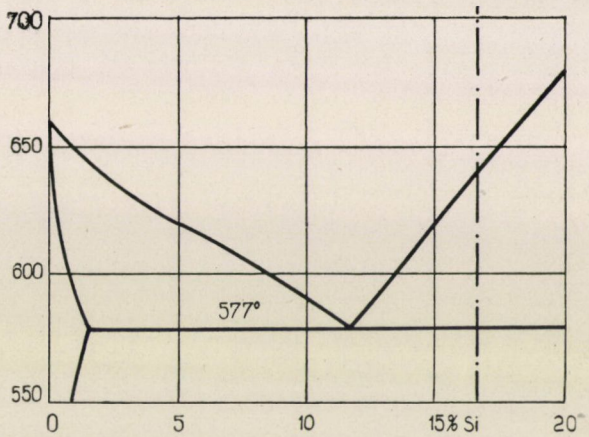
Mitsche-től függetlenül, érdekes kisérleteket végzett *E. Scheil.* [4] 10 cm. átmérőjű homokformák üregébe Si-tartalmú acélt, ill. aluminiumot öntött. Öntés előtt az öntvényével egyező anyagból való drótot, ill. szalagot fűzött át az üregen. Öntéskor az öntvény anyaga ezeket a drótokat feloldotta, anyaguk azonban csak nagyon rövid ideig volt oldott állapotban, és feltehetően csak tökéletlenül olvadt meg. Azok az öntvények, amelyek szalag vagy drót nélküli formában készültek, lényegesen durvább szövetűek voltak, mint amelyek teljesen hasonló módon, de dróttal vagy szalaggal preparált formában hültek le. Ezek a kísérletek azt bizonyítják, hogy közvetlenül a megolvadás után a fémek olvadékában nagyon sok rácsmaradványnak kell lennie, mert az aránylag kis tömegű, az öntvény súlyának csupán 0,5 %-ára rúgó szalagból annak az öntvénybe való beolvadása után igen nagy számú kristály fejlődött ki. De azt is bizonyítják ezek a kísérletek, hogy az alumíniumnak a szokott módon való olvasztása nagyon megapasztja az eredetileg megvolt rácsmaradványok számát.

Saját kísérleteim

Levonva az előzmények tanulságait, azt a célt tűztem magam elé, hogy elsősorban meggyőzőbb kísérletekkel bizonyítsam a rácsmaradványok létezését és azt, hogy rajtuk keresztül az öntvény szövete változhatik. Arról, hogy a fémolvadékban lebegő rácsmaradványokat közvetlenül kimutassam, vagy megszámláljam őket, szó természetesen nem lehetett. Elegendőnek itéltem, ha a szövetben valami olyan szabályos és reprodukálható változást figyelhetek meg, amelyet nem lehet másnak tulajdonítani, csak a fémolvadékban lebegő rácsmaradványok számában bekövetkezett változásnak. Mindazokat az egyéb tényezőket, amelyek egy öntvény szövetét megváltoztatják, ennélfogva teljesen hatástalanná kellett tennem, illetve az öntés körülményeit pontosan egyformára kellett szabnom. A rácsmaradványok számának változtatása viszont csak az olvadéknak az öntést megelőzően különféle módon való előzetes kezelésével lehetséges. Ebben a tekintetben a túlhevítésnek tágabb határok között való változtatása a már elmondott okokból nem látszott célszerűnek ; nem maradt tehát más hátra, mint hogy az olvadt állapotban való tartás idejét változtassam, mert fel kell tennünk, hogy a rácsmaradványok nem csupán hőmérsékletemelkedéskor oldódnak fel az olvadékban, hanem akkor is, ha erre mérsékelten túlhevített olvadékban hosszabb időt engedünk. Ezeket a kísérleteket olyan hőfokon végezhettem, amilyent a gyakorlatban a kiválasztandó ötvözet olvasztásakor valóban használnak. Ezzel a gyakorlatban közvetlenül értékesíthető

eredményekhez lehet jutni, mert számos olyan eset van, hogy az öntendő ötvözet órákon át olvadt állapotban van, Fémformába, kokillába való öntéskor pl. egy 100 kg. súlyú adagnak a feldolgozása 5—6 órába telik, de a továbbfeldolgozásra szánt tuskóknak a folyamatos öntőeljárással való öntésekor is hasonló a helyzet. Kísérleteimnek a tervezett módon való lefolytatásával egyben kiküszöböltem a nagyon magas hőfoknak az idegen fajtájú, nehezen olvadó magokra gyakorolt esetleges hatását, amely azoknak hőfokemelkedéskor való olvadásából eredhet. Ugyanazon a hőfokon az idegen fajtájú magok száma az idővel bizonyára nem, vagy legalábbis nem lényegesen változik.

A kísérleti ötvözet kiválasztásakor arra is törekedtem, hogy lehetőleg lomhán kristályosodó, túlhülésre erősen hajlamos fázist figyelhessek meg;

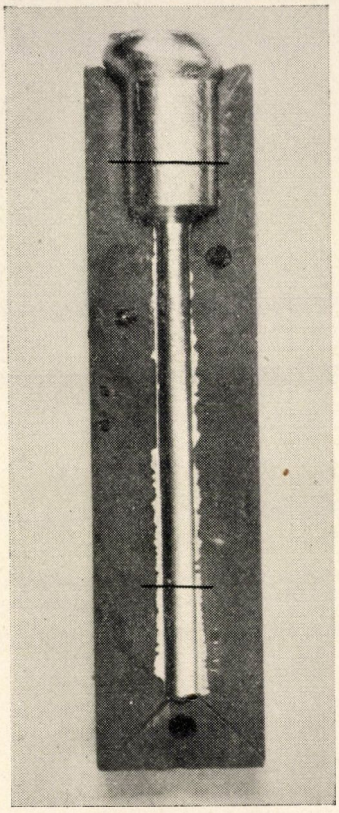


2. ábra Az *Al-Si*-ötvözetrendszer kristályosodási diagrammja.

ilyen fázis kristályosodásakor ugyanis spontán magképződés nincsen, ha van egyáltalán saját fajtájú mag az olvadékban. Így tehát a különféle körülmények között keletkező kristályok száma az olvadékban jelen volt saját fajtájú magok számát jelenti. Célszerűnek látszott az is, ha a megfigyelendő fázis poliéderesen kristályosodó, mert az ilyen kristályokat könnyebb mérni, számlálni, mint pl. a dendritesen fejlődötteket. Mindezeknek a feltételeknek szinte ideálisan megfelel a szilicium.

Kísérleti anyagul a 16,7% *Si*-tartalmú, hipereutektikus *Al-Si*-ötvözetet választottam. Ez az ötvözet így magában is, meg *Mg*-mal, *Ni*-lel továbbötvözve is használatos dugattyúanyag. Mint a 2. ábrában bemutatott diagrammrészletből kitűnik, ebben az ötvözetben 645° körül *Si* kezd primér módra kristályosodni, 700°-on tehát már jól önthető. Minden kísérleti öntvényem ezzel a hőfokkal készült, a lehülés sebességét és ezen át az öntvény szövetét befolyásoló ez a tényező tehát állandó volt.

2 kg. alumíniumot kellő mennyiségű *Si*-mal grafittégelyben összeolvasztottam, ez volt a kisérletekhez felhasznált egész ötvözetmennyiség. Minden öntvény tehát ugyanabból az ötvözetből készült, az összetételük pontosan ugyanaz. A kb. 2,3 kg-nyi kész ötvözetet rúddá öntöttem, feldaraboltam.

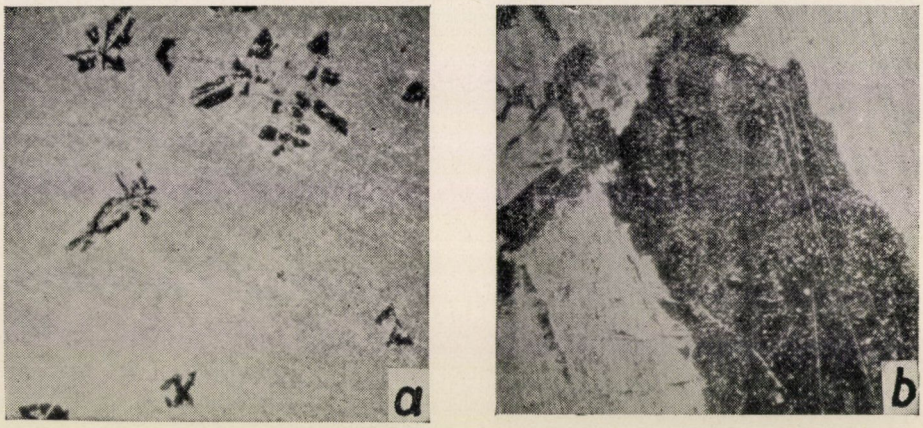


3. ábra A kísérletekhez használt öntőforma, öntvénnyel. Kb. természetes nagyság.

A rúd anyagából egy-egy öntvényhez szükséges mennyiséget *MgO*-dal kikent samott-tégelybe rakva, hőfokszabályozóval felszerelt kemencében beolvasztottam és 700, 760, 820 ill. 860°-on hosszabb-rövidebb ideig egyenletes hőfokon olvadt állapotban tartottam. Amikor letelt az az idő, ameddig az ötvözetet a sajátfajtájú *Si*-magok számának változtatása végett olvadt állapotban akartam tartani, következett az öntés. Ha az olvadt állapotban való tartás 760°-on, vagy még magasabb hőfokon történt, akkor a tégelyt a tartalmával együtt a kemencében először 700°-ra hűtöttem. Az ötvözet tehát mindig 700°-kal került ki a kemencéből. Minden öntvény a 3. ábrában bemutatott kokillában készült; megelőzően a kokillát pontosan 155°-ra melegítettem. Ilyenformán az öntésnek a kristályosodásra ható körülményei: az öntés hőfoka, a kokilla és annak hőmérséklete mindig ugyanaz volt, összes öntvényeim tehát pontosan egyforma sebességgel hültek. Tammann törvényei értelmében valamennyi öntvényemnek pontosan egyforma szövetűnek kellett volna lennie, a szövetben mutatkozó esetleges különbség tehát csak az olvadékban levő *Si*-kristálymaradványoknak, ill. azok változásának lehet a következménye.

Lehülés után az öntvényeket a 3. ábrába berajzolt két helyen elfűrészeltük, s vágott felületeket megcsiszoltuk. Minden öntvényből két csiszolat készült: egy a 15 mm. átmérőjű fejrészből, egy pedig az 5,5 mm. átmérőjű szárból. Szövetük jellemzése végett a csiszolatok felületének 1 mm^2-én található primér *Si*-kristályokat számláltam meg. Evégett a szövet finomsága szerint választott optikát használva, az egész csiszolaton lehetőleg egyenletesen elosztott 20 ponton megszámoltam a 0,3, ill. 0,8 mm. átmárőjű látótérben megjelenő kristályokat. A 20 adat átlagából számítottam ki a végeredményt. A számolást is, meg a fényképezést is, sötét látótérben végeztem; síma felszínű *Si*-kristályok ilyenkor feketéknek látszanak és jól elütnek a csillogó, eutektikus alapanyagtól.

Külön kísérletsorozatban megkíséreltem a hosszabb ideig olvadt állapotban való tartás folyamán megfogyatkozott *Si*-kristálymagokat mesterségesn pótolni és ezzel a szövetet megfinomítani. Ezeket a kísérleteket úgy végeztem, hogy egy öntvényhez elegendő ötvözetet 4 és fél órán át 720°-on olvadt állapotban tartottam. Amikor az idő eltelt, a tégelyt kiemeltem a kemencéből, lemért súlyú ötvözetdarabkákat dobtam bele (beoltás), megkevertem és a 155°-os kokillába öntöttem. A beoltás és átkeverés folyamán a tégelyben levő olvadék kb. 20°-ot

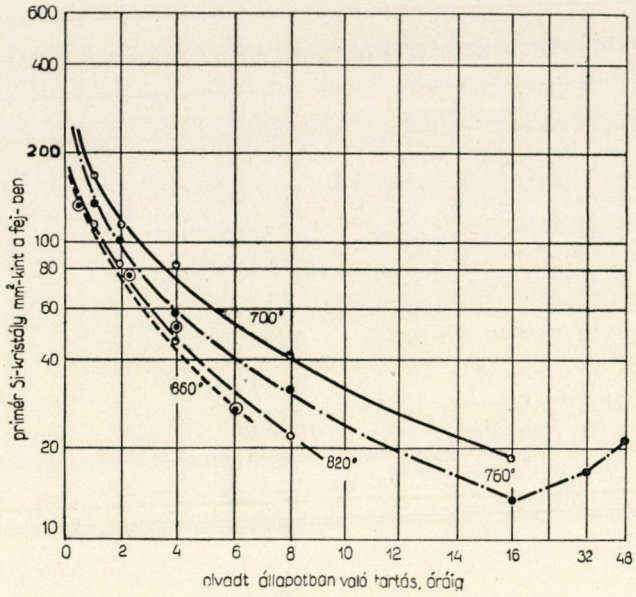


4. ábra. A kísérleti formában készült öntvény (*a*) és kemencében hűlt ötvözet (*b*) szövetképe. Maratlan, 100×.

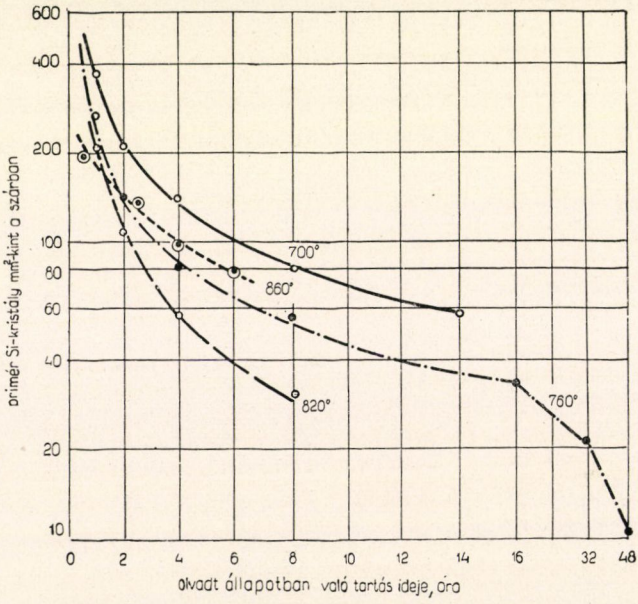
hült, ezért választottam az olvadt állapotban való tartás hőfokát 720°-nak ; az öntés tehát ugyanazon a hőfokon történt, mint egyébként. A kiinduló állapot rögzítése végett egy 4 és fél órán át melegen tartott ötvözetpróbát beoltás nélkül öntöttem a kokillába.

A kísérletek eredményének leírása

Legtöbbször azt vizsgáltam meg, hogy az ötvözetnek a beolvasztást megelőző, eredeti szövete hatással van-e az olvadékban levő magok számára, ill. az öntvény szövetére. Evégett a következő kísérletet végeztem el. Tégelyben beolvasztottam két öntvényre való anyagot ; annak felét kiöntöttem a kokillába, hogy finom szövettel kristályosodjék, felét pedig a tégellyel visszaraktam a kemencébe, hogy azzal együtt lassan hülve, a szövete lehetőleg durva legyen. Az öntvény szövete a 4.*a*. ábra szerinti volt, a kemencében lehült anyagét pedig a 4.*b*. ábra mutatja. Ezután külön tégelyben újra beolvasztottam az öntvényt, külön a kemencében lehült próbát ; mindkettőt másfél órán át tartottam 750°-on,



5. ábra. A kísérleti öntvények szövetének jellemző adatai a fejrészre vonatkozóan.



6. ábra. A kísérleti öntvények szövetének jellemző adatai a szárra vonatkozóan.

aztán 700°-kal a kokillába öntöttem. Minden tényező, amely a szövetre hathat, ugyanaz volt tehát, csak az olvasztást megelőzően az egyik öntvény anyaga finom, a másiké pedig nagyon durva volt. A két öntvény szövetét egészen egyformának találtam; az egyikben 85, a másikban 86 *Si*-kristályt számláltam mm^2-kint. Az ötvözet kiinduló állapota tehát az olvadék állapotára, ill. a belőle készült öntvény szövetére teljesen hatástalan.

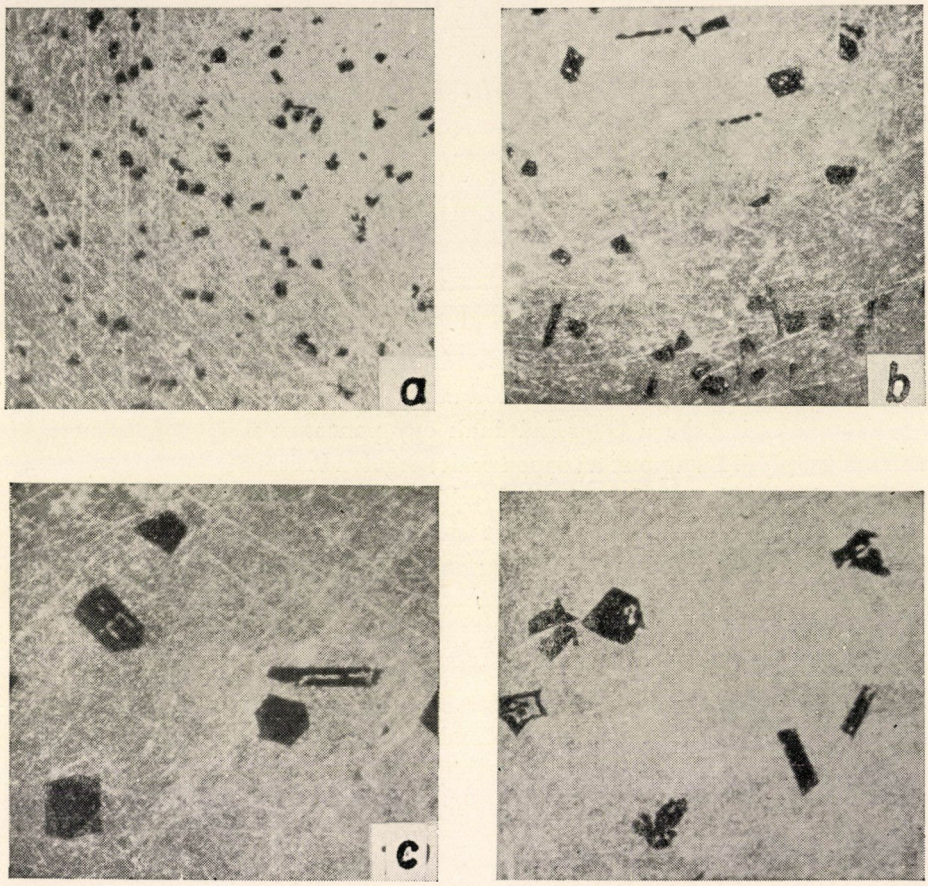
A főkisérlet-sorozatok eredményét az 5. és 6. ábra görbéi, valamint a 7. ábra fényképsorozata mutatja be. A két ábrán a 700, 760, 820 és 860°-on különböző ideig olvadt állapotban tartott ötvözetpróbákból készült öntvényekben talált *Si*-kristályok számát a melegen tartás idejének függvényeként tüntettem fel. Az 5. ábra görbéi az öntvények fejrészére, a 6. ábra pedig a szárra vonatkozik. A bevezetőben mondottak szerint a *Si*-kristályok számának változása lényegében azoknak a *Si*- kristálymaradványokéval tekinthető azonosnak, amelyek az öntés pillanatában az olvadékban voltak.

Mindkét ábra görbéi általában azt mondják, hogy az olvadékban a *Si*-kristályok eleinte gyorsan, később lassabban fogynak, és hogy ez a változás annál gyorsabb, minél magasabb a melegentartás hőfoka. A *Si*-kristálymaradványok tehát az olvadékban fokozatosan oldódnak.

Valamennyi görbe a *O* ordinátának egy pontosan meg nem határozható pontjából indul ki. Ez a pont az éppen csak megolvadt és azonnal öntött ötvözetben levő *Si*-kristálymagok számából adódnék. Készítettem ugyan öntvényt olyan módon, hogy egy ötvözetpróbát előre felfűtött kemencében éppen csak 700°-ig hevítettem és azonnal öntöttem; ennek az öntvénynek fejrészében mm^2-kint 450, szárában pedig 600 *Si*-kristályt számoltam meg. Minthogy azonban a 700°-ig való felmelegítés elég hosszú időt vett igénybe, feltehető, hogy már az olvadásponttól az öntés hőmérsékletéig való melegedés közben a *Si*-kristálymaradványok száma erősen megapadt, annál is inkább, mert éppen eleinte nagyon gyors az oldódásuk. Az oltással kapcsolatban tett megfigyeléseim, amelyeket később ismertetek, arra engednek következtetni, hogy sokkal több, mm^2-kint kereken 40000 kristály alkotásához szükséges magnak kell lennie az éppen csak megolvadt ötvözetben. A két megfigyelés nagy eltérése miatt a görbék kezdőpontját bizonytalannak kell tekinteni.

A görbéknek a fentiekben adott általános értelmezése érvénytelen, ha a melegentartás ideje nagyon hosszú, a hőfok szerint 12—16 órát meghalad, de nem érvényes 860°-ra és feltehetően ennél nagyobb hőfokra sem. 760°-on ugyanis, amely hőfokon leghosszabb ideig folytattam a kísérleteket, 16 óra alatt a kristályok száma egy minimumra csökken, aztán növekedni kezd (1. az 5. ábra megfelelő görbéjét). Ennek következő a magyarázata. Amíg van a hűlő olvadékban *Si*-kristálymaradvány, addig az összes primér *Si* ezekre kristályosodik rá, ha azonban az összes *Si*-magok eltűntek az olvadékból, akkor lehetővé válik a túlhűléssel való kristályosodás, ennek pedig a Tammann-Mitsche-féle szabályok értelmében az adott körülmények között nagyon finom szövetet, tehát mm^2-kint

nagyon sok, apró primér *Si*-kristályt kell eredményezni. Megitélésem szerint ezt a teljesen mag nélküli olvadék-állapotot nem értem ugyan el, de a szövet finomodása mégis megkezdődött. Amint u.i. az olvadékban a *Si*-kristálymaradványok fogynak, egyre távolabb is kerülnek egymástól és egyre rendszerteleneb-



7. ábra. A 760°-on 0 óráig (*a*), 4 óráig (*b*,) 16 óráig (*c*), ill. 47 óráig (*d*) olvadt állapotban tartott ötvözetből öntött próbák fejrészének szövete. Maratlan, 100×.

bül is helyezkednek el az olvadékban. Könnyen megeshetik tehát, hogy az olvadékban levő néhány magból nagy kristályok nőnek ugyan, de olyan térfogatrészekben, ahol történetesen egyetlen mag sincsen, a kristályosodás már túlhűléssel is finom szövettel megy végbe ; ilyenkor tehát, duplex szövet keletkezik. Ilyen duplex szövetet mutat a 8. felvétel. A *Si*-kristályok számának nagyon hosszú melegentartás után való szaporodása ezzel a jelenséggel függ össze.

Általában annál gyorsabban fogynak a rácsmaradványok az olvadékban, minél magasabb hőfokon tartottam azt, de a kísérleteimben használt legnagyobb hőfokra, 860°-ra ez a megállapítás látszólag már nem érvényes. A 860°-on kezelt olvadékból öntött próbákban, ugyanis a *Si*-kristályok száma ugyanúgy változik, mint a 820°-on kezeltekben, az öntvények szárrészében pedig még feltünőbb irányváltozás állapítható meg a hőfokemelkedés hatásában. Semmi okunk sincs azonban azt feltételezni, hogy 860°-on a *Si*-kristálymaradványok oldódása megváltozik, vagy hogy a hőmérsékletnek 760°-ról 820°-ra való emelkedésének



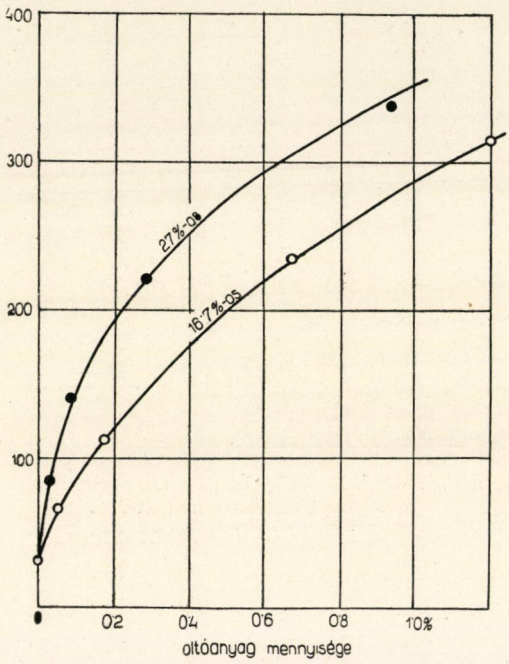
8. ábra. Duplex-szövet a 760°-on 32 óráig olvadt állapotban tartott ötvözetből készült öntvényben. Maratlan, 100×.

más természetű következménye lehet, mint 820°-ról 860°-ra való emelkedésnek. Ezért a hőfokemelkedés hatásában mutatkozó irányváltozást valami szekundér hatásnak kell tulajdonítani, pl. az olvadéknak a tégely anyagával való valamilyen reakciójának, vagy valami idegen fajtájú mag állapotában bekövetkező változásnak. Ilyen részletkérdések megvizsgálásától azonban egyelőre elálltam, mert kísérleteim célja általános tájékozódás volt. 860°-ot meghaladó hőmérsékleten éppen ezért nem is végeztem kisérleteket.

Az öntvények vékony szárából készült csiszolatokon végzett mérések lényegében ugyanazt az eredményt adták. mint a lassabban hült fejrészek, van azonban valamelyes különbség a *Si*-kristályok számában, a görbék alakjában és egymáshoz viszonyított helyzetében is. Arra már rámutattam, hogy a 6. ábrában a 860°-ra vonatkozó görbe jóval feljebb tolódott, a kisebb hőfokra vonatkozó görbék közé, mint az 5. ábrában. Feltünő eltérés az is, hogy a 760°-ra vonatkozó görbének a vége az 5. ábrában felfelé tart, a 6. ábrában pedig lefelé. Meg lehetne kísérelni, hogy magyarázatot adjak ezekre az eltérésekre, amint azonban az előzmények ismertetésekor is hangsúlyoztam, a rácsmaradványokra vonatkozó ismereteink egyelőre még inkább feltevések, kísérleti adat még nagyon kevés

van, és még azok is részben bizonytalan értelműek. Ezért a magyarázat, amely ezekre támaszkodnék, szintén bizonytalan volna, s így ezeket az eredményeket csak regisztrálom, a magyarázatot későbbre halasztván.

Ezekből a kíséreletekből a gyakorlat számára az a lényeges következtetés adódik, hogy az ilyen ötvözeteknek a szokásos módon való olvasztása közben, tehát akkor is, ha minden felesleges túlhevítést mellőzünk, de a mindig szükséges tisztítást, gáztalanítást, szóval kikészítést 15—30 perc alatt elvégezzük, a rácsmaradványok száma az olvadékban már jelentősen megcsappan. Ha pedig

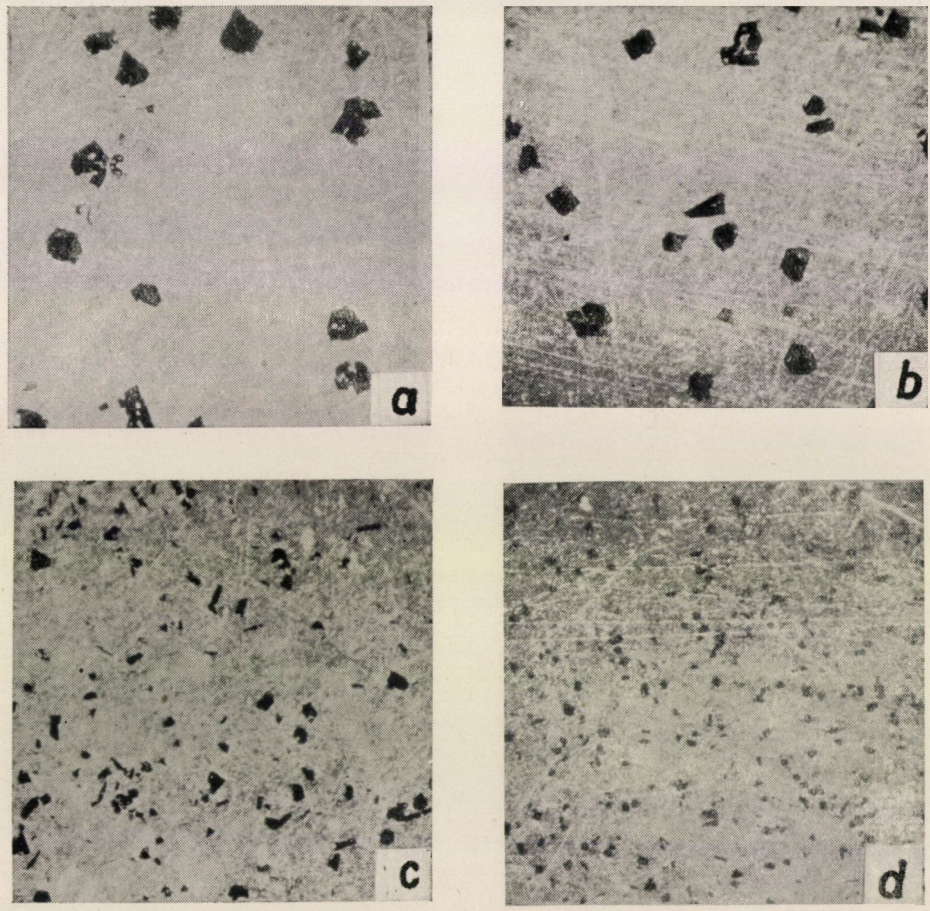


9. ábra. A primér *Si*-kristályok számának szaporodása az oltóanyag mennyiségének függvényeként.

az ötvözetet hosszabb ideig kell olvadt állapotban tartani, mint pl. kokillába való öntéskor, akkor a rácsmaradványok még jobban megfogynak. Emiatt a szokott módon készült öntvények jóval durvább szövetűek, mint amilyenek lehetnének, ha sikerülne a rácsmaradványokat az olvadékban megtartani, vagy pedig a feloldódott rácsmaradványokat valamiképen pótolni. Ez a meggondolás vezetett akkor, amikor a rácsmaradványok mesterséges pótlásával és ezután a kísérleti ötvözet szövetének finomításával megpróbálkoztam.

Ha közvetlenül a megolvadás után nagyon sok a rácsmaradvány, akkor nyilvánvaló, hogy a rácsmaradványokban elszegényedett olvadékhoz közvetlenül öntés előtt szilárd ötvözetet adva és abban éppen csak feloldva, újabb rácsmaradványokat is hozunk az olvadékba. Ilyen irányú kísérleteim eredményét a 9. ábra

és a 10. felvételsorozat mutatja be. Az előzőkben már leírt módon kezelt olvadékból öntött próba fejrészében mm²-kint 31 *Si*-kristályt találtam (9. ábra görbéinek kezdőpontja és 10*a*. ábra). Ha közvetlenül öntés előtt kevés hideg ötvözetet adagoltam, s azt az olvadékba bekevertem, a szövet lényegesen finomabb lett. Már század %-nyi oltóanyagnak is szemmellátható finomodás a következménye,



10. ábra. 720°-on 4 és fél óráig olvadt állapotban tartott (*a*), 0,033% (*b*), 1,2% (*c*), valamint 2,6% (*d*) hideg ötvözettel beoltott ötvözetből készült öntvények fejrészének szövete. Maratlan, 100×.

egy-két százaléknyi oltóanyaggal pedig rendkívül finom szövet adódik (v. ö. egymással a 10*a*. és *d*. felvételeket). Ez az eljárás a gyakorlatban is könnyen alkalmazható, külön költséget nem okoz és okvetlenül alkalmas arra, hogy az adag vége felé, tehát kokillába való öntéskor az utolsó öntvények szövetének megfigyelhető durvulását megakadályozza.

Érdekes, de nem éppen meglepő az, hogy ha az oltóanyag az ötvözetnél nagyobb *Si*-tartalmú, akkor a beoltás hatása erősebb,vagyis ugyanolyan mennyiség a nagyobb *Si*-tartalmú ötvözetből jobban megszaporítja, ill. megfinomítja a primér *Si*-kristályokat, mint a kis *Si*-tartalmú ötvözet (9. ábra két görbéje).

Említettem már, hogy a beoltással kapcsolatos megfigyeléseim arra engednek következtetni, hogy az éppen csak megolvadt ötvözet *Si*-magokban rendkívül gazdag. A 9. ábra alsó görbéje szerint u.i. 0,053% oltóanyag annyira megszaporította az olvadék rácsmaradványainak számát, hogy a beoltott ötvözetben mm^2-ként 53 *Si*-kristály fejlődhetett, a be nem oltott olvadékból készült öntvény 31 kristálya helyett. Ez a kevés oltóanyag tehát annyi rácsmaradványt alkotott még az öntés pillanatában, amennyiből mm^2-kint 22 kristály fejlődhetett. Ha tehát az egész ötvözet abban az állapotban volna, amelyben az oltóanyag volt az öntés pillanatában — az olvadék hőfokáig való felmelegedése és elkeverése összesen kb. 15 másodpercig tartott — akkor mm^2-kint $\frac{22.100}{0{,}053}$ = 41.000 kristályt tartalmazó öntvényt kapnánk belőle.

A kísérletekből vonható elméleti következtetések

Ismertetett kísérleteimből egyrészt a rácsmaradványok oldódásának folyamatára, e folyamat természetére lehet következtetni, de ezenkívül a rácsmaradványokra vonatkozó elképzelésen is bizonyos változtatást tesznek szükségessé.

A rácsmaradványok oldódását illetően abból kell kiindulnunk, hogy bármilyen fajta rácsmaradvány csak akkor oldódhatik fel abban az olvadékban, amelyben lebeg, ha ez az állapot nem stabilis. Ha tehát a rácsmaradványok anyagát az olvadékban atomosan elosztva képzeljük, a kiadódó olvadékösszetételnek a likviduszhőmérsékletnél magasabb hőfokon kell lennie, hogy oldódás egyáltalán lehetséges legyen. Kísérleti ötvözeteim olvadékában tehát az esetleges *Si*-kristálymaradványoknak 645°-nál nagyobb hőmérsékleten teljesen fel kell oldódniuk, 645°-ot el nem érő hőfokon azonban nem.

Az oldódást megelőzően az olvadék amorf állapotú része nyilván nem tartalmaz annyi *Si*-ot, amennyi az ötvözetben van, hiszen a még oldatlan rácsmaradványok anyaga hiányzik belőle, ill. a rácsmaradványok *Si*-ja az olvadék egyes pontjaiban van koncentrálva, ugyanúgy, ahogy egy heterogén ötvözetben az ötvöző fémnek legalább egy része a szövet egyes pontjaiban halmozódott fel. Ha az olvadás befejeződött, az olvadék teljesen egyenletes összetételű. Nyilvánvaló, hogy az olyan természetű rácsmaradványok oldódása, amilyenek az *Al-Si*-ötvözetben vannak, lényegében koncentráció-kiegyenlítődés, sejthetően diffuzió útján. Úgy képzelhetjük ugyanis, hogy minden *Si*-kristálydarabka magában véve nehezebben olvad, mint maga az ötvözet és ezért a likviduszt meghaladó, de a *Si* olvadáspontját el nem érő hőfokon a *Si*-atomok a rácsból

sorjában átlépnek az olvadékba. Ennek folytán az oldodó *Si*-kristály körül az olvadékban nagy a koncentráció, a telítettségnek megfelelő és magas az olvadáspont. A *Si*-kristályt körülvevő olvadék csak akkor képes a kristály oldását folytatni, ha a már oldatba ment *Si* az olvadékban kellőképen szétoszlott, szétdiffundált.

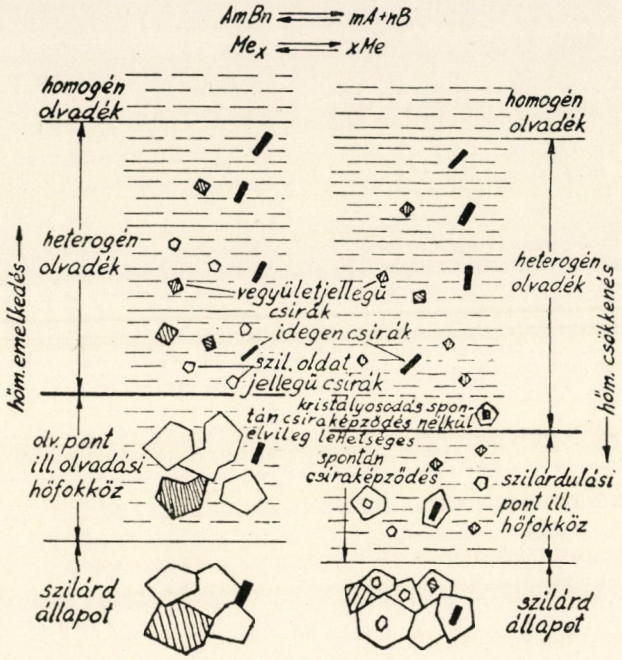
Az oldódás folyamatának kezdetén az olvadékban lebegő minden egyes rácsmaradványnak van egy diffuziós tere, amelyben a rácsmaradvány anyagának el kell oszlania. Ez a diffuziós tér megközelítően gömbalakúnak tekinthető, átlagos átmérője a rácsmaradványoknak egymástól mért átlagos távolságával egyenlő. Amint a rácsmaradványok száma az oldódás folytán csökken, a diffuziós terek átmérője állandóan nő. Tehát a diffuziós folyamatnak egy különleges változásával állunk szemben : a folyton nagyobbodó térben végbemenő koncentráció-kiegyenlítéssel.

Az érdekes persze az volna, ha a kísérleti adatokból ki lehetne számítani az oldódás sebességét jellemző diffuziós állandót. Ennek alapjában véve csak az az egy nehézsége van, hogy kísérleteim során a kezdőállapotot, vagyis az olvadékban közvetlenül a megolvadás után jelenlevő rácsmaradványok számát nem sikerült megbízhatóan megállapítani. Ehhez olyan olvasztóberendezésre lett volna szükség, amelyben a kísérleti anyagot nagyon rövid idő alatt lehetne az olvadásponton túl hevíteni. Ha elfogadjuk az öntvények fejrészében talált legnagyobb *Si*-kristályszámot, 450/mm^2-t kiinduló állapotul, 700°-on 2,0, 760°-on 2,9, 820°-on pedig $3{,}6.10^{-5}$ cm^{2}d^{-1} diffuziós állandók adódnának ; ezek kétségtelenül nagyságrend tekintetében sem helyesek, nagyon is kicsinyek, hiszen a *Si* az alumíniumban 450—500°-on, tehát szilárd állapotban diffundál ekkora diffuziós állandóknak megfelelő sebességgel. Olvadt állapotban lényegesen nagyobb állandót kellene kapnunk.

Ha az oltási kísérletekből levezetett 41000/mm^2 rácsmaradványt veszünk kiinduló állapotul, akkor néhány nagyságrenddel nagyobb diffuziós állandókat kapnánk, csakhogy a rácsmaradványok számának az időben való változását szemléltető görbéknek ehhez a kezdőponthoz vezető része teljesen ismeretlen, a belőle való számítás nagyon bizonytalan volna. Talán az oltási kísérletek módosításával sikerül majd olyan eredményekhez jutni, amelyek segítségével a *Si*-nak olvadt alumíniumban való diffuziójának sebessége megbízhatóan kiadódik.

Megemlítem, hogy változó nagyságú diffuziós térben végbemenő koncentrációváltozásra ismeretes egy kísérletileg megvizsgált példa. Ha u.i. heterogén szövettel kristályosodott ötvözetet, pl. 5—13% óntartalmú öntött bronzot homogenizálás végett ízzítunk, akkor eleinte a diffuziós koncentráció-kiegyenlítés általános szabályát követi a folyamat, később azonban, amint a szövetben az oldandó szövetelem szigeti fogyni kezdenek, az átlagos diffuziós tér tehát már nő, akkor az addig egyenes vonal az 5. ábra görbéihez teljesen hasonló görbébe megy át [5] Ez a hasonlóság is amellett szól, hogy a rácsmaradványok oldódása az olvadékban diffuziós folyamat.

Kísérleteim eredménye azt is szükségessé teszi, hogy a rácsmaradványokra vonatkozó Mitsche-féle elméleten, vagy talán inkább elképzelésen változtassunk. Mitsche kísérletei kizáróan a hőfokemelkedés, erős túlhevítés hatásának tanulmányozására irányultak és elképzelésében is csak ennek az egyetlen tényezőnek szerepét vette tekintetbe, az időt pedig elhanyagolta.



11. ábra. A különféle rácsmaradványok viselkedése vázlatosan, Mitsche szerint.

Mitsche elképzelésének lényegét egyik munkatársának, *Onitsch Emmának* legújabban megjelent összefoglaló ismertetéséből fényképezett 11. ábra mutatja be. Eszerint a megolvadt, de az olvadáspontnál, ill. likvidusz-hőmérsékletnél alig melegebb fémben, ötvözetben háromféle fajtájú rácsmaradvány van. Az egyik fajta magának a fémnek, ötvözetnek kristályos részecskéiből áll (Mischkristallkeime) ; ezek a megolvasztott fémanyag főanyagával egyező összetételűek, tehát aluminiumolvadékban alumínium-kristálydarabkák, vasolvadékban meg vaskristály-maradványok. Második fajtájuk a megolvasztott anyag fémes szennyezéseiből kerül ki, többnyire vegyületjellegű (Verbindungskeime) ; ilyennek tekintendő az alumíniumolvadékban lebegő $FeSiAl_5$ képletű vegyület, amely magában véve nehezen olvad. A rácsmaradványok harmadik fajtája a nemfémes szennyezésekből kerül ki (Fremdkeime) ; ilyen a vasolvadékban lebegő Al_2O_3, vasszilikát, vagy az alumíniumolvadékban lebegő Al_2O_3, MgO, stb.

Az ábrából megállapítható, hogy Mitsche elképzelése szerint az éppen csak megolvadt fémben mindez a három fajtájú mag sok példányban van jelen,

további hőmérsékletemelkedéskor pedig az olvadáspontjuk sorrendjében megolvadnak, ill. eltűnnek az olvadékból: legelőször a szorosabb értelemben vett saját fajtájú magok, aztán a fémes szennyezésekből alkotott vegyületek, végül a nemfémes szennyezőket magukban foglaló idegen magok. Kellő mértékű túlhevítés után a magok teljesen eltűnnek az olvadékból, az egyneművé válik. Ha aztán az ilyen magtalanított olvadékot újra hűteni kezdjük, akkor az ábra jobboldala szerint a három fajta mag az olvadáspont sorrendjében újra megjelenik: először a legnehezebben olvadó idegen magok, aztán a fémes szennyezésekből keletkezett vegyületek magvai, végül pedig a szorosabb értelemben vett saját fajtájú magok.

A rácsmaradványoknak az olvadáspontjuk szerint való hármas csoportosítása céltalan, és várható viselkedésükre nem is lehet jellemző. A kísérleteimben használt *Al*-*Si*-ötvözetben pl. a *Si*-rácsmaradványok magukban véve nehezen olvadó fázisnak a részei, viselkedésük tehát a fémes szennyezőkből kialakuló vegyületek viselkedéséhez volna hasonló, vagyis az oldásuk csak jelentős túlhevítéskor volna várható. Ennek ellenére már kevéssel az ötvözet likvidusz-hőmérsékletén felül, jó 750°-kal a *Si* olvadáspontján alul oldódhatnak az olvadékban, csak elegendő idejük legyen hozzá. Magasabb hőmérséklet az oldódásukat nem teszi tökéletesebbé, vagy teljesebbé, csak meggyorsítja azt. Kis *Si*-mennyiség, pl. a kohóalumíniumban jelenlevő pár tized százalék, pedig kétségtelenül feloldódik már közvetlenül az alumínium olvadáspontján is, 660°-on, hiszen a *Si*-tartalmú alumínium könnyebben olvad a szinalumíniumnál. Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha a *Si*-on kívül vas is van jelen és a két szennyező a megolvasztandó alumíniumban $FeSiAl_5$ vegyület alakjában található. Magában ez a vegyület is nehezebben olvad a szinalumíniumnál, de viszont a *Si* és *Fe* együttes jelenléte is csökkenti az alumínium olvadáspontját, vagyis a $FeSiAl_5$ kristályok már 660°-on, a szinfém olvadáspontján kétségtelenül teljesen feloldódhatnak az alumínium-olvadékban.

Mindazoknak az anyagoknak a rácsmaradványai, amelyek az olvadék főalkotórészének olvadáspontját csökkentik, nyilvánvalóan mind ugyanúgy viselkednek az oldódás szempontjából, mint magának a megolvasztott ötvözetnek a főanyagából kikerülő rácsmaradványok: már az olvadásponton feloldódnak, legfeljebb hosszabb idő kell hozzá, mint ha túlhevítettük volna az olvadékot.

Ettől eltérő viselkedést várhatunk az olyan rácsmaradványoktól, amelyek az olvadék olvadáspontját növelik; az ilyen anyagok minden hőfokon csak korlátozott mértékben oldódhatnak az olvadékban, az oldódás mértékét a likvidusz-görbének az illető hőfokra érvényes pontja szabja meg. Ilyen anyag pl. az Al_3Ti vegyület; ebből 680°-on 0,2, 900°-on 1,0, 1120°-on pedig 5,0% *Ti*-tartalomnak megfelelő mennyiség oldódhatik. Ahhoz tehát, hogy egy ilyen természetű anyag rácsmaradványait oldatba vihessük, a kellő mértékű túlhevítés feltétlenül szükséges. Egy 1% *Ti*-tartalmú alumíniumötvözetet tehát hiába melegítünk 700, 800, vagy akár 850°-on, akármennyi ideig, bizonyos mennyiségű kristályos

Al_3Ti, tehát ennek a vegyületnek a rácsmaradványai az olvadékban mindig jelen lesznek, s csak 900°-on meghaladó hőmérsékleten oldódnak fel teljesen.

A kétféle rácsmaradvány fajta: az olvadék olvadáspontját csökkentők és az azt növelők a lehűléskor is egymástól eltérő módon viselkednek. Ha u. i. egy olvadékot a benne lebegő rácsmaradványoktól teljesen mentesítettünk, akkor lehűlés közben csak az olvadáspontot emelő anyagok magjai keletkezhetnek újra, mielőtt megkezdődnék az ötvözet főanyagának spontán kristályosodása. Ha u. i. pl. egy 1% *Ti*-tartalmú alumíniumötvözetet pl. 1000°-on egyneművé tettünk, akkor ennek az olvadéknak lehűlése közben már 900°-on az Al_3Ti-kristályok újra keletkeznek, az alumíniumnak 660°-on meginduló kristályosodásakor tehát újra ott vannak az olvadékban. De sem alumíniumkristályrácsrészek, még kevésbbé pedig az alumínium olvadáspontját csökkentő fázisok rácsrészei (tehát pl. Al_5FeSi-magok) az alumínium olvadáspontját meghaladó hőfokon újra nem keletkezhetnek, az alumínium kristályosodására ennélfogva semmiféle hatással nem is lehetnek. Az ötvözet főanyagának kristályosodására tehát az olvadáspontját emelő, ill. az olvadékban csak korlátozottan oldódó fázisok minden körülmények között hatnak, az olvadáspontot csökkentő, ill. az olvadékban nagy mennyiségben oldódó fázisok rácsmaradványai viszont csak akkor lehetnek hatásosak, ha az olvadás során sikerült őket az olvadékban megtartani, esetleg öntés előtt közvetlenül mesterségesen — beoltással — pótolni.

A Mitsche-féle hármas osztályozás helyett tehát helyesebb a rácsmaradványokat két csoportba osztani: az olvadékban már az olvadásponton is oldódó, valamint az olvadékban oldhatatlan, ill. csak hőfokemelkedéskor oldódó anyagúakra.

ÖSSZEFOGLALÁS.

Hipereutektikus *Al-Si*-ötvözeten végzett kísérleteim fontosabb eredményei a következők:

1. Az ötvözetnek olvadt állapotban való tartása folytán a primér *Si*-kristályok nagyobbodnak, számuk pedig csökken az olvadékban lebegő *Si*-kristálymaradványok fokozatos oldódása következtében. Ez a folyamat az ilyen ötvözetnek kokillába való öntésekor, az ilyenkor szokásos munkamódszer folytán, szintén jelentős szövetdurvulást okoz.

2. A *Si*-rácsmaradványainak oldódása folytán észlelhető szövetdurvulás az olvadéknak egészen csekély mennyiségű, néhány tized súlyszázaléknyi szilárd ötvözettel való beoltással megakadályozható.

3. A rácsmaradványok oldódása lényegében diffuziós folyamat, sebessége azonban ezekből a kísérletekből, a kiinduló állapot meghatározásának nehézsége miatt, nem volt jól kiszámítható.

4. A rácsmaradványokat illető Mitsche-féle elméleten változtatni kell, s a Mitsche-féle hármas csoportosítás helyett célszerűbb a rácsmaradványokat két csoportba: az ötvözet főanyagának olvadáspontját csökkentő, valamint azt növelő anyagból való rácsmaradványokra osztani.

IRODALOM.

1. *Tammann G.*: Kristallisieren und Schmelzen, Leipzig, 1903. 131—161.
Tammann G. és *Rocha H. J.*: Z. anorg. u. allg. Chemie, 215 (1933), 17.
2. *Lange A.*: Z. f. Metallkunde, 23 (1931), 165.
3. *Mitsche R.*: Iron and Steel Inst., A. Carnegie Scholarship Mem., 25 (1936), 41. E. Onitsch, Berg- u. Hüttenm. Monaths. 93 (1948), H. 8/11.
4. *Scheil E.*: Z. f. Metallkunde, 29 (1937), 404.
5. *Verő J. S.*: Bánya- és kohómérn. Osztály Közl. 12 (1940), 141.

A FÖLDTAN VISZONYA A MŰSZAKI TUDOMÁNYOKHOZ*

VADÁSZ ELEMÉR r. tag

A földtan a földkéregben található, a termelés és a gazdaság fejlődéséhez nélkülözhetetlen nyersanyagok: ásványok és kőzetek, fémek és ércek megismerésének és fölkutatásának kívánalmából és szükségéből fejlődött rendszeres tudománnyá. Mindenkori tudományos iránya a gyakorlatból nyerte tapasztalati ismereteinek zömét és tudományművelő voltában kapcsolatot tart nemcsak a földkéreg anyagait kitermelő bányászattal, hanem a többi földtani vizsgálati ágak más műszaki irányaival, vízellátással, földmunkálatokkal, építkezési talajmunkákkal, s nem utolsó sorban az anyagok vegyvizsgálatával, technológiájával is. A bányászati kutatások nagymérvű fokozódása és egyéb gyakorlati feladatok kialakították a földtan alkalmazott irányait. Ezek nem önálló módszerű tudományszakok, hanem a földtani módszeres vizsgálatoknak meghatározott, közvetlen célú beállítását jelentik. Mindebből az következik, hogy a földtan nem is lehet az élettől elvonatkoztatott, hanem anyagánál fogva is, eredendően materialista természettudomány.

Néhány évtized óta fokozódott a földtannak műszaki kapcsolata, s ez a geológusi tevékenységben gyakran zavartkeltő és esetleg kielégíthetetlen igényeket támaszt. Tisztázatlannak látszik az a kérdés, hogy a földtanban jogosult-e és lehetséges-e elvi tudományművelés, vagy a földtani tevékenység csak a gyakorlati kutatás kiszolgálásában merül ki.

Minden természettudománynak kettős célja és rendeltetése van: elméleti és alkalmazott, vagy akadémikus és termelő tudomány. A tudományművelés nem azonosítható a technológiával, még kevésbbé az ipari termelő tevékenységgel. Ez azonban nem jelent éles szembeállítást, vagy merev elkülönítést a tudomány és a gyakorlat között. Még fokozatbeli, vagy minőségi értékelést sem, mert ez a két irány változó módon nyomozható a különböző természettudományok fejlődéstörténetében. Vannak tudományok, amelyekben az elmélet megelőzte a gyakorlatot, máskor a gyakorlati megvalósításokból születtek elméleti megismerések, sokszor váltakozva, vagy együttjárva haladt a tudomány fejlődése. Mindez nem annyira a tudományok lényegével, vagy jellegével van összefüggésben, mint inkább a társadalmi fejlődéssel kapcsolatos: a társadalom-alakulás tükre. A dialektikus materializmus helyes értelmezésében mindig az elméleti kérdésföltevés adja a gyakorlati kutatás alapját.

Amíg a tudományok az egyház elnyomása alatt voltak, vagy annak irányító hatása alatt álltak, addig csak egészen elvont módon, legtöbbször a természettől elszakadva, üres bölcselkedésre voltak utalva. *Lomonoszov* szerint: »bibliai zsoltárból nem lehet csillagászatot, vagy kémiát tanulni«. Az iparosodással nagyranőtt

* Előadás a Magyar Tudományos Akadémia III. és VI. Osztályának 1950. november 14-i ülésén.

kapitalizmus sem érhette be az ilyen elméleti »köldöknéző« tudománnyal, felismerte a természettudomány hasznothajtó voltát és egyéni céljainak szolgálatába állította azt. Ezzel a természettudományok művelése fokozottabb mértékben kiszabadult az egyházi befolyás alól, a civilizáció előmunkálójává és nélkülözhetetlen eszközévé lett, de jelentőségének megfelelő értékeléséhez nem juthatott. Leginkább köztudatba ment azonban a természettudományok gyakorlati szerepe; ezt az egyház is szívesen támogatta, hogy elhomályosítsa a természettudományoknak elméleti jelentőségét világnézeti irányzatát, a természet megismerésére vonatkozó törekvést, a megismerés lehetőségét. Elmélet és gyakorlat elkülönült egymástól, s míg az előbbi sok esetben idealisztikus utakra tévedt, gyakorlati megítélésben csak a közvetlen hasznothajtó célok szolgálata számított tudománynak.

Az elmélet és gyakorlat szembeállítását és ellentétét növelte a természettől való függőség és kiszolgáltatottság tévtana és a természeti kincsek mohó kizsákmányolása, kíméletlen pusztítása. A szocialista fejlődésben mindez új értékelést kap : elmélet és gyakorlat szükségszerű természetes kapcsolatba jut, mindkettőnek megfelelő értékelésével. A természet megismerése a természettudományok kötelező céljává vált, mert *Engels* szerint a természet fölött gyakorolt uralmunk abból áll, hogy minden más lénynél jobban fölismerjük törvényeit, és képesek vagyunk azokat helyesen alkalmazni. A Szovjetunió ötéves tervei a tudományok fejlesztése érdekében igen nagy mértékben gondoskodnak olyan kutatásokról is, amelyeknek nincs közvetlen alkalmazási lehetőségük. Ezeket a »tiszta tudományos kutatásokat« a Szovjetunióban a jövő műszaki szükséglete számára, elméleti tartalékul tekintik.

A földtan fejlődésében különösen jól felismerhetők ezek az értékelési változások. A földtan másfélszázados tudománya a gyakorlati életből, a bányászat tapasztalati tényeiből indult alkalmazás. A mai földtan, a természettudományok összesítő alkalmazása a Föld megismerésére. Ezeken a természettudományos logikával nyert tudományos megismeréseken alapszik a földtan gyakorlati alkalmazása, elmélet és gyakorlat elválaszthatatlanul egybefolyó egysége. A földtannak minden kérdése kapcsolatban van az alkalmazással.

A XVIII. századig elkülönülten tengődött a földtannak ma elkülöníthetetlen alapja, a természetben történő megfigyelés és annak akkoriban egyszerű leírásra szorítkozó és kizárólag a bányászat céljait szolgáló *geognózia*. Ennek első, korai képviselője *Agricola*, a »bányászat atyja« volt, majd rendszerbe foglalója *Werner*, a leíró ásványtan megalapozója. A földtannak másik iránya, a Föld keletkezésére vonatkozó tan, a *geogenia*, a természeti tények ismerete és figyelembevétele nélkül, sokáig csak a bibliai teremtéstörténetre támaszkodott. Később, a XVIII. század végén, a teremtéstörténettől tartalmilag mentesítette ugyan magát, formailag és módszereiben azonban továbbra is spekulatív úton adott világnézeti szemléletet. Joggal nevezhette *Liebig* ezt az üres természetfilozófiát, a »század dögvészének.« A XIX. század második felében, a Föld közvetlen

széleskörű megismerése, az elméleti földtan, vagy mondhatnánk, a földtan tudományának kialakítására vezetett. Ez a földtan nem földi nyersanyagok hollétének tudományos előrejóslása, hanem ahhoz elengedhetetlenül szükséges módon, a Föld multjának magyarázója, folytonos fejlődésének vizsgálója, elmult, lefolyt eseményeinek értelmezője, holt anyagok életrekeltője, megmerevedett földkéregformák mozgásba hozója. Ugyanakkor, a gyakorlati földtani tevékenység bizonyos mértékig önállósult, s a már megismertnek tartott európai részeken kívüli, exotikus területekre tolódott át. Ez a földi nyersanyagok megszerzése iránti imperialisztikus versengés és a háború következménye volt. Az előző imperialisztikus háborúban, majd azt követőleg, végleg kialakult a gyakorlati geológusi tevékenység, és ilyenirányú rendszeresített képzésben is megnyilvánult. Ez egyszersmind a földtan egészére kiható átértékelést vont maga után, főként abban az értelemben, hogy a gyakorlat több-kevesebb műszaki vonatkozást, mérnöki ismereteket és teendőket kivánt. Végeredményben a földtan fejlődésében valóságként érvényesült az az engelsi megállapítás, hogy a technika nagyobbrészt a tudomány állásától függ, de a tudomány sokkal inkább függ a technika szükségleteitől. A földtan fejlődése a gyakorlati élet nyersanyagszükségletéhez idomult, kezdettől fogva a gyakorlattól (főként a bányászattól) tanult és »tudományát« a gyakorlat rendelkezésére bocsátja. Tartalmilag tehát a földtan a XIX. században a Föld és az élet természetes együttfejlődésének fölismerését és a fejlődés általános nagy megismerését szolgálta. A XX. század földtana pedig a föld valamennyi természeti erőinek és nyersanyagainak teljes, észszerű föltárását és kihasználását jelenti. Előbbi, az élet valóságának megismerését adja, utóbbi az élet valóságos kiszolgálását, az élettel való elválaszthatatlan összefüggést mutatja. A tudományos földtani vizsgálat a Föld anyagainak *multját* és *jelenét* tekinti ; az emberi közösség javát szolgáló gyakorlat, az anyagok jelen állapotát és jövő viselkedését tartja szem előtt. Előbbi azt nézi, mi volt, hogy lett, mivé lesz és milyen a kőzet, utóbbi a jelenlegi »milyen«-ből tartósságra, időtállóságra következtetve, a kőzet jövője, felhasználási lehetősége iránt érdeklődik.

Mármost az elmélet és gyakorlat ilyen egységbe fonódásával a földtan műszaki tudománynak minősíthető-e, s ezzel a geológusi tevékenység mérnöki jelleget kapott-e? Ez a kérdés a földtannak a bányászattal való közvetlen kapcsolatában, elsősorban a geológus és a bányamérnök viszonyában érzékelődik. A bányamérnöki tevékenység, a kitermelésre váró anyagok bányászati kutatásával kezdődik. Ez a munkaterület az alapos elméleti fölkészültségű geológus működésének határterülete, amelyen minden »bányageológus«, mintegy félévszázad óta, rendszeresen tevékenykedik. Ez a »bányageológia« az ásványos anyagok sokfélesége szerint, sokoldalú vizsgálódással, fizikából, kémiából, ásványtanból, földtanból, szerkezeti földtanból és gazdasági földtanból, alapos speciális ismereteket kíván. Ezenkívül több-kevesebb tudás és gyakorlat kell matematikából, mechanikából, megfigyelési képességből, bányászati és anyagtechnológiai

mérnöki ismeretekből. A bányamérnöki gyakorlat lényege az ásványi képződések nyomozására, fölkutatására, kifejlődésére és kitermelési lehetőségeire irányuló, mérnöki üzemi feladat. A bányageológus elméleti ismereteit kapcsolja bele a gyakorlatba, a bányamérnök ezt a gyakorlatot viszi tovább a termelésbe. Multban és jelenben, geológus és bányamérnök ebben a munkás testvériségben működik, a bányaföldtan és a mérnökség elválaszthatatlan, jól megkülönböztethető összefüggésében.

Mérnök-e tehát a kutató geológus és műszaki tudomány-e a földtan? Mindkét kérdésre határozott nemmel kell felelnünk. Az iparban, állandóan növekvő számban, igen sok kutató-vegyész működik, anélkül, hogy »mérnök« volna, vagy ilyen megjelölésre igényt tartana. Az üzemi vegyészmérnök termelőmunkát végez, vagy termelőmunkát ellenőriz, leginkább a kutató-vegyész által laboratóriumban megállapított eljárások szerint, nem pedig önálló vizsgálati elvek alapján. A vegyészmérnök főként műszaki végrehajtó. Ez érvényesül már a képzésben is, amely a Szovjetunióban és nálunk is, a tudományegyetemeken és a műszaki egyetemeken, megkülönböztetett módon történik.

Hasonló a helyzet a geológusi tevékenységben is ; itt azonban a »kutatógeológusok« képzése mindinkább a műszaki irányba tolódik. A Szovjetunióban, az Amerikai Egyesült Államokban, műszaki egyetemeken »geológus-mérnök« képzés folyik, nálunk Sopronban, illetve Miskolcon valósult ez meg. Az ilyen »kutató-geológus« mintegy összekötő a geológus és a bányamérnök, sőt bizonyos mértékben az általános mérnök között. Az átmeneti munkakör elsősorban az olajkutatásban alakult ki ; itt már régebben működnek »kutató« — és »termelő-geológusok«. Az utóbbiak már sok tekintetben mérnöki teendőt végeznek : meghatározott módszerekkel vezetik és ellenőrzik a termelés kivitelét és menetét. A Szovjetunióban a kutató-geológusnak is sok mérnöki-felügyeleti feladata van. Irányítja kutatóaknák mélyítését, kutatóárkok létesítését, mélyfúrások kivitelét, végzi a mintavételt, munkaellenőrzést és költségelszámolást. Ezzel szemben az általános geológusi feladat a földtani vizsgálat, a földtani tényfelderítés, elemzés, földtani nyomozás, térképezés, külszínen és bányaműveletekben, a legteljesebb laboratóriumi anyagvizsgálattal (ásvány-kőzet-ősmaradványok) és irodalmi fölkészültséggel. Ez semmiesetre sem mérnöki munka.

Ezek szerint a geológus és a mérnök közötti ellentét nem annyira minőségi értékelés, mint inkább munkaterületbeli elhatárolás kérdése. A földtan tudománybeli jellegének megállapítása körüli zavar pedig a tudomány alkalmazásbeli félremagyarázásából, főként pedig a földtanban, az elmélet és gyakorlat egymásbafonódó elhatárolhatatlanságából következik. A földtannak ez a különállósága még szintetikus módszerével is összefügg. A földtan ugyanis, magában véve is alkalmazott tudomány ; a fizika, kémia, biológia és a történelem alapelveit összesítve alkalmazza a Föld jelenségeinek, anyagának és változásainak fölismerésére.

Ezzel a »mérnök« fogalma is új meghatározásra szorul, mert a közhaszná-

latban kissé tág, laza értelmezést kapott. A mérnöki tevékenység mindenképpen meghatározott eszközöket, gépeket, műszereket igényel, s ezeknek irányításában és fölhasználásában jelentkezik a »mérnöki« munka.

Végeredményben a földtan alkalmazott természettudomány, műszaki jelleg nélkül. Vizsgálati megállapításai sohasem öncélúak, hanem a közösség érdekében álló gyakorlati életet szolgálják ; ebből nyer a földtan állandó megtermékenyülést. Vizsgálati eredményeinek gyakorlati megvalósításában jut a műszaki tudományokkal kapcsolatba, a megvalósítás műszaki kivitele azonban már nem földtani munka, hanem mérnöki feladat. Ebben az értelemben a geológus nem *kutat*, hanem *vizsgál* ; mindenre kiterjedő sokoldalúsággal *vizsgálja* a hasznosítható anyagok földtani lehetőségeit. Vizsgáló tevékenysége elhatárolódik a kutató- vagy termelő-geológus szűkebbre fogott mérnöki munkakörétől. Ennek megfelelőleg szakképzésük is különböző : a tudományegyetemen általános geológus, némi műszaki alapismerettel, a műszaki egyetemen pedig mérnök-geológus, földtani alapozottsággal.

Ezzel a megkülönböztetéssel nem az elkülönítést célozzuk, hanem az összetartozás szükségszerű voltát és egymásrautaltsági viszonyát tisztázzuk. Tapasztalás szerint könnyebb a gyakorlat és az elmélet kölcsönös kapcsolatát érzékeltetni, mint az elméleti tudománynak a gyakorlatra való ráutaltságát megállapítani. A gyakorlati geológus, vagy — nem föltétlenül szükséges megkülönböztetéssel — *geopraktor*, a tankönyvek, speciális szakmunkák és folyóiratok kész megállapításaira van utalva. Az elméleti vizsgálódó azonban látszólag függetleníti magát a gyakorlati kivitelezéstől, elmélyed az oknyomozásban, a folyamatok lefolyásának keresésében, s közben a gyakorlati tapasztalatokkal ellentétes megállapításokra is juthat. Ez természetesen nem szembeállítás, mert a geológus, mint azt ősi jelszava, a »mente et malleo«, »kalapácsal és ésszel« is jelzi, minden tevékenységében lényegileg a gyakorlati végrehajtást jelképező kalapácsot és az elméletet szoros együttesben alkalmazza. A megkülönböztetést úgy érzékelhetnénk, hogy a geológus olyan általános ismeretekkel fölruházott szakember, aki feladatát tetőtöl-talpig munkálja, de a kivitelezés különleges eseteit nem hajtja végre. Az elmélet és gyakorlat kérdése tehát leegyszerűsödik olyanformán, mint ahogy betegség esetében az általános orvosi megállapítás után a gyógyítást és kezelést specialistára bízzuk. Az elmélet és gyakorlat a földtanban kétarcú tevékenység, de ez a kétféle tekintet csak egyetlen agyban érzékelődik. Egyik tekintet a legkisebb megfigyelési tényben, töredékszínekben is a szintézis szivárványát tekinti, a másik abban már kőfejtőket, fúrótornyokat, szállítóaknákat lát. Ez a kettősség a földtan veleszületett sajátsága, a tudományoknak specializálódás előtti idejéből. Korunk meggyorsult üteme szétkülönülést követel, mert nem képzelhető a földtani gyakorlat minden ágában egyformán otthonos szakember, mint ahogy a gyakorlóorvos hivatását is meghaladja a speciális esetek kezelése. A kétarcúság megosztására szükség van tehát, de továbbra is csak egymásrautaltságban, a »mente et malleo« szoros együttesében.

Az akadémikus földtan helye tehát a természettudományok között van; nem műszaki tudomány, mint ahogy a matematikát sem sorolhatjuk gyakorlati vonatkozásai miatt a műszaki tudományok közé. Alkalmazott tudományos jellege csak egy része általános természettudományi lényegének. Újabban a geofizikusok is szükségesnek látják már, hogy a »kutató-geofizikus« és az »általános geofizikus« között megkülönböztetést tegyenek.

A tudományos alkotás előfeltétele a tudományban, annak értékében, jelentőségében, szükségességében és hasznosságában való hit. Ennek fölmérője, értékelője a gyakorlat ; ez láttatja a hangosabb, kézzelfoghatóbb, érzékelhetőbb eredményeket. A gyakorlati emberek mindent maguknak kisajátító, előjogokat követelő tudatával szemben nem szabad háttérbe szorítani a laboratóriumok, megfigyelő állomások, kutatóintézetekben és könyvtárakban szerényen meghúzódó szakembereknek az emberi ész alkotni tudására alapított hitét. Ezt biztosítja a szocializmus, a termelés szakadatlan fejlesztője, s a termelés fejlődésétől függő, haladó tudomány elősegítője. A földtant így értelmezzük, s annak haladását a nép szolgálatában, sztálini értelemben véve, a tudományok között biztosítjuk. A szocialista fejlődésben mienk a Föld valóságban is, a tudás eszközeivel járhatunk rajta bármilyen irányban, elhatárolatlanul, társadalmi közösségi kötelezettséggel bár, de emberi korlátozottság nélkül.

HOZZÁSZÓLÁSOK VADÁSZ PROFESSZOR ELŐADÁSÁHOZ:

HEVESI GYULA lev. tag

Vadász professzor előadásában különösen figyelemre és elismerésre méltónak tartom azt, hogy a földtan viszonyát a többi természettudományhoz, valamint a földtani elméleti kutatás viszonyát és a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazását az elmélet és gyakorlat egységének álláspontjáról elemzi .Ebből a szempontból nézetem szerint Vadász professzor előadását követésre méltó kezdeményező kísérletnek kell tekintenünk, egyes hiányosságai és vitatható következtetései ellenére is. Ezekre kívánok néhány szóval röviden rámutatni :

Ezt mondja például az előadás : »Tisztázatlannak látszik az a kérdés, hogy a földtanban jogosult-e és lehetséges-e tudományművelés, vagy a földtani tevékenység csak a gyakorlati kutatás kiszolgálásában merül ki.« Ehhez a kérdéshez fűződik aztán az a megállapítás, hogy »Minden természettudománynak kettős célja és rendeltetése van : elméleti és alkalmazott vagy akadémikus és termelő tudomány«. Ehhez mindenekelőtt az a megjegyzésem lenne, hogy az előbbi kérdést legfeljebb a multban lehetett tisztázatlannak tekinteni, ma azonban ez napnál világosabban tisztázott, mert hiszen soha ehhez fogható elméleti jellegű kutatás a tudomány minden területén Magyarországon nem folyt, mint jelenleg, mikor népi demokráciánk óriási anyagi eszközöket bocsát mind az elméleti jellegű, mind az alkalmazott természettudományi, azaz műszaki kutatás támogatására. Nyugodtan állíthatom, hogy csupán kutatókádereink létszáma és kutatási kapacitása az a határ, amely ennek korlátot szab. Vonatkozik ez a geológiára is, annak ellenére, hogy az Akadémia Földtani Bizottsága megállapította, hogy a Földtani Intézet jelenlegi kutatási témáinak túlnyomó része közvetlen ipari célkutatás, kevés benne az akadémiainak nevezhető téma, és ezért is állt el attól a javaslattól, hogy ezt az intézetet akadémiai intézetté való minősítésre javasolja. Azonban kétségtelen, hogy az elméleti jellegű kutatás területének kibővítése itt is elsősorban tudományos kutatóink kezdeményezésén múlik, mert minden eziránvú, kellően indokolható javaslat az Akadémia részéről a legnagyobb támogatásra fog találni. Ha esetleg a jelenlegi épület- és műszerviszonyok nem is adják meg az ilyen irányú kutatás azonnali feljesztési lehetőségét, a következő évek gazdasági tervezésében kétségkívül megtalálhatjuk erre a módot. Természetesen nem akármilyen jellegű elméleti kutatáshoz járulhatunk hozzá és támogathatunk az állam eszközeivel ; azért is beszéltem bármilyen »indokolt« javaslatról. Ennek megmagyarázására vissza kell térnem a természettudományoknak akadémikus és termelő tudományokra való osztására, mint ahogy azt Vadász professzor teszi. Igaz, itt mindjárt hozzáfűzi azt, hogy ez nem jelent éles elkülönítést vagy merev szembeállást a tudomány és a gyakorlat között. Nézetem szerint azonban ez az

enyhítés nem elegendő. Az elmélet és az alkalmazott természettudományok közötti helyes viszonyt úgy állapíthatjuk meg, ha világosan és határozottan rámutatunk mindkét vonal közös céljára, ami nem más, mint a dolgozó-társadalom jólétének és kultúrális emelkedésének előmozdítása, vagyis más szóval a szocializmus építésének elősegítése. Az a tudomány, legyen az akár emléleti, akár gyakorlati, amely nem ezt a célt szolgálja, az vagy egyes emberek magán szórakozása, tehát a közösséget nem érdekelheti, vagy pedig, mint a nyugati országokban általában, az emberiség ellen irányuló áruló munka, az imperialista gengszterek szolgálatában. Természetesen helytelen és ismét csak a szovjet tudomány példájára hívatkozva, a nyilvánvaló tényekkel ellenkezik, hogy ez a közös célkitűzés valami szűk prakticizmusra való korlátozódást és nem, éppen ellenkezőleg, az elméleti kutatásnak is legmesszebbmenő felszabadulását és érvényesülési lehetőségét jelenti. A szocialista társadalomban, ahol az egész dolgozó lakosság anyagi és kultúrális igényei korlátlanul fokozódhatnak és szükségszerűen a mindenkori maximális lehetőségek megvalósítását követelik, ezeknek a követelményeknek kielégítése csakis a technika elméleti alapjainak, vagyis az »akadémiai« jellegű természettudományok legmesszebbmenő fejlesztése alapján lehetséges. Egy korlátozás azonban itt mégis fennáll, mégpedig az, hogy az elméleti kutatás súlypontját és a ráfordított anyagi eszközök zömét a kutatómunka olyan területeire koncentráljuk, amelyek lehetőleg közelállnak a szocialista építés adott vagy tervezett feladataihoz, és hogy ezeken a területeken az elméleti kutatás célkitűzéseiben is megmaradjunk olyan távlatokon belül, mint amilyeneket a szocialista építés menetének adott történelmi helyzete megenged vagy megkövetel. Ez a viszonylagos korlátozás, amely azonban, ismételten hangsúlyozom, abszolút értelemben óriási bővítést jelent, jut kifejezésre a tudományos kutató munka tervezésében; azt pedig az elméleti kutatás terén éppúgy megvalósíthatjuk és meg kell valósítanunk, mint az alkalmazott tudományok terén. Nem időzöm hosszasabban ennél a kérdésnél, mert ezzel az Akadémiai Nagyhét programmjában szereplő előadásomban amúgyis részletesebben kell foglalkoznom és visszatérek Vadász professzornak a földtanra, mint elméleti jellegű tudományra vonatkozó megalapításaira. Ami a geológiai tudomány tartalmi meghatározását illeti, ez kétségkívül helyesnek látszik, és nem is érzem magam kompetensnek arra, hogy a szerző szakszerű megállapításaihoz itt hozzászóljak. Van azonban a földtani tudomány történelmi fejlődésének magyarázatához adott megjegyzéseinek egy része, amely előttem homályosnak, sőt érthetetlennek látszik és kétségkívül bővebb magyarázatra szorulna. Ezt olvassuk az előadásban: »Tartalmilag a földtan a XIX. században a Föld és az élet természetes együttfejlődésének felismerését szolgáltatta. A XX. század földtana pedig a föld valamennyi természeti erőinek és nyersanyagainak feltárását és kihasználását jelentette. Előbbi az élet valóságának megismerését adja, utóbbi az élet valóságos kiszolgálását . . . .« Nem világos, hogy mit ért itt Vadász professzor a Föld és az élet

természetes együttfejlődése, valamint az élet valóságának (a földtanon keresztül való) megismerésén. Ha azt értjük, hogy az életnek a földön való keletkezése és a legprimitívebb életjelenségeknek az anyagban való kialakulása és azután való továbbfejlődése kapcsolatban van a föld geológiai történetével, s különösen azzal a korszakával, amikor a föld felszínének hőmérséklete már leszállt arra a határra, amelynél ez a folyamat lehetségessé vált, úgy kétségtelen, hogy a biológia a földtani tudomány nélkül ennek a problémának megoldását meg sem közelítette volna. Oparinnak az élet keletkezésére vonatkozó materialista magyarázata bizonyos értelemben kétségkívül a földtani és biológiai tudomány határterületén áll, azonban »az élet valóságának megismerése« itt is sokkal inkább a föld felületén lefolyó kémiai folyamatok megmagyarázásával, mintsem a föld belsejében működő erőkkel és folyamatokkal — amelyek magyarázatát a földtani tudomány adja — kapcsolatos. Kétségtelen, hogy az élet továbbfejlődése, különösen a sejtek létrejöttéig — amely egy igen hosszú geológiai időegységekkel mérhető folyamat volt — szoros összefüggésben állt a földön végbemenő geológiai folyamatokkal, sőt kétségtelen, hogy az élet további fejlődése során is van erre bizonyos befolyása a föld geológiai fejlődésének. Azonban a fejlődés további folyamán ez a kapcsolat annyira közvetetté és távolivá válik, hogy nyilvánvalónak és magától értetődőnek kell tekintenünk azt, hogy »az élet valóságának megismerése« nem a földtan, hanem a biológiai tudomány területéhez tartozik. Hogy mit jelent az »élet valóságos kiszolgálása«, az természetesen könnyebben megérthető, itt nyilvánvalóan a társadalom anyagi szükségleteinek kiszolgálásáról van szó.

Ezekután Vadász professzor felteszi a kérdést, hogy mérnök-e a kutató geológus és műszaki tudomány-e a földtan, és mindkét kérdésre határozott nem-mel válaszol. Ebből a szempontból a kutató vegyészre és vegyészmérnökre vonatkozó analógia helyesnek látszik, valamint kétségtelen az is, hogy az a tudomány, amelynek tárgya sok ezer és sok millió évvel ezelőtt lejátszódott folyamatok felderítésére és megmagyarázása, nem kevesebb joggal nevezhető »akadémikus« tudománynak, mint például a csillagászat, amely tőlünk óriási távolságokban lejátszódó folyamatokat tanulmányoz, noha a csillagászatnak is vannak igen gyakorlati vonatkozásai, nemcsak a közlekedés, de a modern fizika és kémia terén is. Azonban az, aki ma az ipar számára hasznos ásványokat kívánna kutatni, anélkül, hogy ebben az előbbi geológiai korszakokra vonatkozó tudományos ismeretekre támaszkodnék, az nem sok eredményre jutna. Nevezzük ezt a mai földtani gyakorlati kutatót bányamérnöknek, vagy geológusnak, nem különösen fontos kérdés. Szerintem azonban a geológus elnevezés inkább helyénvaló lenne.

Általában minden tudományág specializálásában vannak túlnyomóan elméleti és túlnyomóan gyakorlati jellegű elágazások, anélkül, hogy ezek között, mint azt Vadász professzor helyesen hangsúlyozza, éles elkülönülés, vagy éppen ellentét lenne, s ez természetesen helyénvaló és szükséges a földtani tudomá-

nyokban is. Aligha van olyan tudományág, amelyet a maga teljes egészében tisztán elméletinek, vagy tisztán gyakorlatinak lehetne tekinteni. Már pedig Vadász professzor a földtanra, mint műszaki tudományra vonatkozó határozott nem-jével így döntötte el a kérdést, bár a továbbiakban egész sor átmenetről tesz említést. Itt kétségkívül az a gyakorlati szempont vezette, hogy a geológia hová tartozzék a Magyar Tudományos Akadémia rendszerében ; legyen-e a Műszaki Tudományok Osztályának egy része, vagypedig, mint geológiai csoport, tartozzék-e a Természettudományok Osztályához, és ez utóbbi mellett foglalt állást. Nézetem szerint akkor, amikor a geológia terén az elméleti kutatás és a gyakorlati alkalmazás szempontjai olyan messzemenően és szorosan összefonódnak, mint éppen Vadász professzor előadásából is kitűnik, feltétlenül helyesebb és hasznosabb lenne a geológiának a Műszaki Tudományok Osztályában való helyetfoglalása. Szocialista építésünknek mai legdöntőbb kérdése a nyersanyag-probléma és ötéves tervünk sikere a legnagyobb mértékben függ attól, hogy mennyiben tudja a geológiai tudomány elősegíteni népgazdaságunk nyersanyagszükségletének biztosítását. Szükség van arra, hogy a gyakorlati kutatás a legmesszebbmenően támaszkodjék az »akadémikus« geológiai tudomány minden korszerű eredményére. Ezt pedig mai tudományos és műszaki kádereink rendkívüli hiánya mellett úgy biztosíthatjuk a legjobban, ha geológus tudósaink közvetlenül bekapcsolódnak a műszaki osztály közvetlenebb gyakorlati célokat szolgáló tudományos munkájába.

SZÁDECZKY KARDOS ELEMÉR lev. tag

Vadász mélyenszántó okfejtéssel kimutatta, hogy a földtan vitathatatlanul természettudomány, és a geológus munkája nem műszaki jellegű. A magam részéről szeretném kifejteni, hogy 1. a földtannak a természettudományokkal való kapcsolata jelenleg is erősödik. 2. Másrészt rá kell mutatnom arra a sajátságos, helyesebben mélyen dialektikus jelenségre, hogy amikor a földtani tudományoknak a természettudományokkal való kapcsolata mindinkább kifejezetté válik, ugyanakkor gyakorlatilag és szervezetileg mindinkább a műszaki tudományok felé tolódik. 3. Végül és főkép vizsgálni szeretném, hogy a földtani tudmányoknak a műszakiakhoz való fokozódó kapcsolódása, s így a természettudományoktól való szervezeti távolodása — nem veszélyezteti-e a földtani tudományok fejlődését.

1. A földtani tudományoknak a többi természettudománnyal való elméleti közösségének erősbödését mindenekelőtt arra vezethetjük vissza, hogy a földtan ma már kinőtt az egyszerű leíró, ténymegállapító fejlődési szakaszából. Tényeinek nagy részét *fizikai-kémiai alapon értelmezi* és egymással összefüggésbe hozza, levezeti általános természettudományi törvényszerűségekből. Az így nyert szintézis alapján képes eddig elsikkadt, észre nem vett jelenségek egész sorára rámutatni. Az ásvány- és kőzettannak a kristályosodással, olvadással, izomorf elegyedéssel kapcsolatos jelenségei, továbbá az üledékképződés, a mállás és lerakódás, a kőzetté formálódás, a kőzet-átalakulás mellett a szorosabb értelemben vett földtan, az exogén és endogén dinamika, a lokális tektonika és a geotektonika, általában a nagy földtörténeti jelenségek is fizikai, illetőleg kémiai törvényszerűségek alapjára állítódtak.

Még nagyobb jelentőségű e vonatkozásban, hogy a földtan számára is hozzáférhetővé vált a természettudományoknak az eddigieknél is mélyebb és mind szélesebbé váló *közös elvi kiindulása : az atomszerkezeti alap.* Ma már ezen az alapon lehet levezetni az ásványok legkülönbözőbb sajátságait, értelmezni a különböző magmák, illetve ércek elkülönülését és összefüggését, a magma és kéreg mozgásait, a hegységképző erőket.

Ugyancsak ezen az alapon fejlődött alapvető jelentőségűvé a földtannak egyik legújabb, alig 2—3 évtizedes ága : a *geokémia.* Ez mindinkább döntő szerepet játszik a földtani tudományok szigorú természettudományi alapjainak kifejlesztésében. A geokémia az egyes elemek elterjedését és gyakoriságát vizsgálja a Föld különböző öveiben. Röviden : a geokémia a különféle elemek koncentrációjának tudománya. Minthogy pedig valamely elem akkor válik hasznosíthatóvá, ha bizonyos minimális koncentrációt elér, ezért a geokémia a

gyakorlati földtannak, t. i. a hasznosítható ásványok tudományainak is elméleti alapja.

Nem véletlen, hogy e tudományág éppen az elemek periódusos rendszere felfedezőjének, Mengyelejevnek országában nőtt naggyá, és határozott szovjet tudománnyá vált. Megalapítója Vernadszkij, legnagyobb művelője Ferszman: szovjet mineralogus, illetve geológus volt; a legintenzívebb geokémiai kutatás jelenleg a Szovjetunióban folyik. És nem véletlen, hogy a Szovjetunió gyakorlati geológiai eredményei, pl. a világ leghatalmasabb foszfortelepének és egyik legjelentősebb vanadium- és uránterületének megismerése nagyrészben éppen a szovjet geokémikusok nevéhez fűződnek.

A földtan atomszerkezeti vonatkozásai is túlnyomóan a geokémián keresztül érvényesülnek. Az ásványtannak ezidőszerint legjobban fejlődő része, a kristálykémia, együttesen született meg az atomszerkezeti geokémiával, ugyanannak a mineralógusnak, a nagy Goldschmidtnak ugyanabból a problémaköréből. Mi sem mutatja jobban a földtannak a természettudományokkal való egységét, hogy e neve szerint *kémiai* tudománynak eddigi művelői uralkodóan mineralógusok, petrografusok, geológusok voltak.

Mindez mutatja, hogy a földtannak a többi természettudománnyal való kapcsolata ma is mindinkább mélyül. Halálos csapás lenne a földtani tudományok további fejlődésére, ha a természettudományokkal való kapcsolatát, közös, termékeny és egyedül lehetséges elméleti alapját gyengíteni akarnók. A földtan gyakorlati eredményességét is csak úgy lehet céltudatosan növelni, mindinkább biztos és nagy hatásfokú tudományos alapra helyezni, ha a természettudományokkal való kapcsolatát nemcsak fenntartjuk, hanem erősítjük. Az ismert hasznosítható telepek kifogyása után mindinkább az lesz a feladatunk, hogy újabbakat ne csak véletlenszerűen »találjunk«, hanem céltudatosan *meg*találjuk.

De veszélyeztetnők a földtannak, mint *világnézeti tudománynak* is a további fejlődését, ha természetes ágyából, a természettudományok köréből kiszakítanók, belekényszerítenők abba a sorsba, amelyet, mint Vadász már kifejtette, az egyház szánt neki, amikor a gyakorlati feladatai kihangsúlyozásával elvonta nagy világnézeti feladatától, attól, hogy a dialektikus materializmus egyik hatalmas tudományos alapjává váljék.

2. De vajjon nem lenne elhamarkodott megállapítás, ha ezek után egyszerűen kimondanók, hogy a földtannak *szervezetileg* is a természettudományok körében kell működni?

Erre figyelmeztethet a leghaladottabb ország, a Szovjetunió földtanának újabb fejlődése, ahol minden eddiginél nagyobb mértékű kapcsolat létesült a földtan és a műszaki tudományok közt.

Mi az alapja tehát annak, hogy a földtan műszaki kapcsolatai mindinkább erősödnek, holott ugyanakkor nő természettudományi jellege? Vajjon egyedül az, hogy a műszaki szektornak ásványi nyersanyagszükségletek miatt mind-

inkább szüksége van a földtanra? Nyilván nem, hiszen ezt a feladatot a földtannak ilyen irányú speciális ágai egymagukban elláthatják kisebb szervezés árán is. E kapcsolat mélyülésének alapja elsősorban az, hogy a földtani tudományok éppen saját fejlődésük érdekében kénytelenek gyakorlatilag mindinkább a műszaki tudományokhoz kapcsolódni. A geológus tapasztalati anyagának megszerzése érdekében u. i. mindinkább rá van utalva a műszaki tudományokra. A geológus vizsgálódásainak legfőbb kiindulási anyagát ma már nemcsak a felszín részben természetes feltárásának megfigyeléséből nyeri. A legtöbb területen az első ilyen orientációs jellegű felvétel nagyrészben már megtörtént. A geológusok érdeklődése ma mindinkább a földkéregnek csak nagyobbszabású műszaki műveletekkel elérhető mélyebb részei felé fordul. A jelenlegi geológiai megfigyelések főanyagát a mélyfúrások, bányászati műveletek, út, csatorna, alagút, földalattivasút építése szolgáltatják. Ezért a geológus maga is igyekszik hasonló műszaki jellegű, de nem termelő, hanem kutató mélyfúrásokat, kutató aknamélyítéseket, geofizikai vizsgálatokat, légi és más geodéziai felvételeket kezdeményezni. Mindinkább szüksége van olyan nagynyomású és nagyhőmérsékű kísérletekre is, amelyek gyakorlati kivitele szintén műszaki jellegű feladat.

A geológia további elméleti és gyakorlati munkájának tehát egyenesen feltétele, hogy a műszaki tudományokkal szerves kapcsolatban álljon. A geológiai vizsgálatok és kutatások *szervezési kérdései* ezért nagyrészt *műszaki jellegűek* és mellettük eltörpülnek azok a szervezési kérdések, amelyek a természettudományokkal való folytonosan mélyítendő kapcsolatát tartják fenn. Ez utóbbit egyszerű irodalmi, laboratóriumi, előadási és személyes kapcsolatok biztosítják.

Ebből természetesen *nem* következik, hogy a *közvetlen felszíni megfigyelés* szerepét a jövőben lebecsülhetnők. A közvetlen megfigyelés szerepét egyenesen növelik a nagy műszaki műveletek által létrehozandó feltárások. De a műszaki eszközökkel szerezhető megfigyelés ma is még rendszerint csak 1—2 km, maximálisan 5—6 km mélységig terjed. Igen keveset tudnánk a földkéregről, vagy akárcsak a 60—80 km vastag kontinentális táblákról, ha csak e néhány km-es megfigyelésre volnánk utalva. A geológus azért képes ma már a földkéreg mélyebb részeiről is határozott és egyértelmű megállapításokat tenni, mert a természeti erők évmilliós pusztító hatása a földkérget helyenkint hatalmas vastagságban letarolta. Így pl. Észak-Európában a kontinentális táblának helyenként ma olyan részei vannak felszínen, amelyek valamikor a földkéregnek 30—40 km mélységben keletkeztek. Tudásunk előrevitelében tehát a felszíni megfigyelés döntő jelentőségű.

Van a földtan és a műszaki tudományok kapcsolatának egy ma már jól ismert másik természetes alapja is, az t. i., hogy a tudományok rohamos fejlődését mindig a gyakorlati szükséglet indítja meg. Nyilván felesleges kifejteni, hogy még a matematika, optika, geometria legelvontabbnak látszó fejezeteit is a gyakorlati élet valamilyen szükséglete fejlesztette naggyá, hiszen pl. Lange-

vin erre vonatkozó dolgozatai — részben a hazai folyóiratainkban megjelent átültetésekből is — jól ismertek. Hogy ez ugyancsak így van a bányászat egyik részeként keletkezett földtan esetében, azt Vadász az imént fejtette ki.

A gyakorlati élet követelményeinek ez az ösztönző nyomása a földtani tudományokra ezidőszerint ugyancsak fokozódik. A technika nyersanyagszükségletei már nem is elégíthetők ki rendszerint az eddig elsőrendűnek tartott anyagokkal, hanem a kisebb értékűnek tekintett nyersanyagokból fokozódóan mélyreható műszaki eljárásokkal kell kinyerni őket. A geológusnak mérlegelnie kell e műszaki átalakítások lehetőségeit, hogy mindinkább ráirányíthassa a gyakorlat figyelmét olyan kőzetekre, amelyeket eddig nem tekintettek hasznosíthatónak. A kőolaj helyettesítése szénolajjal történhetik valamely közismert kőszénelőfordulásból, de történhetik közgazdaságilag még eredményesebb módon, esetleg egy eddig tekintetbe sem vett, kisebb értékűnek minősített, egyedül a geológus által kimutatható szenes telepből is. Hasonlókép a kokszproblémák megoldásában a kőszéngeológus javaslata új irányt jelölhet meg. Mindez azonban csak akkor lehetséges, ha a geológus állandó szoros, szervezett kapcsolatban áll a műszaki kutatással.

Mindebből világos, hogy a földtannak saját fejlődése érdekében is szüksége van a műszaki tudományokkal való fokozódó kapcsolatra.

3. Azonban a műszaki tudományokkal való szervezeti kapcsolat nem nyomja-e majd el a műszakiak közt csaknem magában álló földtani tudományokat? Vajjon nem fogja-e egyoldalú szűk prakticizmusra kényszeríteni, a pillanatnyi gyakorlati szükségletek egyszerű kiszolgálójává degradálni a geológiát, és meggátolni további fejlődésében? Ez éppen műszakilag lenne veszélyes, mert a gyakorlati geológiai tudományos fejlődését is megakasztja.

E kérdés a *kapitalista rendszerben* teljesen jogos, és ott határozott igennel kell rá felelni. Az egymással versenyző vállalatok ott pillanatnyi szükségletük kielégítését, azonnal vagy rövidesen rentabilissá váló ú. n. »hasznos« munkát követelnek a geológustól. Megtiltják sokszor még a véletlenül felmerült új és tisztán tudományos adatok közlését is, nehogy ezáltal a versenytárs ügyét vigyék előre. A kapitalizmus tehát szükségképpen szétválasztja a földtani tudományokat egy tisztán elméleti és egy tisztán gyakorlati ágra. Az elméleti ú. n. magasabb igényű ágát a természettudományokhoz, a csekélyebb igényűnek tekintett gyakorlati ágát a műszaki tudományokhoz csatolja. E dialektikus ellentét ott nem kapcsolódhatik szintetikus egységgé. A kettészakítottság jelentékeny hátrányt jelent a földtan számára, mert elméleti ága nem élvezheti a műszaki kapcsolat termékenyítő hatását, gyakorlati ága az elméletiét, s ezenfelül kénytelen eltitkoló rendszerrel dolgozni, és így ugyanazt a tételt újra és újra felfedezni. De hátrányt jelent ez a gyakorlati geológus műszaki gazdája számára is, mert a geológia elméleti továbbfejlődésének gyakorlati eredményeitől fosztja meg önmagát. Végső fokon a kettészakítottság a kollektívum számára hátrányos.

Alapjában megváltozik, mondhatni ellentétessé válik a helyzet a *szocializmus*ban. A dialektikus ellentét a természettudományi és műszaki kapcsolatok egyidejű rohamos fejlődése tekintetében itt éri el a maximumát, de itt oldódik is fel szintetikus egységgé. Ugyanis a földtani tudományokat itt éppen saját elméleti fejlődésük biztosítása érdekében is teljes egészükben a műszaki tudományokhoz lehet szervezetileg kapcsolni, anélkül, hogy a műszaki gazda kénytelen lenne a geológust kizárólag a maga közvetlen szolgálatára kisajátítani. Minthogy a műszaki tudományok szervezése nem egy vállalat, hanem az egész kollektívum érdekében történik, a műszaki gazda kötelessége mindent megtenni az általa adminisztrált tudományok további elméleti fejlődése, tehát a kollektívum érdekében. *Kötelessége* a földtani tudományok esetében a természettudományi kapcsolatokat elősegíteni, és másrészt olyan — akár költséges — műszaki jellegű kutatási eljárásokat is biztosítani, amelyek eredménye nem hasznosítható közvetlenül, de a kollektívum hasznát jelenti a távolabbi jövőben. A szocialista rendszer nemcsak szükségesnek látja, hanem képes is ennek érdekében anyagi áldozatot biztosítani a tudományoknak, mint azt a magyar épülő szocializmusban a tudomány minden hazai munkása saját személyében is tapasztalhatta.

Összefoglalóan megállapítjuk tehát, hogy a földtan és műszaki tudományok viszonya dialektikus: a földtan a természettudományokhoz tartozik, és e hovatartozása mindinkább fejlődik, de gyakorlatilag jelenleg nálunk is már teljes egészében a műszaki tudományok szervezése körébe kerülhet. Nyilván ez felel meg népünk, a magyar épülő szocializmus érdekének is és a kérdést végső fokon egyedül ez a szempont döntheti el.

KERTAI GYÖRGY

Vadász Elemér előadásában felvetette a kérdést, hogy az elmélet és gyakorlat egybefonódásának ismerete és szükségessége mellett *mérnöki* jelleget kapott-e a geológusi tevékenység.

A kérdésre határozott nemmel kell felelnünk. Mérnöki jelleget nem kapott, szigorúan természettudományos alapokon mozog a geológusi munka. Arra kell azonban felhívnunk a figyelmet, hogy ez a megállapítás egyáltalában nem jogosít bennünket arra, hogy a geológusi munka feladatait a gyakorlattól, a műszaki, termelési célkitüzésektől egy lépéssel is eltávolítsuk. Ellenkezőleg. A magyar geológiai tudomány nagyrabecsült, eredményekben gazdag multjához viszonyítva sokkal szorosabbra kell fűznünk a kapcsolatot a gyakorlat, a termelés és a tudományos munka között, mint ahogyan eddig tették.

Geológusaink többsége állami Földtani Intézetünkben tevékenykedik. E tevékenység még a közeli multban is magán hordta a burzsoá tudománypolitikából fakadó kettősséget : a gyakorlattól elszakadt öncélú szemlélődést, az ú. n. »tiszta« elméleti tudományt és az egyes szükséges gyakorlati feladatok megoldásának alkalomszerű, kampányszerű jellegét. Az ilyen munkamódszer nem tette lehetővé a Vadász Elemér által is idézett engelsi viszony érvényesülését, a tudomány és a technika termékenyítő egymásrahatását. A geológusi munkának a Vadász Elemér előadásában igen szemléletesen kifejtett kétarcú tevékenysége nem bontakozott ki — a legtöbb geológus munkája nagyon is egyarcú volt, — és igen kevésszer mutatkozott meg »a töredékszínekben a színtézis szivárványa«.

Ha most e vitaülés keretében a Magyar Tudományos Akadémia állást foglal a földtannak a természettudományokhoz való tartozásáról, akkor élesen és világosan le kell azt is szögeznünk, hogy mit jelent a haladó természettudomány.

Nem jelenti a természet törvényeinek csodálattal teljes leírását, magyarázatát, hanem jelenti annak fáradhatatlan kutatását, hogy a természet megismerésével hogyan járulhatunk hozzá a világ megváltoztatásához, a termelés fejlesztéséhez, a szocializmus megvalósításához. Minden műszaki mesterség tudományos oldala a természettudományi megállapításokban gyökerezik. A szervezetileg a műszaki területtől eltávolódó földtan kutatói nem eshetnek vissza abban a helytelen szemléletbe, amely a termelés alapfeltételéül, annak központi kérdéseként a természetben rejlő törvényszerűségeket állítja, és elveszti célkitüzéséből a természet műszaki módszerekkel való irányításának nagyszerű feladatát.

Amikor a földtan tudományának »kettős«, ú. n. »tiszta-akadémikus« és »alkalmazott-termelő« feladatairól szól Vadász Elemér, vigyáznunk kell, hogy az

ő — összefüggéseiben helyes — okfejtéséből ne merüljön fel még a látszata sem annak, mintha az öncéluságnak helye volna a tudomány területén. A gyökértelen »tiszta« geológiára is érvényesek Dobroljubov megállapításai, melyeket Topcsiev a Szovjet Tudományos Akadémia főtitkára idéz a tudomány és a gyakorlat egységéről szóló értekezésében, a «tiszta« tudományok szolgálóiról : »Az ő tudományuk elméleti, és célja a művelt ész gyönyörködtetése. E csemege tudomány egyedül csak azon fáradozik, hogy tökéletesítse a jól terített asztal különböző fogásainak elkészítését — azonban a tudomány ilyen csemege irányzata aligha érdemel különösebb tiszteletet.« Amint Engels írja a Tőke előszavában, a tiszta teoretikusok a társadalmi érdekek területén menthetetlenül a reakció oldalára kerülnek »és éppen ezért ezek az urak a valóságban egyáltalán nem teoretikusok, hanem egyszerűen a reakció védelmezői.«

Tudományunk kettős értelmezésének másik helytelen elhajlása pedig az, amelyre Fogarasi Béla hívja fel a figyelmet a Társadalmi Szemle novemberi számában : az elméleti közömbösség. Az átfogó elméleti szintézisek hiánya, a szükkörű speciális kutatások egyoldalusága kétségtelenül a »szük prakticizmus« megnyilvánulása, s ha földtani kutatásaink területén mutatkozik, ugyanúgy gátlójává válhatik a fejlődésnek, mint a gyakorlattól való elszakadás. »A szaktudományok messzemenő speciálizálódása mellett valóban ellensúlyozást kell nyerni az átfogó, elméleti szintézisre való törekvésben, a módszer kérdéseinek gondos megvitatásában. A szovjet tudomány éppen ezen a téren nyujt nélkülözhetetlen segítséget — amelyet azonban természetesen fel kell használni tudni.«

Akár a műszaki, akár a természettudományok közé soroljuk szervezetileg a földtan tudományát : a feladatok és a módszer területén vitának helye nincsen.

Az elvi kérdés mellett fel kell vetnünk a geológusi tevékenység gyakorlatában is a Vadász Elemér által említett kettőséget : a különbséget a tudományos intézetben dolgozó »vizsgáló« és a Vadász által »geopraktor«-nak nevezett gyakorlati geológus között. Ezt a kettőséget még hármassággá változtathatnánk, ha a geológusnak a kutatás eredményessége után, a termelés folyamatában szükséges rendszeres tevékenységére utalunk.

Az érc- és kőszénbányászatban a geológus tevékenysége valóban általában befejeződött a kutatás tárgyának, a szén vagy érctelepnek, felfedezése után. A geológus ezután átadta helyét a bányamérnöknek, ő irányította a nyersanyagkincs lemüvelését. A nyersanyag-tömeg a bányában feltárul a műszaki feladat számára. Nem ez a helyzet azonban a víz, földgáz, vagy különösen az olajbányászat esetében. A nyersanyag a mélyben van, és a leművelendő olajtelep termelési kérdéseiben mindig olyan új és új feladat áll a termelő előtt, melynek megoldásához a földtani tudományok ismerettárára is szükség van. A rétegtani, őslénytani, kőzettani, ásványtani, tektonikai tudományágak módszerei és ismeretei szorosan kapcsolódnak a termelés folyamatához. Minden egyes új termelő

kút és réteg új geológiai probléma felvetését és megoldását követeli. A feladatok megoldása nem nélkülözheti a vizsgáló-kutató tudományos tevékenység szélesköru alkalmazását.

Ezen a téren a technika szükségszerűen hatott is a tudományra, és hazánkban, ha kevés számban is, de kifejlődött kutatóinknak egy speciális fajtája, az ú. n. termelő-geológus.

Ezeknek a speciálistáknak további fejlődése azonban éppen nem a kettősség vagy hármasság kifejlesztését, vagy »szentesítését« teszi szükségessé. Éppen a technika további fejesztése érdekében arra van szükség, hogy ezek a geológusok közelebb kerüljenek a tudományos vizsgálatok »kicsit elzárt berkeihez« — hogy »elefántcsont palotának« ne is nevezzük poros és csak legújabban kiszellőzött Állami Földtani Intézetünket. Ugyanakkor természetesen az Állami Földtani Intézet geológusainak sokkal közelebb kell kerülniük a termelés frontjához. Nem történnék meg akkor az, ami legutóbb, amikor a Földtani Intézet a többszörös elvi álláspont hangoztatására, hogy kapcsolódjék be az ötéves terv egyik legfontosabb feladatába, az olajkutatás munkálatába, úgy reagált, hogy a fúrási minták és a kútvizsgálati jelenségek rendszeres, utólagos beküldését kérte. Ezzel a régi Földtani Intézet szellemében az eredmények regisztrálását, a kiszáradt vagy penészes minták »további feldolgozását« véli a kutatás és termelésbe való bekapcsolódás útjának. Ilyen módon a kutatást előbbre nem visszük, de gazdagítjuk a tudományos bürokráciát.

Az állami földtani kutatás irányításának össze kell fonódnia a kutató és termelő üzemekkel, az üzemek tudományos munkásainak meg kell adni a lehetőséget vizsgálati és kutatási eljárások tökéletesítésére. Ez viszi előre a technikát és a tudományt.

Továbbmenve azonban a földgáz és kőolajbányászat tapasztalatainak vonalán, földtani kutatásunkra a nyersanyag-kutatás és termelés frontján további jelentős feladatok várnak. A műszaki feladatokkal kapcsolatban a termelés területén a földtani tudomány ismereteivel még sokat lehet és kell segíteni a bányászatnak és a termelés egyéb szektorainak. Egészen biztos, hogy a kőszén vagy érctelep leművelésében a mikroszkópjával dolgozó petrografus a termelés folyamata közben is előbbre viheti a technikát, úgy, ahogyan a Szádeczky Kardoss Elemér által kidolgozott szénkőzettani vizsgálatok nagyértékű segítséget nyújtanak a magyar kőszénkincs helyes termelésére vonatkozólag. Ezen a téren még igen sok a tennivalónk. Itt csak a Protogyakonov-féle boltív teória alapján a szovjet-bányászatban nagyjelentőségűvé fejlődött kőzetfeszültségvizsgálatokra utalok. Ezek során a kőzetek szilárdságának rendszeres vizsgálata még laza kőzetek esetében is biztonságosabbá teszi a hosszú fejtések kihajtását. Az Összszövetségi Szénbányászati Kutató Intézet munkálataiban a föld alatt leművelt térségek feletti kőzetek elmozdulásainak tanulmányozásakor a tektonikai megállapításoknak, módszereknek is jelentős hasznát látták. A bánya kőzeteinek a fúrással és repesztéssel történő leművelésével szembeni ellenállásának

és a kőzet szilárdságának tanulmányozásával a bányászati művelet gyorsítását vitték előbbre a szovjet geológusok.

A műszaki és termelési munkálatokkal kapcsolatos geológiai feladatok azonban nemcsak a bányászat területén, hanem a mély és magasépítés, a közlekedés, a mező- és erdőgazdálkodás, az egészségügy és a honvédelem területén ugyancsak jelentősek és tervszerűen szervezett megoldásra várnak.

Ezeknek a feladatoknak végehajtása, éppen a műszaki és termelési feladatok tökéletesebb megoldása érdekében, földtani dolgozóinknak és elsősorban új, fiatal szakembereinknek kötelessége. Ezért a földtani tudományok természettudományos ismerettárának birtokában ki kell fejleszteni a Lengyelországban helyesen »geotechnikának« nevezett tudományágat. A geofizika és geokémia módszereinek, ismereteinek felhasználásával a Lengyelországban »geoanalitika« néven egyesített eljárásokkal a magyar föld mélységeinek minőségi és szerkezeti adatait kell vizsgálni, és a vizsgálatokat a termelés fejlesztésének frontján felhasználni.

Ha az eddigi szervezetlenül történt kőzetvizsgálatokat a »geotechnika«-i módszerek kifejlesztésével geológus és mérnöki szintézis váltja fel, nem történhetik az meg, ami legutóbb a budapesti gyorsvasút építkezésénél történt, hogy a kőzetet elszigetelten, összefüggéseik nélkül vizsgáló talajmechanikusok vizsgálatának eredménye nem fedte a valóságos helyzetet, és az építkezőket meglepetések elé állította.

A mezőgazdaság szolgálatában álló agrogeológia sem elégedhetik meg az ország talajtérképének elkészítésével, hanem a mezőgazdasági termelés közben bele kell, hogy avatkozzék a termelésbe. Megint csak természettudományi ismereteinek és módszereinek felhasználásával kell, hogy a több- és jobbtermelés érdekében a talaj komplexvizsgálatát és javítását vigye előbbre, úgy, ahogy azt Dokucsájev, Koszticsev és Viljamsz nyomán a szovjet agrogeológusok tették.

Mindehhez természetesen elsősorban az szükséges, hogy 1. új szakembereinket megfelelő kiképzés után és megfelelő helyen állíthassuk munkába, 2. földtani kutatási intézményünk megindult átszervezésének helyes irányt adjunk. A Tudományos Akadémia geológiai szakbizottsága október 10-i határozatának értelmében mielőbb létre kell hozni az egészséges Állami Földtani Intézetet, amely az ország legjobb szakembereinek vezetésével, az egyes feladatkörökre tagolt osztályaival képes lesz arra, hogy a termelésbe is beavatkozzék és arra, hogy az akadémiai és egyetemi kutató intézetekkel együttműködve, a szükséges nagy szintéziseket is végrehajtsa. Jelenlegi szakember-létszámunk mellett nincs lehetőségünk arra, hogy külön szakember-csoportra bizzuk a vizsgálati módszereknek és ismereteknek előbbrevitelét. Nincs annyi geológusunk, vagy annyi — a szükséges természettudományi ismeretekkel rendelkező — mérnökünk, hogy »geológus-mérnököknek« szükséges nagylétszámú gárdáját állíthassuk ki belőlük. A valóságos helyzet úgyis az, hogy a termelés és kutatás feladatainak megoldására ismételten, részletkérdésekben is igénybe kell vennünk azt a néhány kimagasló, Kossuth-díjas akadémikusunkat, akiknek valóban csak az elmélet továbbvitele és a legfelső irányítás volna a feladatuk.

A természettudományosan megalapozott geológusi tevékenység jövőbeni specializálódására műszaki egyetemeink fejlődésével megnyilt a lehetőség. Figyelembe kell azonban vennünk azt, hogy a Szovjetunió legfelsőbb fokon nevelő intézetei sem geológus és geológus-mérnök formában választják ketté a geológusokat, hanem specialistákat nevelnek a kőszén, az kőolaj, az érc, a só, a mezőgazdasági, a vízgeológia számára ; e szakembereket a természettudományi ismeretanyag mellett a szükséges műszaki ismeretekre is megtanítják.

Vadász Elemér előadásából kicsendült a felszabadult tudós öröme a tudomány szabadsága miatt és megvetése az idealisztikus burzsoá áltudomány felé. Ezzel kapcsolatban a földtan tudományának még egy fontos, szigorúan természettudományos feladatára akarom felhívni a figyelmet. Természettudósaink nagy része — amint Fogarasi elvtárs idézett cikkében írja — »ösztönös materialista«. Mi azonban a geológia frontján sem elégedhetünk meg ezzel az ösztönös materializmussal, mert ez könnyen tévedhet ködös utakon át az idealizmus tudományt és fejlődést megfojtó zsákutcájába. Nekünk, geológusoknak, tudatosan és fáradhatatlanul kell művelnünk tudományunk átfogó ténymegállapításai és haladása érdekében a dialektikus materializmus engelsi, lenini, sztálini tudományának módszereit. Ez a módszer, amint Mityin szovjet akadémikus írja : »végetvet a dialektikus módszerekkel«, s hozzátehetjük, a materialista módszerekkel való »mesterkedésnek«. Igazi és haladó természettudományt kell művelnünk, hogy ezzel is hozzájáruljunk annak a világnézeti harcnak győzelméhez, amely elmaradhatatlan kísérő jelensége az imperializmus és a szocializmus harcának. Sztálin szavaival »a réginek újjal vivott harcában az új legyőzhetetlen«. És ebben a harcban a földet formáló erők és a fejlődés törvényeinek tisztázása terén fontos feladat vár a geológus természetkutatókra.

Összefoglalva végül az elvi álláspontot : ismét leszögezzük, a geológia módszerei természettudományos módszerek ; gazdagodó ismerettára a természettel való harcában segíti az embert. A geológia feladatai, célkitűzései azonban a bányászati, mezőgazdasági, energiagazdálkodási, vízgazdálkodási haditechnikai termelés területén teljesednek. Nem nevezhetjük ezért a geológiát műszaki vagy akár mezőgazdasági tudománynak, hiszen pl. a természettan (fizika) is természettudomány, pedig a műszaki tudományok gerince. Ahogy nincsen mozgás anyag nélkül, úgy nincs műszaki tudomány és megvalósítás a természettudomány nélkül.

Szocializmust építő ötéves tervünk szervezetileg minden tudományt ott kell hogy mozgósítson, ahol a termelés fejlesztése érdekében a kutatók a leghatásosabban működhetnek : ez pedig jelenleg a műszaki feladatok mellett van.

KÁPOSZTÁS PÁL

Az előadásnak két mondatához szeretnék hozzászólni. Az egyik egy fontos megállapítás, a másik egy feltett kérdés.

Nemcsak hazai, de külföldi viszonylatban is időszerű megállapítás az előadásnak ez a mondata :

»*Néhány évtized óta fokozódott a földtannak műszaki kapcsolata, s ez a geológusi tevékenységben gyakran zavartkeltő és esetleg kielégíthetetlen igényeket támaszt.*«

Ez az időszerű és regionálisan is érvényes megállapítás egyben egy megoldandó feladatot is körvonalaz. A feladatot véleményem szerint, a geológusképzés megfelelő módosításával meg lehet oldani.

Hogy a hiányokat és teendőket megismerhessük, vizsgáljuk először a geológusi és műszaki tevékenység közötti jelenlegi kapcsolatokat, főleg a gyakorlat vonalán.

A geológusnak szorosan vett műszaki vonatkozású tevékenysége két részre különíthető. Az első a hasznosítható ásványanyagok kutatásával és feltárásával kapcsolatos, ilyenkor a geológus földtani megfigyeléseivel és elméleti ismereteivel segíti a bányamérnököt a bányaművelés egyes fázisaiban. A másik, műszaki irányú tevékenységével mélyépítési munkálatoknál, így alagutak, aknák, utak, vasutak, csatornák, völgyzárógatak, stb. építése érdekében végez a geológus nélkülözhetetlen földtani vizsgálatokat.

A geológusnak és a termelő bányamérnöknek ölelkező munkaterületét, tevékenységük kapcsolódásait az előadó főleg a saját közel egy negyedszázados gyakorlati működése alatt szerzett tapasztalatai alapján igen jellemzően ismertette.

Az ásványos anyagok kutatásával, feltárásával kapcsolatos munkálatok körül a geológus és bányamérnök között tökéletesnek mondható az együttműködés. Geológusaink kutatásaiknál, a műrevalóság megállapításánál mindig szemmeltartották a dúsítási és kohászati technika újabb vívmányait, és az u. n. bányageológusi tevékenységüket ezek ismeretében végezték. Az ásványos anyagok kutatásával és termelésével kapcsolatos feladatok megoldását a Sopronból most kikerülő u.n. kutatómérnökeink a jövőben még tökéletesebben fogják biztosítani. Itt tehát nincs hiba.

A bányamérnöknek néhány, de igen fontos munkaterületén azonban teljesen hiányzik a geológussal való együttműködés. Vonatkozik ez a megállapításom elsősorban a bányászati mélyépítési munkálatokat megnehezítő uszó-, duzzadó- és nyomásos kőzetek és rétegek fontosabb földtani, és kőzettani sajátságainak megismeréseire.

Fokozottabb mértékben érezhetők ezek a hiányok azonban a szorosan vett mélyépítési munkálatoknál.

A földtannak műszaki tudományok közül elsősorban a *mélyépítéssel* való határterülete volt sokáig parlagon heverő mesgye, és alig három évtizede annak, hogy a műszaki létesítményeket hordozó vagy magábafoglaló talajnak, illetve rétegnek kölcsönhatásaival, azaz feszültség és alakváltozásaival kezdettek foglalkozni.

Amig a rétegekbe vagy a felső rétegekre épített műszaki létesítmény anyagának (fa, vas, tégla, beton, stb.) összes szilárdsági jellemzőit és adatait a legkülönbözőbb elméletek alapján számításba vették, és igénybevételük meghatározásánál többszörös biztonságot is írtak elő, addig ezeket a létesítményeket hordozó réteget vagy építőtalajt minden részletesebb földtani vizsgálat nélkül, csupán *érzés* szerint, *jó* vagy *rossz* megjelöléssel vették tekintetbe.

Körülbelül három évtizede már annak, hogy a mélyépítés az egyre növekedő méretek és talajigénybevételek miatt szükségesnek találta a talajnak mint építőanyagnak rendszeres megvizsgálását. A talaj fizikai tulajdonságainak meghatározására vonatkozó módszer és az ebből fejlődő tudomány — *a talajmechanika* — tudományos alapelveit Terzaghi fektette le, és az ő tanítása nyomán e fiatal tudomány a földtani szemléletet mellőzve csaknem kizárólag fizikamechanikai irányban fejlődött. A földtani ismeretek hiánya a talajmechanika megállapításai mellett egyre nagyobb szükségszerűséggel jelentkezett, s ez nemcsak a gyakorlatban vált érezhetővé, de az irodalomban is kifejezésre jutott. Az időközben megjelent u. n. mérnök-geológiai tan- és kézikönyvek is két szélsőséges irányt képviseltek. Akár a néhány hónap előtt megjelent szovjet Kulák, vagy a nyugati pl. Stiny u. n. mérnökgeológiai munkáját nézzük, ezek kb. 80%-ban általános geológiai ismereteket közölnek ; viszont Bendel új kétkötetes mérnök-geológiájában földtani irányú megfigyelésekkel úgyszólván alig találkozunk, mert ez a munka az egyes földtani jelenségeket mechanikai, szilárdságtani és matematika-statisztika alapon tárgyalja építőmérnöki vonatkozásban.

A mélyépítő mérnök igényeit egyik irányzat sem elégítheti ki, és erre vezethető vissza az előadás első mondatában lerögzített elégedetlenség a geológus műszaki vonatkozású tevékenységével szemben.

Mi hát itt a teendő ? Véleményem szerint az első lépés : Módosítani a geológusképzést a mélyépítő-mérnöki gyakorlat szempontjából. Alkalmazkodnia kell a geológusnak az ezen a területen felmerülő kívánságokhoz éppúgy, mint ahogy alkalmazkodott az idők folyamán a termelő bányászathoz, és sikerrel oldotta meg mint »bányageológus« a bányamérnök földtani feladatait. Ahogy segítségére tudott lenni a mezőgazdaságnak mint agrogeológus, éppúgy kell, hogy földtani megfigyeléseinek eredményeit most a mélyépítés szolgálatába állítsa mint »mérnök-geológus.«

Hangsúlyozottan mondom, mint »*geológus*« és nem mint »*geológus-mérnök*«.

A geológus tehát maradjon és legyen továbbra is geológus, függetlenül attól, hogy elméleti födtani ismereteit, megfigyeléseit a bánya- vagy a mélyépítő-mérnök feladatainak megoldása érdekében végzi-e.

Ez egyben a válaszom az előadásban feltett kérdésre:

»*Mérnök-e tehát a kutató-geológus* ?«

A válaszom: Nem. A geológus esetleg lehet mérnök-geológus, de geológus-mérnök nem, mint ahogy tudományos földtani felkészültségét sem lehet mérnöki tudománynak minősíteni.

Befejezésképen legyen szabad visszatérnem az előadás idézett mondatában helyesen lerögzített, és a geológussal szemben mérnöki vonatkozásban támasztott igényekre.

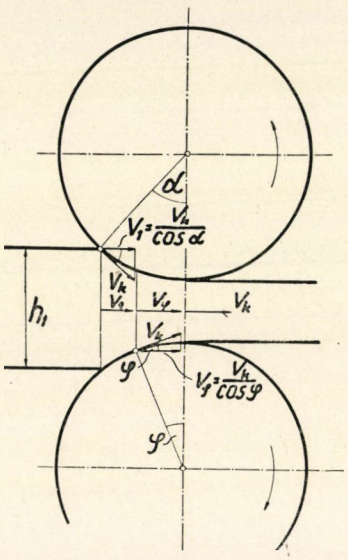
Ahogy a geológus már az együttes történelmi mult alapján megtanulta a bányaművelés egyes követelményeit, és ezekhez alkalmazkodni is tudott, éppúgy kell, hogy elsajátítsa a mélyépítő-mérnöki tevékenység egyes fázisait is, hogy földtani vizsgálódásainak eredményét a talajmechanikai megállapításokkal együttesen tudja a mélyépítési munkálatok egyes szakaszaihoz: a tervezéshez, a költségvetéshez, a kivitelezéshez, valamint a fenntartáshoz a mérnök rendelkezésére bocsátani.

Hiszem, hogy a magyar geológusok eddigi sokoldalú és eredményes működésük terén szerzett tapasztalataik alapján ezt az új feladatot mind a geológusképzés, mind a gyakorlat terén is sikerrel fogják megoldani.

A HENGERLÉSNÉL FELLÉPŐ KÖZEPES ALAKÍTÁSI ELLENÁLLÁS ÉS A HENGERLÉSI MUNKA KISZÁMÍTÁSA

GELEJI SÁNDOR lev. tag

Ez a cikk azt a célt szolgálja, hogy eddig már több munkámban kifejtett hengerlési elméletemet továbbépítse. Egyes elhangzott felszólalások alapján is úgy érzem, hogy hengerlési elméletemet bizonyos vonatkozásokban jobban meg kell világítanom, illetve ki kell egészítenem.[1]



Mielőtt rátérnék a hengerlésnél fellépő erők és a hengerlési munka kiszámításának tárgyalására, meg kell világítanom a hengerlésnél fellépő kinematikai viszonyokat, mert ezek nélkül hengerlési elméletem nem érthető meg.

Már több dolgozatomban rámutattam arra, hogy a hengerlésnél a darab még abban az esetben sem szalad csúszásmentesen keresztül a hengerek között, ha keresztmetszete egyszerű derékszögű négyszög, és a hengerlés síma hengerek között történik. Ezt úgy kell érteni, hogy a henger minden egyes felületeleme a hengerek közé befogott darab vele érintkező felületelemén hengerlés közben a hengerlés irányában vagy előre csúszik, vagy visszamarad.

[1] The Engineer's Digest (London) 1948. No. 4.
The Engineer's Digest (New-York) 1948. No. 11.
Stahl und Eisen, 1949. No. 2. 57.
Stahl und Eisen 1949. No. 13. 447.
Applied Mechanics Reviews, 1948. Vol. 1. No. 2. 50. s. i. t.

Hogy a viszonyokat jobban megérthessük, vizsgáljuk meg először azt az elméleti határesetet, amelynél a hengerelt darab felületelemei a hengernek ugyanazokkal a felületelemeivel érintkeznek a belépés pillanatától a kilépés pillanatáig. Ez azt jelenti, hogy a henger nem csúszik a darabon. Legyen v_k a hengerek kerületi sebessége (1. ábra) h_1 a darab magassága szúrás előtt, h_2 a szúrás után, b_1 a darab szélessége a szúrás előtt és b_2 a szúrás után α a befogás szöge.

A csúszásmentes keresztülfutást a következő egyenlet jellemzi:

$$v_k \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot \cos \alpha = v_k \cdot b \cdot h \cdot \cos \varphi = h_2 \cdot b_2 \cdot v_k \tag{1}$$

Ebben az esetben a darab szélessége b_1-ről b_2-re szélesedik, miközben a hengerek között keresztül halad. Hogy minden keresztmetszet szélessége nagyobb a következőnél, azt a következő meggondolás igazolja:

Az (1) egyenlet értelmében

$$b_1 \cdot h_1 \cdot \cos \alpha = b \cdot h \cdot \cos \varphi = b_2 \cdot h_2 \tag{2}$$

minthogy

$$h + 2 \cdot r \cdot \cos \varphi = 2 \cdot r + h_2$$

következésképpen

$$h = 2 \cdot r + h_2 - 2 \cdot r \cdot \cos \varphi \tag{3}$$

és

$$h' = h \cdot \cos \varphi = (2 \cdot r + h_2) \cdot \cos \varphi - 2 \cdot r \cdot \cos^2 \varphi \tag{4}$$

Ez az egyenlet bizonyítja, hogy 45°-ig h' a φ növekedésével folyton növekedik, tehát

$$h_1 \cdot \cos \alpha > h \cdot \cos \varphi$$

Amennyiben a (2) egyenlet érvényes:

$$b_2 > b > b_1$$

Tehát a darab hengerek között levő részének minden egyes keresztmetszete nagyobb szélességű, mint az utána következő keresztmetszet.

A darab összes szélesedése csúszásmentes keresztülfutás esetén:

$$\triangle b_0 = b_2 - b_1 = b_1 \cdot \left(\frac{h_1}{h_2} \cdot \cos \alpha - 1 \right) \tag{5}$$

minthogy (2) egyenlet)

$$b_2 = b_1 \cdot \frac{h_1}{h_2} \cdot \cos \alpha$$

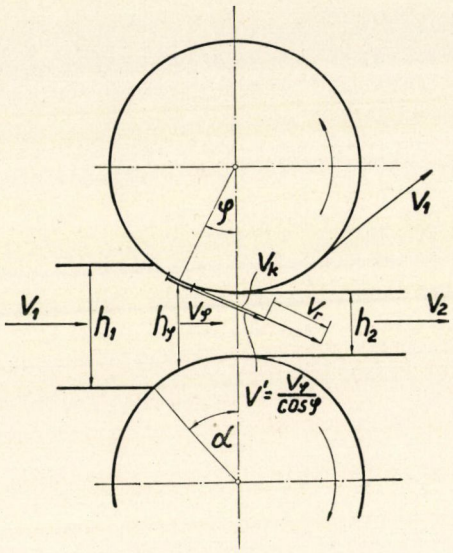
A szélesedés a valóságban azonban sohasem lehet olyan nagy, mint csúszásmentes hengerlés esetén az (5) egyenlet értelmében lenne.

A másik szélső eset, amikor szélesedés nincs. Ha semmi szélesedés nincs, akkor $b_1 = b_2 = b$, és akkor a hengerek közé befogott darabrészre a következő egyenlet érvényes :

$$h_1 \cdot v_1 = h_2 \cdot v_2 = h \cdot v_\varphi \tag{6}$$

Ha feltételezzük, hogy előresietés sem lép fel, azaz ha $v_k = v_2$, akkor az (5) egyenletből következik, hogy egy szöghöz tartozó közbeeső keresztmetszet sebessége a hengerelés irányában

$$v_\varphi = \frac{h_2}{h} \cdot v_k \tag{7}$$



2. ábra

A *df* felületelem, amely a darab *h* magasságú keresztmetszetéhez tartozik, a henger felülete mentén *v'* sebességgel mozog az érintő irányában, ahol

$$v' = \frac{v}{\cos\varphi} = \frac{h_2}{h} \cdot \frac{v_k}{\cos\varphi} \tag{8}$$

ez a sebesség kisebb, mint a v_k kerületi sebesség.

Ezekszerint hengerlés közben, ha előresietés és szélesedés nincs, a henger minden egyes felületeleme csúszik a darabnak vele érintkező felületelemén. Ha a darab a hengerek között szélesedés és előresietés nélkül szalad keresztül, a relatív előrecsúszási sebesség (2. ábra) :

$$v_r = v_k - v' = v_k - \frac{v_\varphi}{\cos\varphi} = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{1}{\cos\varphi}\right) \tag{9}$$

Ha szélesedés nincs, de előresietés van, azaz ha $v_2 > v_k$, tehát ha

$$v_2 = \delta \cdot v_k \tag{10}$$

ahol δ *az előresietési tényező*, akkor a relatív előrecsúszási sebesség bármely keresztmetszethez tartozó felületelemen, a (6), (7), (8) és (9) egyenlet alapján:

$$v_r = v_k - v' = v_k - \frac{v_2}{\cos \varphi} \cdot \frac{h_2}{h} = v_k - \frac{\delta \cdot v_k}{\cos \varphi} \cdot \frac{h_2}{h} = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi} \right) \tag{11}$$

Ha előresietés van, akkor a henger és a darab felületelemei között nemcsak pozitív előjelű, hanem negatív előjelű relatív csúszási sebességek is vannak, azaz lesz egy olyan φ_0 szöghöz tartozó felületelem a befogási ív mentén, ahol a relatív csúszási sebesség zérus: $v_r = 0$.

$v_r = 0$ ott, ahol

$$1 - \frac{h_2}{h_0} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi_0} = 0 \tag{12}$$

ha φ_0 szöghöz tartozik az a két felületelem, amely nem mozog, nem csúszik egymáson.

A (12) egyenletből

$$\frac{h_2}{h_0} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi_0} = 1 \tag{13}$$

Minthogy

$$h_0 = 2 \cdot r + h_2 - 2 \cdot r \cdot \cos \varphi_0 \tag{3a}$$

tehát a (13) egyenletből

$$\cos \varphi_0 \cdot (2 \cdot r + h_2 - 2 \cdot r \cdot \cos \varphi_0) = h_2 \cdot \delta \tag{14}$$

ez az egyenlet rendezve, és belőle $\cos \varphi_0$-t kifejtve:

$$(2 \cdot r + h_2) \cdot \cos \varphi_0 - 2 \cdot r \cdot \cos^2 \varphi_0 = h_2 \cdot \delta$$

$$2 \cdot r \cdot \cos^2 \varphi_0 - (2 \cdot r + h_2) \cdot \cos \varphi_0 + h_2 \cdot \delta = 0$$

ebből

$$\cos \varphi_0 = \frac{(2 \cdot r + h_2) \pm \sqrt{(2 \cdot r + h_2)^2 - 8 \cdot r \cdot h_2 \cdot \delta}}{2 \cdot r}$$

és így

$$\varphi_0 = \text{arc} \cdot \cos \varphi_0 \tag{15}$$

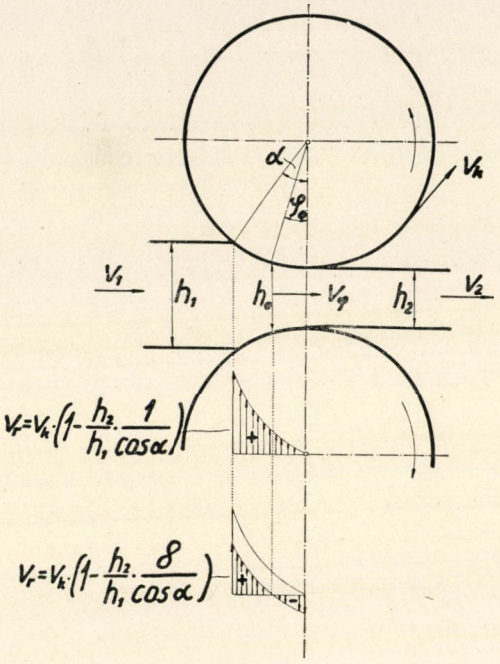
Most nézzük meg, hogy mekkora lesz a relatív csúszási sebesség, ha a ténylegesen fellépő szélesedést is figyelembe vesszük.

Csúszásmentes átfutás esetén az anyag mozgását a hengerlés irányában az (1) egyenlettel jellemeztük. Ebből adódott a (2) egyenlet, amely szerint

$$b_1 \cdot h_1 \cdot \cos \alpha = b \cdot h \cdot \cos \varphi = b_2 \cdot h_2 \tag{2}$$

Ebből az egyenletből

$$b = b_\varphi = \frac{b_2 \cdot h_2}{h \cdot \cos \varphi} \qquad \text{és} \qquad b_1 = \frac{b_2 \cdot h_2}{h_1 \cdot \cos \alpha}$$



3. ábra

Tehát bármely φ szöghöz tartozó keresztmetszet szélesedése csúszásmentes keresztülfutás esetén

$$\triangle b_\varphi = b_\varphi - b_1 = b_2 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{1}{h \cdot \cos \varphi} - \frac{1}{h_1 \cdot \cos \alpha} \right) \tag{16}$$

Ha $\varphi = \alpha$, akkor $h = h_1$ és akkor

$$\triangle b_\alpha = b_2 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{1}{h_1 \cdot \cos \alpha} - \frac{1}{h_1 \cdot \cos \alpha} \right) = 0$$

Ha $\varphi = 0$ akkor $h = h_2$ és

$$\triangle b_0 = \frac{b_2 \cdot h_2}{\cos \alpha} \cdot \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_1} \right) = b_1 \cdot h_1 \cdot \left(\frac{h_1 - h_2}{h_2 \cdot h_1} \right) = \frac{b_1 \cdot \triangle h}{h_2} \tag{17}$$

A valóságos szélesedés ennél azonban kisebb, mégpedig

$$\triangle b = \psi \cdot \triangle b_0 \tag{18}$$

Ahol ψ *a szélesedési tényező.*

Most pedig állapítsuk meg, hogy a v_r relatív csúszási sebességet a ψ

szélesedési tényező mennyiben befolyásolja. Vizsgáljuk először azt az esetet, ha $\delta = 1$:

Ha $\psi = 0$, akkor

$$v_r = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \right)$$

Ha $\psi = 1$, akkor $v_r = 0$

Táblázatosan szemléltetve a szélső értékeket :

ψ	v_r	$\triangle b_{max}$
0	$v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \right)$	0
1	0	$\frac{b_1 \cdot \triangle h}{h_2}$

Ezekszerint ha v_r-t mint ψ szélesedési tényező függvényét akarjuk kifejezni, akkor jó gyakorlati megközelítéssel írható :

$$v_r = v_k \cdot (1 - \psi) \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{\delta}{\cos \varphi} \right) \tag{19}$$

Ha ismerjük a valódi szélesedést, $\triangle b$-t, akkor a ψ szélesedési tényezőt a (17) és (18) egyenletek alapján a következőképpen lehet kiszámítani :

$$\psi = \frac{\triangle b}{\triangle b_0} = \frac{h_2}{b_1} \cdot \frac{\triangle b}{\triangle h} \tag{20}$$

ahol $\triangle b$ a tényleges szélesedés, melyet vagy a Geuze-féle, vagy a Siebel-féle formulával lehet kiszámítani. Siebel szerint a szélesedés

$$\triangle b = 0{\cdot}35 \cdot l_d \cdot \frac{\triangle h}{h} \tag{21}$$

Ebben az egyenletben

$$l_d = \sqrt{\triangle h \cdot r} \tag{22}$$

a befogási ív, r a hengerek félátmérője, $\triangle h = h_2 - h_1$ a magasságcsökkentést jelenti.

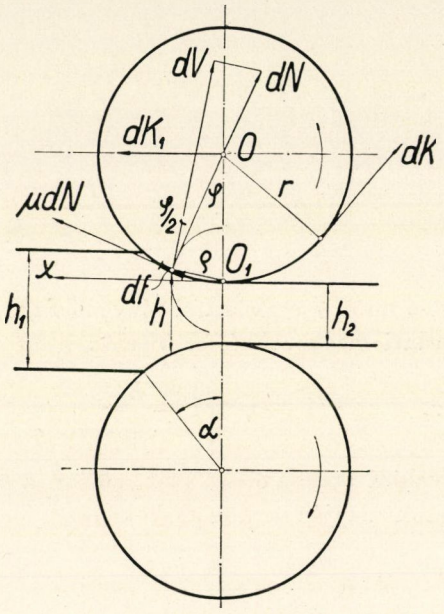
Idézett dolgozatomban a hengerlésnél fellépő erők és a hengerlési munka nagyságának megállapításánál a következő egyszerűsítő feltevésekkel éltem :

a) A hengerelt darab keresztmetszete egyszerű derékszögű négyszög, a hengerek alkotója ennek két párhuzamos oldalával összeesik, a darabot oldalról semmiféle borda nem érinti, anyaga teljesen homogén, a hengerek között egyenletes sebességgel szalad keresztül, továbbá szélesedés nem lép fel.

b) A k alakítási ellenállás (közepes alakítási ellenállás) a hengerek dolgozó felülete mentén állandó.

c) A μ súrlódási tényező a hengerek felülete mentén állandó.

Az az erő, amely az eredetileg b_1 szélességű és h_1 magasságú négyzetes keresztszelvényű rudat a hengerek között áthúzza, a hengerek felülete mentén fellépő súrlódás. Magát a hengerlést felfoghatjuk úgy, hogy a darab áll, a henger pedig az O_1x egyenes mentén gördül.



4. ábra

Ilyenkor a gördülő kör minden egyes pontja egy ciklois mentén mozog, tehát ugyanakkor, amikor a henger az O pont körül $d\varphi$ szöggel fordul el, a df felületelem O_1 középpont körül, az O_1A sugarú körön $\frac{d\varphi}{2}$ szöggel fog elfordulni. A df felületelemre ható normális erő:

$$dN = k \cdot df = k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \tag{23}$$

A df-nek dV irányú, azaz az O_1A körhöz érintő irányú elmozdulásakor a df felületelemre ható erő:

$$dV = k \cdot df \cdot \cos\frac{\varphi}{2} = k \cdot b \cdot r \cdot \cos\frac{\varphi}{2} \cdot d\varphi \tag{24}$$

A df felület mentén ébredő súrlódási erő, ha μ a súrlódási tényező:

$$dR = \mu \cdot dN = \mu \cdot k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \tag{25}$$

Az O_1 körül fellépő nyomatékoknak egyensúlyban kell tartaniok egymást :

$$(dK - \mu \cdot dN) \cdot r - dV \cdot \varrho = O \tag{26}$$

ahol

$$\varrho = O_1 A = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \tag{27}$$

Következésképpen az egy hengerrel közlendő elemi nyomaték :

$$dK \cdot r = dV \cdot \varrho + \mu \cdot dN \cdot r \tag{28}$$

E szerint az egyenlet szerint a henger tengelyére ható forgató nyomaték az alakváltozási és a súrlódási munkák nyomatékának összege. A tiszta alakítási munka összes nyomatéka az egyik henger tengelyére ható alakítási nyomaték kétszerese, mégpedig :

$$M_a = 2 \cdot \int_0^a dV \cdot \varrho =$$

$$= 2 \cdot b \cdot k \cdot r^2 \cdot \int_0^a \cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \cdot d\varphi =$$

$$= 2 \cdot k \cdot r^2 \cdot b \cdot (1 - \cos \alpha) \tag{29}$$

Mivel

$$2 \cdot b \cdot r \cdot (1 - \cos \alpha) = F \tag{30}$$

a keresztmetszetcsökkenés (szóval a fogyás), tehát az alakváltozás összes nyomatéka :

$$M_a = F \cdot k \cdot r \tag{31}$$

illetve a másodpercenkénti alakváltozási munka :

$$L_a = F \cdot k \cdot v_k \tag{32}$$

Ebben a képletben a v_k a hengerek kerületi sebessége.

Bár a dK és $\mu \cdot dN$ kerületi erők ugyanazon az r rádiuson működnek és fejtenek ki nyomatékot a henger tengelyére, a teljes hengerlési nyomatékot mégsem volna helyes a (28.) egyenletből levezetni, minthogy a hengerlési munka végzésénél a $dK \cdot r$ és a $\mu \cdot dN \cdot r$ nyomatékok különböző szögsebesség mellett teljesítenek munkát, a (28) egyenlet pedig ezt a körülményt nem fejezi ki.

Ha ugyanis a darab csúszásmentesen szaladna keresztül a hengerrésen, akkor a hengerek felülete mentén keletkező súrlódási munkával nem kellene számolnunk, mert akkor súrlódási munka nem lépne fel, és így a súrlódási erő sem fejtene ki nyomatékot a henger tengelyére. A hengerek felülete mentén azonban fellép súrlódási munka, minthogy a hengerek minden egyes df felületeleme a vele érintkező darab felületelemén

$$v_r = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \right) \tag{9}$$

relatív sebességgel előrecsúszik. Így tehát a hengerek felülete mentén keletkező súrlódási munka az

$$L_s = 2 \cdot \int_0^{\alpha} \mu \cdot dN \cdot v_r \tag{31}$$

egyenletből számítható ki.

Ha a (31) képletbe a relatív csúszási sebesség (9) egyenlet) középértékét :

$$v_r = 0{,}5 \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{34}$$

helyettesítjük be, akkor a hengerek felülete mentén másodpercenként keletkező súrlódási munkát, illetve ennek erőszükségletét az

$$L_s = v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \right) \cdot \int_0^{\alpha} \mu \cdot dN =$$

$$= k \cdot b \cdot r \cdot \alpha \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{35}$$

képlettel lehet kiszámítani.

Minthogy $r \cdot \alpha = l_d$ és a hengerlési nyomás

$$P = k \cdot b \cdot l_d \tag{36}$$

írható, hogy

$$L_s = P \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{35a}$$

A szúrás erőszükséglete ezekszerint (kgm/sec).

$$L = L_a + L_s = F \cdot k \cdot v_k + P \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{37}$$

A hengerlés erőszükségletének az egyenletét az elemi nyomatékok egyenletétől ((28) egyenlet) függetlenül is levezethetjük :

A henger a hengerlés alatt v_k kerületi sebességgel forog. A df felületelem pedig a ciklois mozgást szem előtt tartva az O_1 pont körül a ϱ sugáron v_ϱ kerületi sebességgel forog. (5. ábra) A df felületelem ugyanekkor a hengerelt darab vele érintkező felületelemén v_r sebességgel csúszik előre.

A v_ϱ sebesség a 6. ábrából kiszámítható :

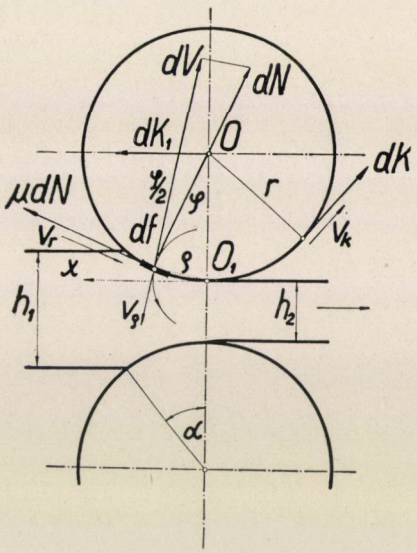
$$v_\varrho = v_k \cdot \frac{\varrho}{r} = 2\, v_k \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \tag{37}$$

minthogy

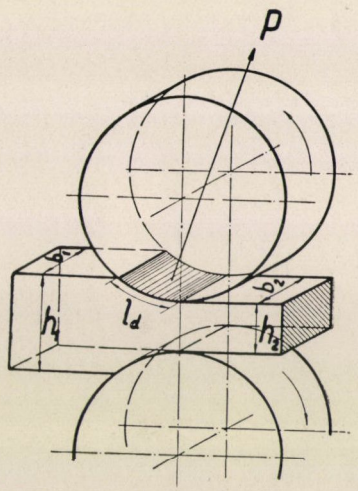
$$\varrho = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \tag{27}$$

A közepes relatív csúszási sebesség

$$v_r = 0{,}5 \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{33}$$



5. ábra



6. ábra

A hengerlési elem erőszükséglete (kgm/sec) a következő egyenlettel fejezhető ki (6. ábra):

$$dL = 2 \cdot (dV \cdot v_\varrho + \mu \cdot dN \cdot v_r) \tag{38}$$

Ebben az egyenletben

$$dL_a = 2 \cdot dV \cdot v_\varrho = 2 \cdot k \cdot b \cdot r \cdot v_k \cdot 2 \cdot \cos \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \cdot d\varphi$$
$$= 2 \cdot k \cdot b \cdot r \cdot v_k \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi \tag{39}$$

és

$$L_a = 2 \cdot k \cdot b \cdot r \cdot v_k \cdot \int_0^a \sin \varphi \cdot d\varphi = F \cdot k \cdot v_k \tag{40}$$

és

$$dL_s = 2 \cdot \mu \cdot dN \cdot v_r = 2 \cdot k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{19}$$

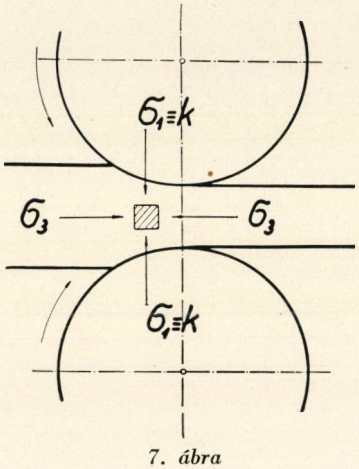
ebből

$$L_s = k \cdot b \cdot l_d \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{41}$$

Tehát

$$L = L_a + L_s = F \cdot k \cdot v_k + P \cdot \mu \cdot v_k \cdot \left(1 - \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) \tag{42}$$

Látjuk, hogy mindkét gondolatmenettel, mindkét levezetéssel azonos eredményhez jutottunk (a (37) egyenlet azonos a (42) egyenlettel).



7. ábra

A hengerlésnél fellépő erők és a munka kiszámításához ismernünk kell a hengerlésnél fellépő közepes alakítási ellenállást. Hengerlési elméletem kiindulásánál eleve feltételeztük, hogy a képletben szereplő k alakítási ellenállás a nyomott felület mentén állandó. Hengerlésnél a közepes alakítási ellenálláson a

$$k = \frac{P}{l_d \cdot b} \tag{43}$$

hányadost értjük ; e képletben a P a hengerre ható nyomás, $b \cdot l_d$ a nyomott felület, ahol $l_d = \sqrt{r \cdot \triangle h}$ a befogási ív és b a darab szélessége (lásd 7. ábra). A (43) képlettel meghatározott közepes alakítási ellenállás kiszámításához szükséges kifejezést a következő meggondolások alapján kapjuk meg :

O. Mohr elmélete szerint képlékeny anyagokra az alakváltozás szempontjából bármely feszültségi állapotban a τ_{max} csúsztató feszültség nagysága a döntő. Ha a feszültségi állapot háromtengelyű, akkor az alakváltozást megindító legnagyobb csúsztatófeszültség csak a legnagyobb és legkisebb főfeszültség értékétől függ :

$$2 \cdot \tau_{max} = \sigma_1 - \sigma_3 = k_f \tag{44}$$

ahol k_f a deformált anyag alakítási szilárdsága.

Minthogy a hengerlés egy folytonosan ismétlődő nyomó alakításként fogható fel, az alakítási ellenállás megállapításánál is az összenyomásból indulunk ki. Mármost, ha egy hasábalakú testet két párhuzamos, vagy csaknem párhuzamos felület között összenyomnak, akkor — bár az oldallapokat semmiféle külső erő nem terheli — a nyomófelületek mentén fellépő súrlódás következtében, amely a testet oldalirányú szabad kiterjedésében akadályozza, a testben háromtengelyű feszültségi állapot keletkezik. A főfeszültségek iránya minden esetben egybeesik a fő alakváltozások irányával. Ha a főfeszültségek előjele mind egyforma (—), akkor a legnagyobb főfeszültség iránya a legnagyobb alakváltozás irányával, a legkisebb főfeszültség iránya a nagyságban középső alakváltozás irányával, a második főfeszültségiránya pedig a legkisebb alakváltozás irányával esik egybe.[2] Így tehát egy prizmatikus test összenyomásakor, amikor háromtengelyű feszültségi állapot lép fel, vagyis amikor a három főfeszültség előjele azonos (—) és

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 \tag{45}$$

a deformációk közül a legnagyobb az ε_1, a legkisebb az ε_2 lesz. A deformációk nagyságbeli sorrendje ennekfolytán a következő:

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_3 > \varepsilon_2 \tag{46}$$

Ezekszerint, ha egy prizmát összenyomunk, akkor a σ_1 iránya összeesik a P nyomó erő irányával, vagyis a σ_1 főfeszültség azonos az alakítási ellenállással. Ezt a (44) egyenlet alapján így írhatjuk fel:

$$\sigma_1 \equiv k = k_f + \sigma_3 \tag{47}$$

Az alakítási ellenállás tehát az alakítási szilárdság és a harmadik főfeszültség összege.

Hengerlésnél általában két nagy alakváltozás lép fel: az egyik a hengerre ható nyomás irányában, a másik a hengerlés irányában. A hengerre ható nyomás irányában lép fel az ε_1 legnagyobb alakváltozás és a $\sigma_1 \equiv k$ főfeszültség, a hengerlés irányában pedig a második legnagyobb alakváltozás az ε_3 és a legkisebb főfeszültség a σ_3.

Összenyomásnál, az alakítási ellenállás meghatározásakor, a közepes harmadik főfeszültség a következő képlettel határozható meg:

$$\sigma_3 = \Phi \cdot k_f \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \tag{48}$$

Ebben a képletben k_f a nyomott anyag alakítási szilárdsága, μ a súrlódási tényező

a nyomólapok felülete mentén, l_d a nyomott prizma keresztmetszetének legkisebb átmérője, h a prizma magassága, Φ egy tényező.

Minthogy a hengerlés folytonosan ismétlődő összenyomás, a harmadik főfeszültség meghatározásánál a (48) egyenletet vettem alapul. Sok kísérleti adat átszámítása alapján úgy találtam, hogy a $_3$ kiszámítására a legalkalmasabb képlet :

$$\sigma_3 = C \cdot k_f \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[n]{v_k} \tag{49}$$

ebben a képletben v_k a hengerlési sebesség, $n = 4$. Hengerlésnél a közepes alakítási ellenállást tehát a

$$k = k_f \cdot \left(1 + C \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[n]{v_k} \right) \tag{50}$$

képlettel lehet kiszámítani.

Ebben a képletben k_f az alakítási szilárdság, v_k a hengerlési sebesség, $h = h_2$ a hengerrés vastagsága, $l_d = \sqrt{r \cdot \triangle h}$ a befogási ív (22) egyenlet), $\triangle h = h_1 - h_2$ a vastagságcsökkenés. Gyakorlati számításoknál meleg hengerlés esetén k_f az anyag összenyomó szilárdsága a hengerlési hőmérsékleten, hideghengerlés esetén a folyási határ. A C állandó közepesen 5,5-nek, az n kitevő pedig 4-nek vehető fel. Ezekszerint a gyakorlati célokra szolgáló egyenlet alakja :

$$k = k_f \cdot \left(1 + 5{,}5 \cdot \mu \cdot \frac{l_d}{h} \cdot \sqrt[4]{v_k} \right) \tag{51}$$

Ez a képlet szigorúan elméleti szempontból kifogásolható, ellenben gyakorlati szempontból nagyon is indokolt, minthogy a segítségével kiszámított értékek a kísérleti értékekkel jól egyeznek.

Az (51) képletben szereplő k_f alakítási szilárdság meleghengerlésnél az anyag melegszilárdsága (összenyomó szilárdsága) a hengerlési hőmérséklet mellett, hideghengerlésnél pedig az anyag közepes valódi szilárdsága a hengerrésben ; ezt gyakorlati számításoknál felcserélhetjük a közepes folyási határral ($\tau_{0,2}$-vel)

Az izzó acél nyomószilárdsága (k_f) 800—1400 C° hőmérséklethatárok között, alacsony karbontartalmú közönséges kereskedelmi vasaknál, a következőképpen számítható ki (kg/mm²) :

$$k_f = 0{,}015 \cdot (1400 - t) \tag{52}$$

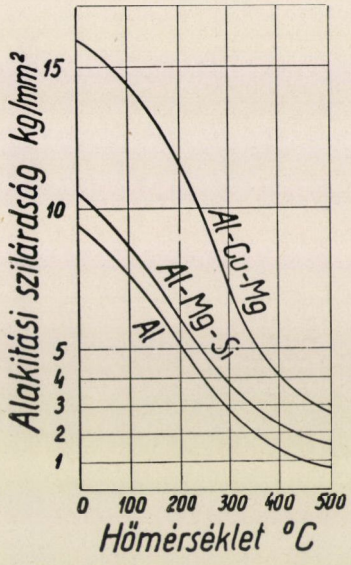
[2] *A. Nádai :* Der bildsame Zustand der Werkstoffe. Berlin. Verl. J. Springer 1927. 54.
Á. Nádai : Plasticity. Mc-Graw-Hill. New-York. 1931. 75/79.
E. P. Unkszov : Novoje v technologiji gorjacsjej stampnovki. Masgiz, Moskva, 1948. 148/195.

Magasabb karbon- és mangántartalmú anyagoknál (kg/mm²) :

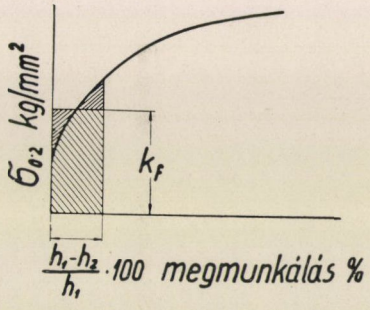
$$k_f = \left(\frac{1{,}4 + C + Mn}{100} \right) \cdot (1400 - t) \tag{53}$$

E képletben C karbon és Mn mangán %-ban helyettesítendő be.

Azokra az ötvözött anyagokra nézve pedig, ahol az (52) és (53) képlet nem használható, az anyagnak a hengerlési hőmérsékleten való melegszilárdságát kell az (51) képletbe behelyettesíteni.



8. ábra



9. ábra

Alumínium és alumíniumötvözetek meleghengerlésénél a k_f értékét a 8. ábrából vettük.

Más fémek meleghengerlésénél szintén a megfelelő melegszilárdságot kell az (51) képletbe behelyettesíteni.

Hideghengerlésnél a k_f-t egyenlőnek vesszük a hengerek közé befogott darabrész anyagának közepes folyási határával. Ezt a közepes alakítási szilárdságot a hengerelt fém $\sigma_{0,2}$ görbéje által bezárt területből kell meghatározni.

A μ súrlódási tényezőt acélok meleghengerlésénél 700 C° felett a következő egyenlettel lehet kifejezni :

$$\mu = 1{,}05 - 0{,}0005 \cdot t \tag{54}$$

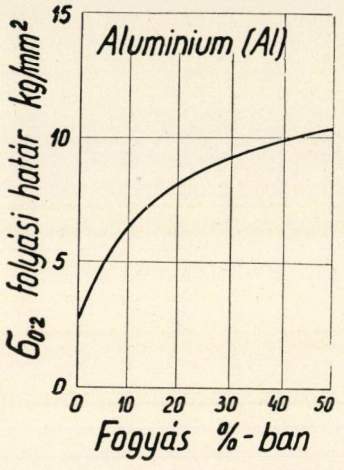
Durálok, vagy alumínium meleghengerlésénél a súrlódási tényezőt

$$\mu = 0{,}25 - 0{,}3$$

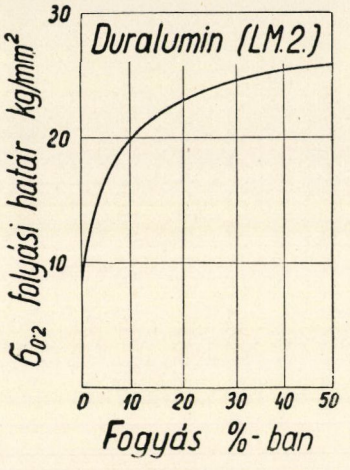
nak vehetjük fel, ha száraz hengerekkel hengerlünk. Ha a meleghengerlés emulzióban történik, akkor a súrlódási tényező $\mu = 0{,}1$—$0{,}15$-nek vehető fel.[3]

Az irodalomban a súrlódási tényező értéke hideghengerlésnél, száraz hengerekkel való hengerlés esetén bármely anyagra nézve 0,07—0,15 között mozog, a hengerek felületi állapota és egyéb körülmények szerint és közepesen 0,1-nek vehető.

A közepes alakítási ellenállás kiszámítására szolgáló (51) képlet használ-



10. ábra



11. ábra

hatóságát J. Puppe, E. Siebel, továbbá O. Emicke és K. H. Lucas és mások kísérleti eredményeivel ellenőriztem.[4]

Vizsgálataimat elvégeztem az *Al* 99,5 hideg- és meleghengerlésre, az *LM* 2 jelű (3,94 % *Cu*, 0,90 % *Mg*, 0,45 % *Mn*, 0,35 % *Si* összetételű) duralumin hideg- és meleghengerlésére, továbbá *St.* 1. jelű ($C < 0{,}2\%$, 15 % *Ni* összetételű) acél hideghengerlésére vonatkozóan.[5]

A számításokban szereplő közepes alakítási szilárdságokat hideghengerlésnél a 10., 11., 12. ábrából a fent kifejtett módon határoztuk meg.

[3] *Th. Dahl:* Die Ermittelung und Grösse der Reibungszahl beim Walzen. St. u. E. 1937. 205.

J. G. Kulbacsnij: Mechanicseskoje Oborudovanje Prokatnij Cehov. Moskva, 1946. 114.

First Report of the Rolling-Mill Research Sub-Commitee of the Iron and Steel Industrial Research Council. Published at the Offices of The Iron and Steel Institute, London, S. W. 1. 1946. 9/10.

[4] *O. Emicke und K. H. Lucas:* Grundlegende Untersuchungen über das Kalt- und Warmwalzen von Metallen usw. «Z. f. Metallkunde. 1942. Nr. 2. 25—28. és 48—58.

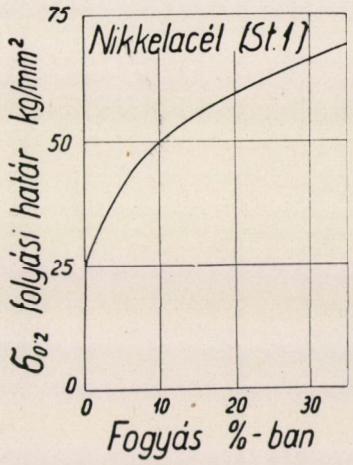
J. Puppe: Versuche zur Ermittelung des Kraftbedarfs an Walzwerken. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1909.

J. Puppe: Versuche über Walzdruck usw. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1913.

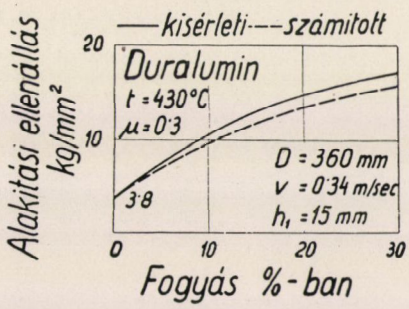
E. Siebel: Die Formgebung im bildsamen Zustande. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1932. 30., 37—39. ábrák.

[5] *Schweizer Archiv*, 1947. No. 11.

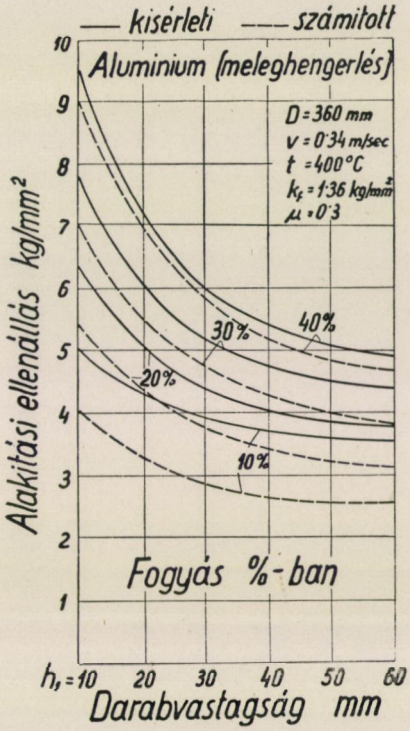
A közepes alakítási ellenállások számított és kísérleti értékei a 13., 14., 15., 16., 17. és 18. ábrán láthatók.



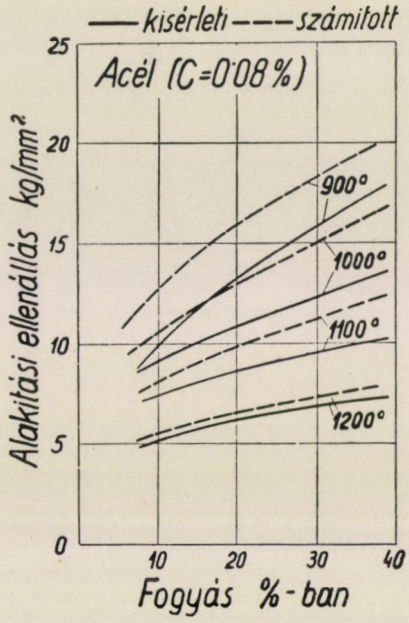
12. ábra



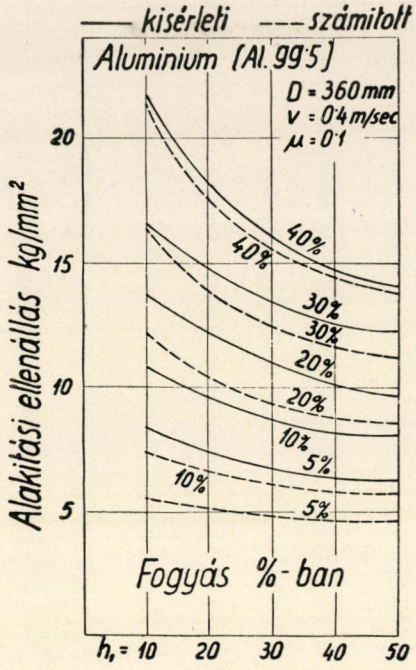
14. ábra



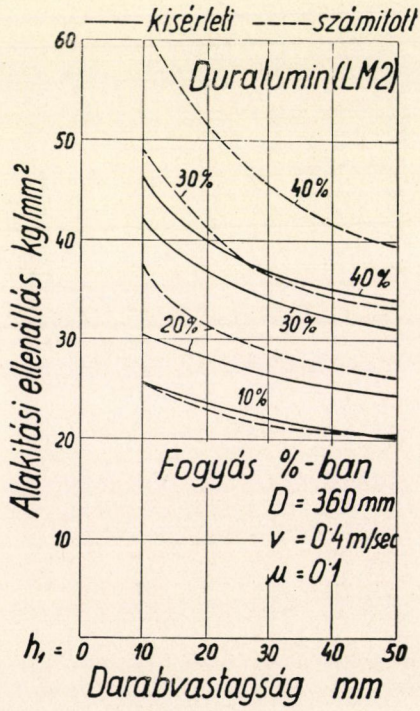
13. ábra



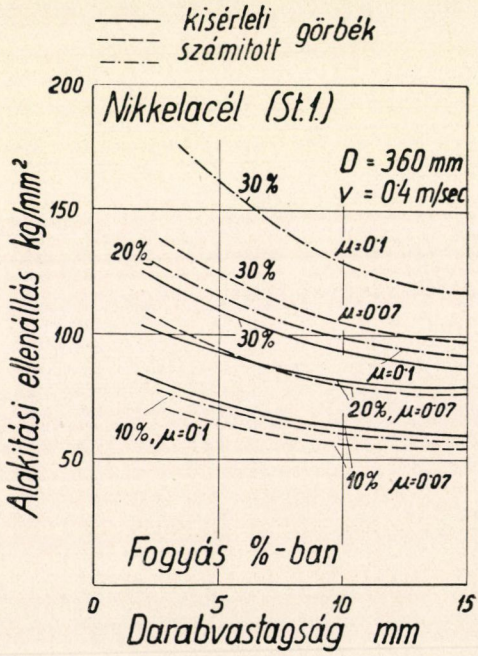
15. ábra



16. ábra

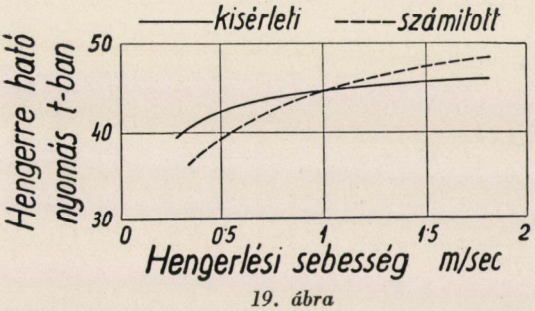


17. ábra

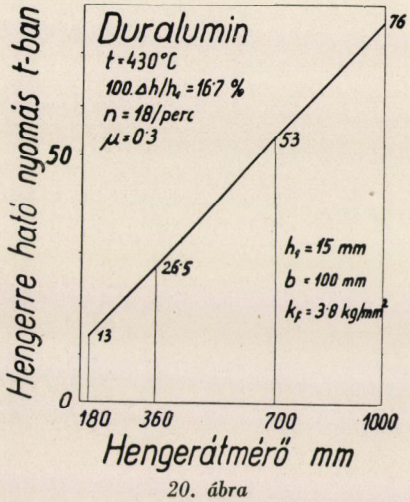


18. ábra

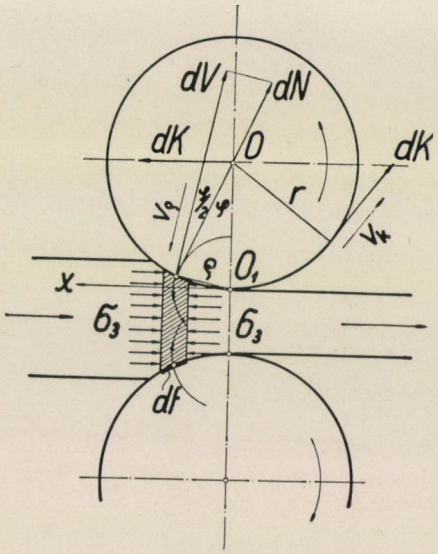
A következő ábrán azt mutatjuk be, hogy hogyan változik a hengerlési nyomás értéke *LM* 2 jelű durál meleghengerlésénél, ha a hengerlési sebesség változik (19. ábra).



19. ábra



20. ábra



21. ábra

Mint ismeretes, Lueg megfigyelte, hogy a hengerre ható nyomás a hengerátmérő növekedésével lineárisan változik. Képletünk ennek a feltételnek is eleget tesz (20. ábra).

W. Lueg és A. Pomp azt a kísérleti megfigyelést tették, hogy a hengerre ható nyomás azonos százalékos fogyás mellett lineárisan változik a hengerátmérő növekedésével.

Könnyen bebizonyítható, hogy az én számítási eljárásommal meghatározott hengerlési nyomások pontosan követik ezt a törvényszerűséget. Nem szabad azonban feltételeznünk, hogy Lueg és Pomp e megfigyelése csak abban az esetben érvényes, ha a kísérleteknél egyéb változó adatok mellett a kiinduló vastagság, hasonlóképpen a hengerek fordulatszáma is mindig ugyanaz marad (21. ábra).

A továbbiakban megvizsgálandó az a kérdés, hogy az alakítási ellenállásnak így kiszámított értéke behelyettesíthető-e minden fenntartás nélkül a hengerlés erőszükségletének kiszámítására szolgáló (41) képletbe?

Az (51) képlettel kifejezett alakítási ellenállás a hengerelt anyag alakítási szilárdságának a hengerlés irányában fellépő közepes harmadik főfeszültséggel megnövelt értéke. Ez a harmadik főfeszültség, illetve alakítási erőtöbblet az az erő, amely összenyomáskor a nyomófelületek mentén keletkező súrlódási munkát elvégzi. Ha tehát az alakítási munka erőszükségletét a hengerre ható nyomásból levezetett közepes alakítási ellenállás segítségével számítjuk ki, akkor a hengerek felülete mentén fellépő súrlódási munkaerő szükséglete már számításba van véve, minthogy ez a közepes alakítási ellenállás képletében már szerepel. Vagyis, ha az (52) képlettel kifejezett közepes alakítási ellenállás segítségével akarjuk a hengerlési munka erőszükségletét kiszámítani, akkor a 21. ábra szerint kell a kiszámítást elvégezni.

E szerint

$$dL = 2 \cdot dV \cdot v_\varrho$$

$$v_\varrho = v_k \cdot \frac{\varrho}{r} = \frac{v_k}{r} \cdot 2 \cdot r \cdot \sin\frac{\varphi}{2} = 2 \cdot v_k \cdot \sin\frac{\varphi}{2}$$

$$dV = dN \cdot \cos\frac{\varphi}{2} = k \cdot b \cdot r \cdot d\varphi \cdot \cos\frac{\varphi}{2}$$

és így

$$dL = 2 \cdot k \cdot b \cdot r \cdot v_k \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi$$

amiből a hengerlés erőszükséglete:

$$L = F \cdot k \cdot v_k \tag{53}$$

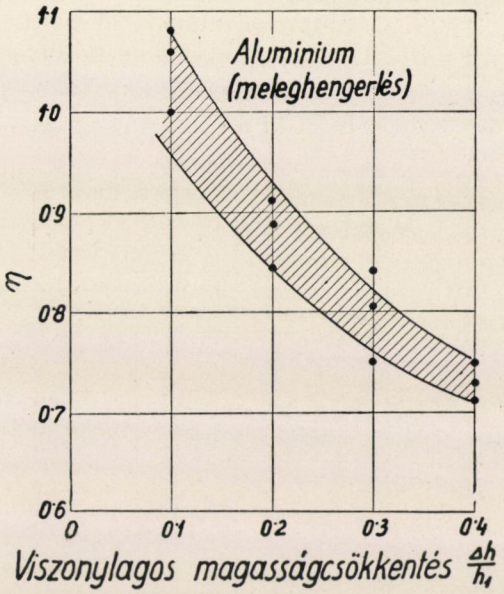
ebből a hengerlési nyomaték[6]:

$$M = F \cdot k \cdot r \tag{54}$$

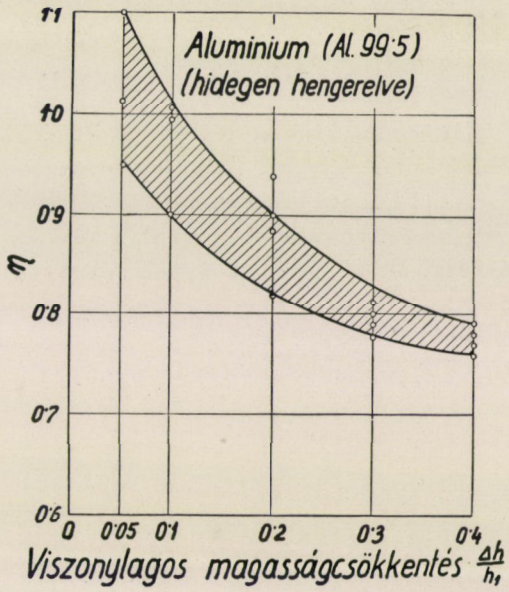
A hengerlés erőszükséglete lóerőben kifejezve:

$$N = \frac{F \cdot k \cdot v_k}{75} \tag{55}$$

[6] A «Berechnung der beim Walzen auftretenden Kräfte und der Walzarbeit im Lichte der Versuchs ergebnisse» (Schweizer Archiv, 1947. No. 11.) című cikkemben is az 53., 54., 55. képletekkel számoltam.

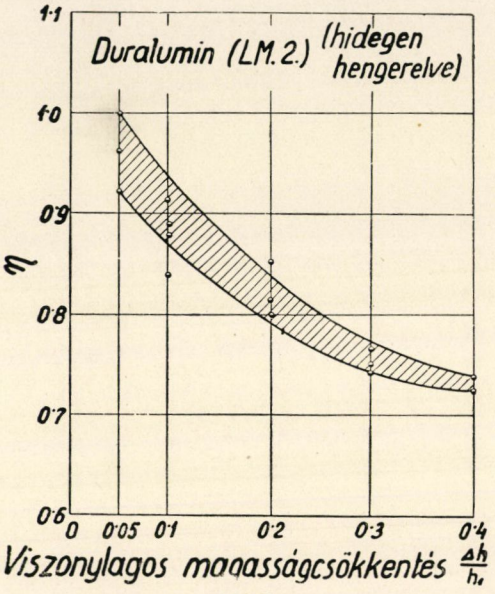


22. ábra



23. ábra

Most vizsgáljuk meg, hogy a fentebb egyszerűsítő feltételek mellett levezetett képletekkel a kiszámított hengerlési munka, illetve hengerlési nyomaték értékei mennyire simulnak a kísérleti értékekhez. Az ellenőrzés olyan módon történt, hogy az (56) képletbe behelyettesítettem a kísérleti közepes alakítási ellenállás értékét és így számítottam ki a hengerlési nyomatékot. A 22., 23. és



24. ábra

24. ábrában pedig felvittem a kísérleti és számított értékek hányadosának változását a megmunkálás mértékének függvényében.

Az η-nak az ábrákból látható ezt a változását, nyilván a valóságos alakítási ellenállásnak a hengerrésben való eloszlása és a közepes alakítási ellenállás közötti különbség okozza. Minél kisebb a fogyás, illetve a befogási ív, annál kisebb a közepes alakítási ellenállás és a tényleges alakítási ellenállás közötti különbség, annál inkább közeledik η az 1-hez.

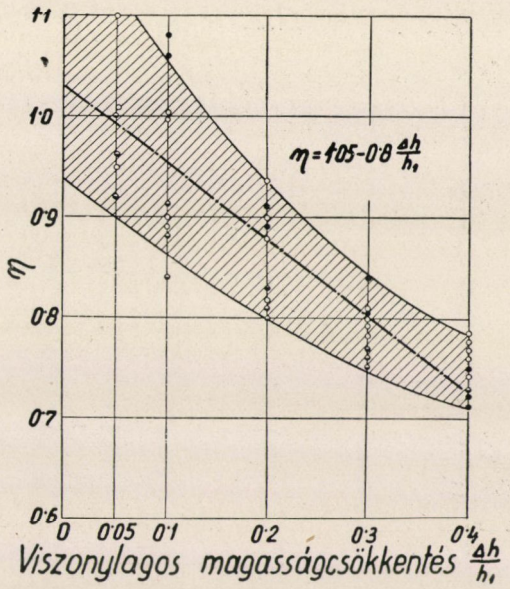
A rendelkezésre álló kevés kísérleti adatból az η korrekciós tényezőt olymódon igyekeztem megállapítani, hogy a 22., 23., 24. ábra adatait egyesítettem és az η-t ebből meghatároztam.

Ennek alapján (25. ábra):

$$\eta = 1{,}05 - 0{,}8 \cdot \frac{\triangle h}{h_1} \tag{56}$$

Ezekszerint a hengerlési nyomatékot az

$$M = \eta \cdot F \cdot k \cdot r \tag{57}$$

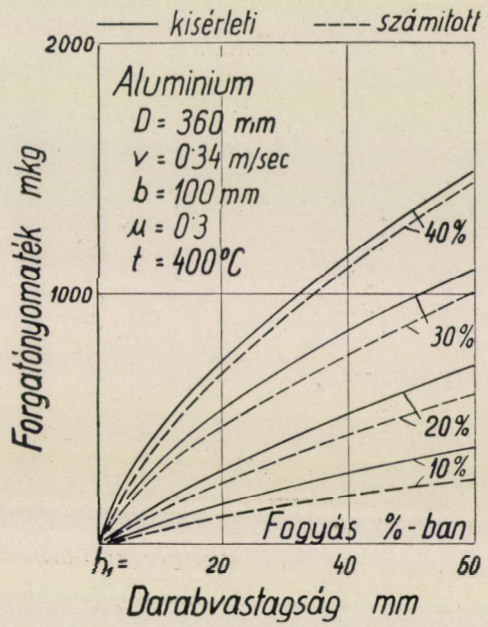


25. ábra

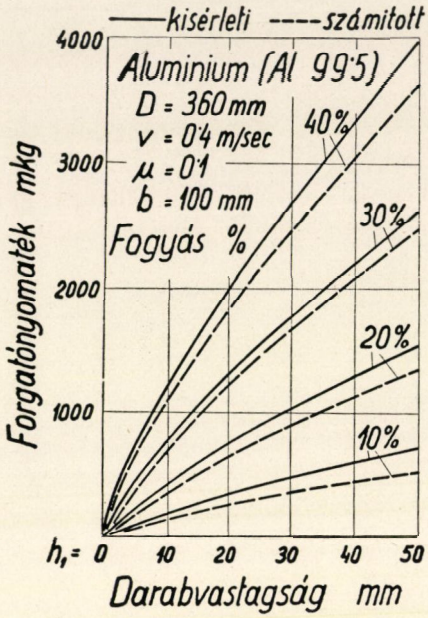
illetve a hengerlés erőszükségletét az

$$N = \eta \cdot \frac{F \cdot k \cdot v_k}{75} \tag{58}$$

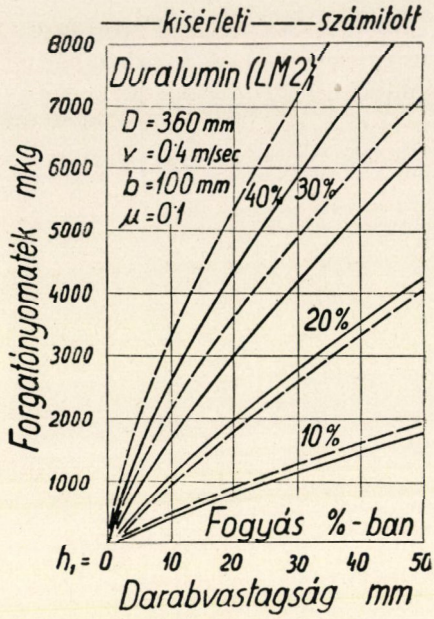
képlettel kell kiszámítani.



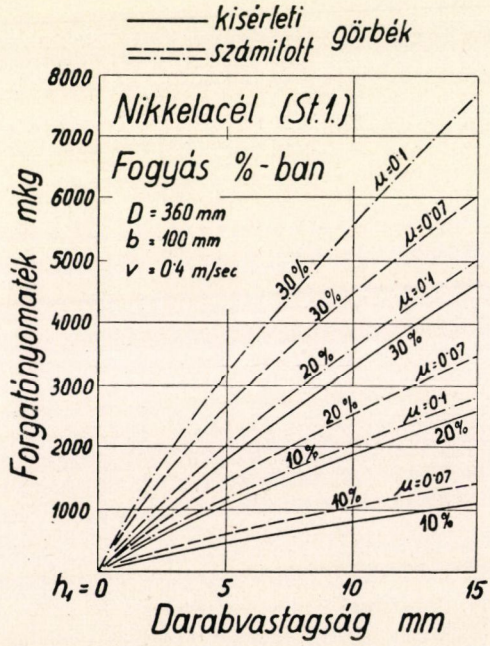
26. ábra



27. ábra



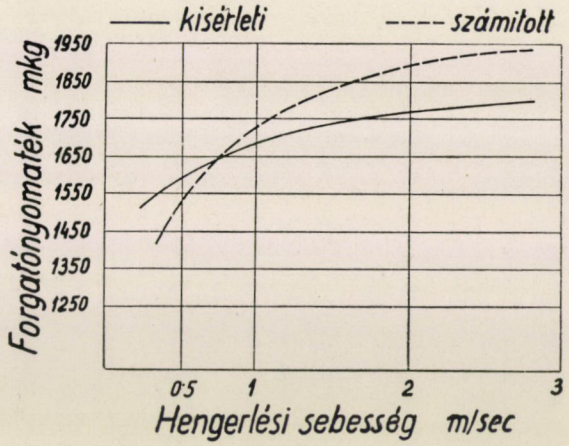
28. ábra



29. ábra

A következő ábrákon bemutatom, hogy az alumíniumlemez hideg- és meleghengerlésénél, duralumin lemez (*LM* 2) hideghengerlésénél és nikkelacél-lemez (*St.* 1) hideghengerlésénél a forgató nyomaték (56) és (57) képlettel számított és kísérleti értékei mennyiben egyeznek, illetve mennyiben különböznek egymástól (26., 27., 28., 29. ábrák).

Végül egy ábra bemutatja azt is, hogy a duralumin meleghengerlésénél a forgatónyomaték számított és kísérleti értékei mennyire egyeznek egymással, ha a hengerlési sebesség változik (30. ábra).



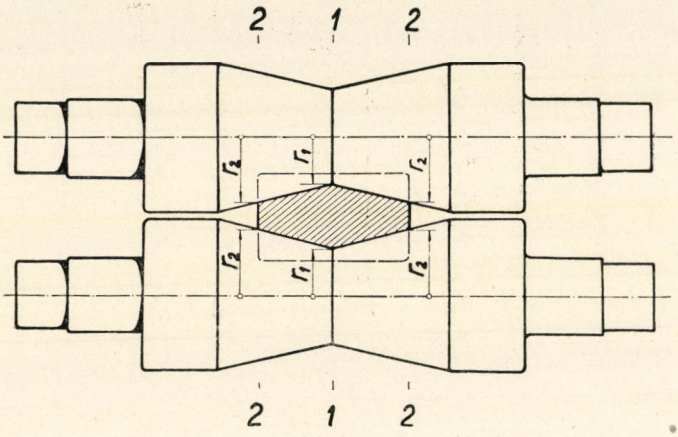
30. ábra

Az itt bemutatott ábrákon a kísérleti és számított görbék között, bár lefolyásuk tökéletesen azonos, kisebb-nagyobb eltérések mutatkoznak. Az eltérések elsősorban arra vezethetők vissza, hogy különösen hideghengerlésnél, a μ súrlódási tényező nem állandó a nyomott felület mentén. A súrlódási tényező ugyanis függ a hengerek anyagától, a hengerek felületének minőségétől, a hengerelt anyagtól és ennek keménységi állapotától. Hideghengerlésnél az alakváltozás előrehaladásával az anyag keménysége a nyomott felület mentén a hengerlés irányában növekedik, vagyis a súrlódási tényező csökken, a kilépési keresztmetszet felé. A súrlódási tényező nagyságára nagy befolyással van a hengerlési sebesség is. Növekedő hengerlési sebességgel, hengerlés útján elért magasabb keménység mellett, mint az H. Ford kísérleteiből kiderül, a közepes alakítási ellenállás csökken.[7] Ha meggondoljuk, hogy milyen tényezők befolyásolják a közepes alakítási ellenállás nagyságát ((51 képlet), látjuk, hogy ez a csökkenés csak a súrlódási tényező csökkenéséből adódhatik. Ezek szerint valószínűvé válik, hogy E. Siebelnek az a megállapítása, amely szerint az (51) képlet második tagja nem függ a hengerlési sebességtől, nem helytálló.[8] Tehát a súrló-

[7] *H. Ford*: Journal of Iron and Steel Institut, 156 (1947), 380/98.
[8] Stahl und Eisen, 69 (1949), 57.

dási tényező a nyomott felület mentén éppen úgy nem állandó, mint a k közepes alakítási ellenállás.

Képleteinkben mindenütt egy előre felvett közepes súrlódási tényezővel számolunk. Hogy az előre felvett súrlódási tényező nagysága mennyire befolyásolja a számított eredményt, azt a 18. és 29. ábrából láthatjuk. Az e dolgozatban közölt ábrák azonban azt is bizonyítják, hogy gyakorlati célokat szolgáló számításoknál a súrlódási tényező előre igen jó megközelítéssel felvehető. A dolgozatban levezetett képletekkel számított alakítási ellenállás, hengerlési munka és nyomaték értékek ugyanis minden tervezési munkához tökéletesen megfelelnek.



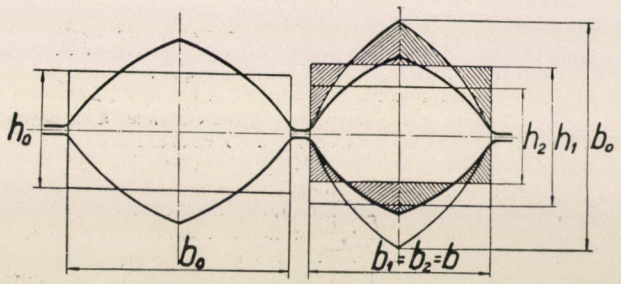
31. ábra

Mielőtt dolgozatomat befejezném, még egy dologra rá akarok mutatni. Az (53) és (54) képlettel a hengerlésnek egy határesete van jellemezve. Az a határeset, amikor a hengerek átmérője a tengely mentén állandó, azaz a hengerek alkotói egyenesek. Mihelyt a hengerek alkotói, akárcsak a legkisebb mértékben is, eltérnek az egyenestől, az alakváltozásból eredő nyomófelületnövekedéssel kapcsolatos súrlódási munkán kívül — amely az alakítási ellenállás növekedésében nyilvánul — a felület mentén egy olyan súrlódási munka is fellép, mely az alakítási ellenállás képletében már nincs kifejezve. Ha például olyan hengerek között, illetőleg olyan »üregben« hengerlünk, mint az a 31. ábrán ábrázolva van, akkor a darab nem fog sem a $v_1 = r_1 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{30}\right)$, sem a $v_2 = r_2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{30}\right)$ kerületi sebességnek megfelelő sebességgel kilépni a hengerek közül, ha n a hengerek fordulatszáma, hanem egy valamilyen v hengerlési sebességgel, mely a v_1 és v_2 közé esik ($v_1 < v < v_2$).

Tételezzük fel azt a szélső esetet, mikor a darab v_1 sebességgel lép ki a hengerek közül. Ekkor az r_2-höz tartozó hengerkeresztmetszet $\triangle v = v_2 - v_1$ sebességgel csúszik hengerlés közben előre a darabon. Fordítva, ha v_2 sebességgel lép ki a darab az üregből, akkor az r_1 átmérőhöz tartozó hengerkeresztmetszet $\triangle v = v_2 - v_1$ sebességgel visszamarad a darab felületén.

Ha a kilépési sebesség v, amely v_1 és v_2 közé esik, akkor az 1. és 2. hengerkeresztmetszet kerülete kisebb relatív sebességgel csúszik előre, illetve marad vissza a hengerek között szaladó darab felületéhez képest. Ezekszerint üregben való hengerlésnél a hengerek felülete mentén keletkezik egy olyan súrlódási munka is, amely megkülönböztetendő az alakváltozásból keletkező nyomófelületnövekedéssel kapcsolatban fellépő súrlódási munkától.

A hengerlési munka erőszükségletének kiszámításakor az így fellépő súrlódási munkát a hengerlési alakítási munkához hozzá kell adni. Egyszerűbb



32. ábra

üregeknél (rauta, négyzetes, ovál stb.) az erőszükségletet ilyen esetekben az

$$N = \eta \cdot \frac{F \cdot k \cdot v_k}{75} + \frac{2 \cdot P \cdot \mu \cdot v_r}{75} = N_a + N_s \qquad (59)$$

képlettel kell kiszámítani. Ebben a képletben F a fogyás, k a közepes alakítási ellenállás, v_k a hengerlési sebesség, P a hengerre ható nyomás, μ a hengerek felületén fellépő súrlódási tényező, v_r a nyomófelület közepes relatív sebessége a nyomott felületen, mely az üregkerület különböző sebességeiből adódik.

A k közepes alakítási ellenállást, illetve a P hengerre ható nyomást olymódon kell kiszámítani, hogy a hengerek közé befutó és az üregből kifutó darab keresztmetszetét egy-egy olyan négyszögletes keresztmetszettel helyettesítjük, melynek területe és szélessége egyezik a darab befutó, illetve kifutó keresztmetszetének területével és szélességével. A közepes alakítási ellenállást, illetve a hengerlési nyomást, azután úgy kell számítani, mintha h_1 magasságú és b_1 szélességű négyszögletes keresztszelvényű darabot hengerelnénk ki h_2 magasságú és b_2 szélességű négyszögletes keresztszelvényű darabbá (32. ábra). A v_r relatív felületi csúszási sebesség az üreg legkisebb és legnagyobb dolgozó átmérőjének megfelelő kerületi sebességek különbségének felével vehető egyenlőnek.

$$v_r = \frac{v_2 - v_1}{2} \tag{60}$$

Ez a maximális érték, v_r ennél általában kisebb.

$$v_r = \xi \cdot \frac{v_2 - v_1}{2}$$

ahol $\xi = 0{,}6—0{,}7$ szokott lenni.

ÖSSZEFOGLALÁS.

A dolgozat a szerző előző munkáiban kifejtett hengerlési elmélet továbbfejlesztése. A cikk először is kimutatja, hogy nincs csúszásmentes hengerlés. Hengerlés közben a hengerek dolgozó felülete a darab nyomott felületén relatív mozgást is végez. A hengerlésnél fellépő erők, a forgatónyomaték és az erőszükséglet a hengerek gördülő mozgásából vezethetők le. A hengerlés erőszükséglete a tiszta alakítási munka és a hengerek felületén fellépő súrlódási munka erőszükségletéből tevődik össze. A közepes alakítási ellenállás a hengerre ható nyomás és a nyomófelület hányadosával van meghatározva. Ez a közepes alakítási ellenállás a dolgozatban megadott (51) képlet segítségével mind hideg-, mind meleg hengerlésnél kiszámítható. A hengerre ható nyomásból meghatározott közepes alakítási ellenállás magában foglalja azt az erőtöbbletet, mely az alakítási munka folyamán a nyomófelület növekedésével keletkező súrlódási munka elvégzéséhez szükséges, ezért a hengerlési munka kiszámításánál a hengerek felülete mentén keletkező súrlódási munkát nem szabad külön is kiszámítani. A hengerlési munka erőszükségletének kiszámítására az 54., 55. és 56. képletek szolgálnak. Minthogy azonban ezek a képletek egyszerűsítő feltevések mellett vannak levezetve, gyakorlati számításoknál be kell vezetni egy η korrekciós tényezőt. A korrekciós tényező kiszámítására egy képlet van megadva. Abban az esetben, ha a hengerek alkotója nem egyenes, vagyis ha a hengerlés üregben történik, akkor a hengerek felülete mentén fellép egy olyan súrlódási munkatöbblet, amely az alakítással kapcsolatos nyomófelületnövekedéssel nem magyarázható, és a közepes alakítási ellenállásba nem tudható be. Ezt tehát a hengerlési munka kiszámításánál külön számításba kell venni. Egyszerű üregekben való hengerlés esetén ez a számítás a dolgozatban megadott egyszerű módon el is végezhető.

A levezetett képletek használhatóságát, illetve a kísérleti és számított eredmények egymáshoz való simulását számos ábra mutatja be.

ÚJABB IRÁNYZAT A KOKSZKÉPZŐDÉS ELMÉLETÉBEN

SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR r. tag

A borsódi barnaszenek kokszosításával kapcsolatban végzett kőzettani vizsgálataink a kokszképződést új szempontokból világították meg. Vonatkozó első eredményeinket egy 1947. novemberében kelt jelentésben, majd kiérleltebben a Bányászati és Kohászati Lapok 1949. évi májusi számában (orosz és német kivonattal) és a Bánya és Kohómérnöki Osztályunk 1948—1949. évi kötetében közöltem.[1]

Azóta *N. Berkowitz* ismertetett egy szénkokszolási elméletet ; egészen más alapból, t. i. a szenek nedvesedési hőtermelésének adataiból indul ki, de következtetéseiben lényegileg arra az eredményre jut, mint e sorok írója.[2]

A következőkben e különböző úton nyert, egymást kiegészítő eredményeket összekapcsolva igyekszem a korszerű kokszolási elmélet kifejlesztéséhez hozzájárulni.

A régebbi kokszképződési elméletek[3] a kokszolhatóságot egy külön organikus anyag jelenlétére vezették vissza. Némelyek közelebbről is elkülönítették, hogy a lipoid, bitumenes anyagban a felfuvódó képességet a kevésbbé oldható szilárd rész, a sülő- (tapadó-) képességet a jobban oldható lágy rész okozza. *Stadnikov* szerint ez utóbbi a vitrit olvadási hőmérsékletét csökkenti, ill. vele oldatot alkot, ha kémiailag hozzá hasonló szerkezetű. A szapropelit-szenekben a vitrit és a bitumen-anyagok rokonságban állnak, ezért a szapropelit-szenek sülőképesek. A humuszszenek vitritje kémiailag nem rokon a bitumennel, ezért ezek nem sülőképesek.[4]

E régebbi elméletek — és ebben a tekintetben *Berkowitz* is követi azokat — a kokszolhatóságot lényegileg egyetlen változó : a szénülési fok függvényének tekintették. Kiindulásuk rendszerint az volt, hogy a kokszolódás maximuma kb. a zsírkőszén-állapotban jelentkezik. A kokszolódás e maximuma abban nyilvánul, hogy a szén ebben az állapotban nemcsak felfúvódik és »megolvad«, hanem erős sülő-, tapadóképességet is mutat, vagyis porából is nagyobb darabokká összesült koksz képződik.[5]

[1] A kokszképződés szénkőzettani megvilágításban. Bányászati Kohászati Lapok. 1949. 173—178. l.

Zur Koksbarkeit von Stein- und Braunkohlen. Bánya- és Kohómérnöki Osztály Közleményei. Sopron, XVII. 1948—1949., (1950), 170—175.

[2] A physical approach to the theory of coking. Fuel. XXVIII. 1949. May, 97—102. l.

[3] *Le Chatelier*, *Jüptner*, *Wedding*, *Rau*, *Simmersbach*, *Parr* és *Olin*, *Lewes*, *Donath*, *Lierg*, majd *Fr. Fischer—Broche—Strauch* nézeteit legalább is részben a nagy szénkémiák, pl. *Strache—Lant* 1924, *Stadnikov* 1931, *Fuchs* 1935 tartalmazzák.

[4] *Stadnikoff:* Die Chemie der Kohlen, 1931. 181—185.

[5] A kokszolhatóság fogalmát illetően lásd a Bányászati és Kohászati Lapokban megjelent idézett cikkemet.

Ezzel szemben újabb kokszelméletem azon alapul, hogy a kokszolódási képesség nemcsak a szénülési fok függvényében változik, hanem egyebek között, a szén mikrostrukturális sajátságai függvényében is. Nemcsak különleges bitumenes anyag, hanem sajátságos zárt szöveti szerkezet is szükséges a koksz felfúvódásához.

A kétféle felfogás közti különbség igen jelentős, és elsősorban gyakorlati téren nyilvánul meg. A régi elméletek alapján nem volt kilátás arra, hogy például a magyar barnaszeneket kokszgyártásra felhasználjuk. Ha voltak is a magyar és a szomszédos kárpáti medencék területén olyan barnakőszén-területek, amelyek egyes előfordulásai kokszolhatóknak bizonyultak (pl. Kósd, Visk-Uglya, Zsilvölgy), éppen ezekről az is kimutatható volt, hogy a legerősebben szénült, már kőszén-állapotban levő részei a kokszolhatók. Ezek a tapasztalatok tehát még mindig értelmezhetők voltak a régi felfogással, amely a kokszolhatóságot a zsír- és gázkőszén állapotához kötötték.[6]

Újabb felfogásunk értelmében a barnaszeneknek is lehetnek olyan mikrostruktúrájú részei, amelyek kokszolhatók, sőt esetleg némi sülőképességük is van. Ezáltal egy nagy jelenőségű új iparág, a barnaszénkokszgyártás kérdése nyer elméleti alátámasztást. A kokszolásra vonatkozó kőzettani vizsgálataink azokból a régi elmélet szempontjából meglepő, sőt azzal ellentétben álló gyakorlati tapasztalatból indultak ki, hogy egyes borsódi barnaszenek bizonyos kokszolódási képességet mutatnak. E tapasztalatok *Schlattner Jenőt*, *Szász Oszkárt*, és munkatársaikat a borsódi barnaszén kokszolására vonatkozó nagy jelentőségű kísérleteire és üzemi eljárás kidolgozására vezették.

A borsodi, majd más hazai és külföldi barnaszeneken is a kőzettani vizsgálattal párhuzamos laboratóriumi kokszpróbák útján megállapítottuk, hogy az oxinitekben szegény barnaszenek összefüggő faeredetű, tehát xilites és

[6] Hasonlítsunk össze e célból pl. néhány elemi elemzésből átszámított szénülési fokot:

Szénülési fokok a 100%*-ra átszámított elemi elemzés alapján:*

	C	*H*	*O*	
Fa	50	6	44	
Tőzeg	55	6	39	
Xilit és földes barnaszén	65	5	30	
Lágy barnaszén	70	5	25	
Kemény barnaszén	74	5	21	
Fényes barnaszén	78	5	17	
Láng kőszén	80	5	15	
Gáz kőszén	84	5	11	maximális
Zsír kőszén	88	5	7	kokszolhatóság
Sovány kőszén	92	4	4	
Antracit	96	2	2	
Grafit	100	0	0	

xilovitrites részei száraz lepárláskor felfúvódott »megolvadt« kokszot adnak. Ugyanannak a barnaszénnek többi szövetei nagyrészéből viszont zsugorodott vagy porkoksz keletkezik. Megállapítottuk másrészt, hogy a faeredetű barnaszénsávok kokszolhatóságát két tényező lerontja. Az egyik a kérdéses szöveti elemnek akár már eredeti tőzegállapotbeli vagy akár utólagos szétesése, lazulása. A másik ilyen kokszolhatóság-rontó hatás a szénelegyrészek tágabb értelemben vett oxidációja: akár az eredeti növényi ill. tőzegállapotban, akár később a szénülés közben, akár a kész kőszén állapotában történő oxidiációja. Általában a huminites és bituminites elegyrészeknek átalakulása oxinites elegyrészekké, csökkenti a kokszolhatóságot.

A faeredetű részekhez hasonlóan kokszolható az összefüggő kéregeredetű szénrészlet is. Minthogy azonban a kéregeredetű szövetek rendszerint már a tőzegállapottól kezdve erősebben oxidálódtak, ezek gyakorlatilag sokkal ritkábban kokszolhatók, mint a faeredetű szövetek.

Közvetlen mikroszkópos megfigyelések alapján kimutattuk azt is, hogy ez összefüggő barnaszén-szöveteket elsősorban a melanorezinitből a hevítéskor képződő gázak fújják fel. Az ilyen barnaszenek lepárlásakor főleg az eredeti fa-évgyűrűk melanorezinitben gazdag határán keletkeznek lapos, táskás felfúvódási hólyagok. Egyszersmind elsősorban e hólyagok falán keletkezik az a fémes fényű megolvadt burok is, amely a koksz jellemző fényét és feltételezhetően szilárdságának jelentékeny részét is adja.

Nyilván a xantorezinit, sőt más bituminitek hevítési gázainak is van hasonló felfúvó hatása. Azonban kétségtelenül megállapítható volt, hogy bizonyos határon túl, a bituminites elegyrészek mennyisége már nem javítja a kok-

Néhány hazai és kárpáti széntípusának szénülésfokai és kokszolhatósága.

	100%-ra átszámított C	H	O	Szénülési fok	Tapadóképesség
Pécsbányatelep	93.1	4.8	2.1	sovány kőszén	nincs
Vasas XV. telep	85.9	5.1	9.0	gázkőszén	van
Komló	84.4	5.6	10.0	gázkőszén	van
Szászvár	87.6	5.4	7.0	zsírkőszén	van
Ajka	78.8	5.3	15.9	fényes barnaszén	nincs
Tatabánya	76.6	6.1	17.3	fényes barnaszén	nincs
Dorog, paleocén	75.7	5.4	18.9	kemény-fényesszén	nincs
Dorog, eocén	79.3	6.4	14.3	fényes barna, lángszén	nincs
Pilisvörösvár	77.7	5.8	16.5	fényes barnaszén	nincs
Kósd	81.2	6.3	12.5	láng, gázkőszén	van
Lupény, déli	81.1	6.3	12.6	láng, gázkőszén	van
Lupény, északi	85.5	6.3	8.2	gáz, zsírkőszén	van
Petrozsény, III. telep	78.7	6.5	14.8	fényesbarna-lángkőszén	nincs
Petrozsény, aknaszén	80.5	5.8	13.8	lángkőszén	nincs
Visk	85.5	5.6	8.6	gáz, zsírkőszén	van

A kokszolhatóság tehát itt is mindig a gáz- és zsirkőszén állapotban jelentkezik.

szolódási képességet. Sőt a tiszta bituminitek, pl. a gyanta önmagában csak kevés fémes külsejű, megolvadt és felfúvódott kokszot ad száraz lepárláskor, mert túlnyomó része gázalakban elillan.

Vizsgálataink szerint tehát a barnaszenek kokszolódásában különösen a bituminit ill. melanorezinit-tartalmú szénszövetek zárt, összefüggő jellegének van nagy szerepe. Ebből a kokszolódás lényegeként az következett, hogy ez az összefüggő zárt szerkezet biztosítja a bituminitekből keletkező hevítési gázok visszatartását, és így általuk a szén felfúvódását. Következett továbbá, hogy a szénszövet zártsága megakadályozza a kokszolhatóságra káros oxidációs folyamatot e szöveten belül, mind a növényi, mind a tőzeg, mind pedig a kész kőszén állapotokban egyaránt.

E felfogásunkból közvetlenül adódott, hogy a szénülési fok növekedése általában növeli a kokszolhatóságot. A szénülés ugyanis tömöríti, zártabbá teszi a szén szerkezetét, általa az eddig kevésbbé szervesen összefüggő szövetek is mindinkább összeolvadnak. A szénülés növekedésével tehát a szén mindinkább alkalmassá válik a hevítési gázok visszatartására, és így mindinkább erősödik a felfúvodó, és általában kokszolódó képesség. A szénülés közben azonban a gázadó elegyrészek mennyisége is mindinkább fogy azáltal, hogy e gázdús bituminites elegyrészek gázszegény huminites elegyrészekké átalakulnak. Vizsgálataim szerint[7] először a szuberines, azután a kutinos, végül a gyantás és sporopollenines elegyrészek alakulnak át huminitekké. Az átalakulás lényegileg a zsírkőszén és a soványkőszén állapot közt fejeződik be. (Minthogy a régebbi szénpetrografusok által elsősorban vizsgált karbon-korú kőszenekben a bituminitek közül már főleg csak az utolsónak átalakuló gyantás és sporopollenines elegyrészek fordulnak elő, ezért ők csak ez utóbbi átalakulást ismerték és ezt nevezték »szénülési ugrás«-nak.) A soványkőszén állapottól kezdve tehát nincs többé gázadó elegyrész a szénben, és így ettől kezdve a felfuvódó-, kokszolódóképesség is hirtelen lecsökken, majd gyakorlatilag megszűnik.

A kokszolódás maximuma tehát közvetlenül a »szénülési ugrás« előtt : a zsírkőszén állapotban jelentkezik, felfogásunkból következően és a tapasztalattal egybehangzóan.

Értelmezésünk ugyancsak megmagyarázza azt a régebbi gyakorlati tapasztalatot, hogy nyomás hatására a kevésbbé kokszolható szenek, így a barnaszenek kokszolhatósága is növekedik. A nyomás u. i. a szén szövetét összetömöríti, zártabbá teszi, és így csökkenti a hevítési gázok hatástalan elillanását. Hogy valóban a hevítési gázok bezárása a kokszolódás döntő tényezője, azt mutatja az is, hogy nyomás hatására autoklávban 250°C-ra hevítés és gyengén lúgos vízzel való kezelés mellett a legkülönbözőbb kémiai összetételű organikus anyagok, pl. a cellulóze, a lignin, a fa, gyapot, cukor, keksz, sajt is átalakíthatók sülőképes kokszolódó kőszénszerű anyaggá.

[7] Über Systematik und Umwandlangen der Kohlengemengteile. A bánya- és kohómérnöki Osztály Közleményei. XVII. (1948—1949). 176—193. l.

Ugyancsak következik értelmezésünkből az a tapasztalatból ismert — és a hazai barnaszénkoksz gyártásában gyakorlatilag is figyelembeveendő — tény, hogy a szén gyors melegítése növeli a felfuvódó (és sülő) képességet. A gyors felmelegedéssel ugyanis csökken a gázok elillanási ideje.

Értelmezésünk eltünteti a kokszképződésre vonatkozó régebbi megfigyelések közti látszólagos ellenétet is. A régebbi szénkémikusok szerint ugyanis a kokszolódási képesség bizonyos organikus oldószerek által kivonható bitumenes alkotórészekhez van kötve. Viszont a szénpetrográfusok szerint főképpen a kőszén vitritje a kokszolódó rész, vagyis olyan sávfajta, amelyben nincs vagy legalább is kevesebb bitumen van, mint a nem ill. kevésbbé kokszolódó kőszén-duritokban. Felfogásunk szerint ezzel szemben nem egyetlen ilyen különleges anyag eredményezi a kokszolhatóságot, hanem mindkét anyag együttes jelenléte (sőt ezenkívül az oxiniteknek hiánya, főkép pedig megfelelően zárt szövet). Mindkét régebbi megállapításban volt helyes mag, de önmagukban csak részletigazságot jelentettek, és merev megfogalmazásukban helytelenek voltak.

Berkowitz legújabb elméletében egészen más alapból indul ki, végső következtetéseiben, a kokszolódás értelmezésében azonban ugyanerre az eredményre jutott. Elkerülve azt a gyakorlatilag fontos tényt, hogy a barnaszenekben is lehetnek többé-kevésbbé kokszolható sávfajták, kiindul egyrészt abból a régebbi szénkémiai elmélettel szembenálló (de az általa nyilván nem ismert dolgozatainkban már megállapított) tényből, hogy az organikus oldószerekkel kivonható bitumenes anyagok nem képviselnek valamilyen különleges kokszolódást biztosító, pl. »plaszticitást adó« tényezőt. E bitumenes anyagok szerepe szerinte is abban áll, hogy a hőhatásra belőlük keletkező gázok a szén felfúvódását teszik lehetővé, ha a szerkezet elég zárt arra, hogy a gázok szabadon el ne illanhassanak.

Míg azonban e sorok írója a szerkezeti zártságot mikropetrografiailag a (nem detritikus) fa- vagy kéregeredetű szövet-származékok összefüggő szerkezetéből vezeti le, addig *Berkowitz* a nedvesítési hőtermelés adataiból kiindulva ezt a zártságot a kb. 0.02 mikron nagyságúnak feltételezett »szénmicellák« közti pórusok szükületeinek minimumra redukálásaként értelmezi. Ha e pórusok szükületei túlságosan nagyok, akkor a gázok *Berkowitz* szerint elillanak. Ilyenek a kevéssé szénült »lignites« szenek. Ezek szerinte is a még össze nem préselt pórusszerkezetük miatt nem kokszolódnak. A jól kokszolódó szenekben viszont a pórus-szükületek minimálisra redukálódva, a gázokat visszatartják, és így azok az anyagot felfújják. A kokszolódó szeneknek éppen azért legkisebb a nedvesedési hőtermelésük, mert a pórusszükületek oly kicsinyek, hogy nem hatolhat beléjük a nedvesség. A legmagasabb szénülésű antracitos szenek pedig szerinte is az illó anyagok (következésképp tehát a bitumenes anyagok) csekély mennyisége, de ezenfelül az újra nyiltabbá vált pórusszerkezet és az erősebb intermicelláris kötések miatt nem kokszolódnak. Végül az oxidációnak a kokszolódást csökkentő hatását is a pórusok növekedésével magyarázza.

Mindez felfogásunkkal teljes összhangban áll, ha hozzátesszük még, hogy

a különböző szénsávok szerkezetének zártsága különböző méretű, és így már a kevésbbé szénült szenekben is lehetnek többé-kevésbbé kokszolódó sávfajták, t. i. az összefüggően maradt fa és kéregszármazékok.

Berkowitz—Boddy-nak egy érdekes kísérletére hivatkozva — különösen kiemeli, hogy a képlékenység *minden* szénnek »fundamentális sajátsága«, hiszen minden polimér anyag mutat, bizonyos hőmérséktől kezdve, növekvő molekuláris mozgékonyságot. Ez a mozgékonyság kétdimenziós, eltérően az egyszerűbb kémiai vegyületekétől, amelyek egy határozott hőmérséken háromdimenziós mozgékonyságot nyernek, azaz határozott olvadáspontjuk van. Ez a polimer anyagokat általában jellemző képlékenység teszi lehetővé, hogy a szerkezet megfelelő zártsága esetében a hevítési gázok a szenet felfújják.

Berkowitz e tekintetben valószinüleg túlságosan is kiélezi a különbséget a régebbi kémiai és saját felfogása közt, amikor egyenesen azt állítja, hogy a bitumenanyagok gázai egyáltalán nem járulnak hozzá a szén képlékennyé válásához. Mikroszkópos megfigyeléseink szerint ugyanis a koksz éppen a gázadó egykori bitumenes elegyrészek mentén a legfémesebb és legolvadtabb külsejű. Feltételezhető tehát, hogy a szén saját »fundamentális plaszticitása« növekedik a bitumenekből keletkező könnyen illó alkotórészek hatására. Növekedhetik ez a képlékenység például azáltal, hogy a szénmicellák közti gyenge van der Waals-kötéseket ideiglenesen gázmolekulák kötik le (semlegesítik), úgy, ahogy a folyékony magma viszkozítását is csökkentik a könnyen illó elegyrészek.[8]

Meg kell említenünk, hogy ez értelmezéstől már *Stadnikov* és *Kreulen* sem állnak távol, amikor a szén megolvadását a szénmicelláknak a megolvadt — tehát könnyebben illó — bitumenben való diszpergálásával magyarázzák.[8]

A felfúvódást követő újraszilárdulásban *Berkowitz* szerint nemcsak az 500° felett jelentkező csökkenő gázképződés és a porusoknak az előző felfúvódás általi túlságos kitágulása játszik szerepet, hanem az is, hogy a szénmicellákat az eddig összetartó gyengébb van der Waals-erők mellett mindinkább az erősebb vegyértékerők kapcsolják össze. Erre mutat a karbonizálódó szén rohamosan növekvő sűrűsége, mechanikai szilárdsága és elektromos vezetőképessége.

Berkowitz és saját felfogásunk közös sajátsága az is, hogy a sülő-, tapadóképességet egyik sem tekinti különleges sajátságnak a szén képlékenységével szemben, hanem a képlékenység legszélsőbb formájának látja. Mindkettőnk felfogásának lényege tehát a zárt szerkezet esetében jelentkező felfuvódás. Egyikünk ezt a szén makromolekuláris, szénmicellás szerkezetéből, másikunk a szén mikroszkópos szerkezetéből vezeti le. A két felfogás közt nincs lényegi ellentét. A micelláris alapon ugyan nem következik, hogy ugyanazon a széndarabon belül többféle kokszolhatóságú sávfajta jelentkezhetik, de ez a

[8] A magmaviszkozitás csökkenését az illó alkatrészek által *Buerger* (Am. Min. 1949, p. 744.) hasonlóképpen az SiO_4-tetraédereket összekötő oxigénhidaknak az *OH* és *F*-ionok általi helyettesítésével, széttörésével magyarázza.)

[9] *Kreulen J. W.*: Grundzüge der Chemie und Systematik der Kohlen. Amsterdam, 1935. 129. *Kreulen* tudvalevően szintén feltételezi a micellás szerkezetet a kőszenekben.

szénkőzettanilag nyert megállapítás könnyen értelmezhető micelláris alapon is.

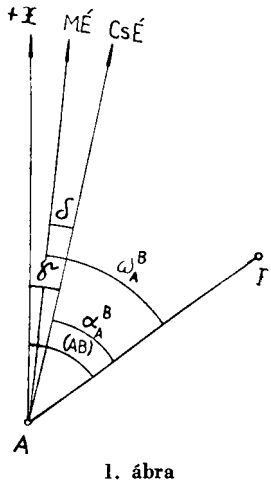
Világos ugyanis, hogy az egységesen maradt, és így a szénülés közben is egységesen tömörülő *fa- és kéregszármazékok* micelláris szerkezetében egyenletes és finom eloszlású pórusok keletkeznek, tehát ezek a felfúvódásra már korán alkalmassá válnak. Viszont a finom törmelékké szétesett, és már a tőzegképződés közben különböző mértékben átalakult szövetfoszlányokból származó *duritok* elegyrészeinek határfelületein sokkal durvább pórusok keletkeznek, mint ugyanezeknek az elegyrészeknek belsejében. E duritos elegyrészek csak a szénülés folyamán kezdenek mindinkább bensőleg is összeolvadni, és így a pórusszükületek csak a szénülés magasabb fokán záródhatnak annyira, hogy a durit is némi felfúvódóképességet nyerjen. A durit tehát legjobb esetben csak a kőszén-állapotban válik kokszolhatóvá. A *fuzit* pedig végig teljesen alkalmatlan a felfúvódásra, mert ezekben a sejtfalakból már kezdetben szilárd és merev származék keletkezik: ezért a szilárd maradékot hátra nem hagyó sejtüregtöltelék helyén a micelláris pórusok nagyságrendjét sokszorosan felülmuló valóságos üreg keletkezik, sőt magának a rideg sejtfal-származéknak pórusai sem szűkülhetnek kellőleg a szénülés folyamán.

Mindebből kiviláglik, hogy *Berkowitznak* és e sorok írójának teljesen más alapból kiinduló koksz-elméletei egymást jól kiegészítik, és végső következtetéseikben megegyeznek. Ez újabb értelmezések alapján régebbi tapasztalatok és értelmezések tekintetbevételével olyan elméleti szintézishez jutottunk, amelyből világosan következik, hogy a barnaszenek bizonyos részei is felhasználhatók kokszolásra.

A MÁGNESES DEKLINÁCIÓ KISZÁMÍTÁSÁRÓL

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL r. tag

Régebben, a kompasszal való mérések fénykorában a koordináta-rendszer X-tengelyének irányát tudvalevőleg legtöbbször a mágneses északában vették fel. Ha most az ezen az alapon készült térképeket vagy számításokat napjainkban fel kell használnunk, nagy gondot okoz a mágneses deklinációnak a nagysága a térképkészítés, illetve mérés idejében, mert csak ennek segítségével tudunk a csillagászati északra, s ennek, valamint a meridiánkonvergenciának meghatározásával az Országos Mérés tengelyrendszerére áttérni.



1. ábra

A legközvetlenebb módszer erre az, hogy a régi térképeken legalább két olyan pontot igyekszünk találni, amelyek egyértelműen most is megvannak és hiteltérdemlően azonosíthatók. Ha e két, A és B pontot (1. ábra) jelenlegi koordinátarendszerünkbe bekapcsoljuk, összekötő egyenesük (AB) irányszögét az északi pozitív X-tengellyel s ebből a γ meridiánkonvergencia ($\doteq \Delta\lambda \cdot \sin\varphi$, ha $\angle\lambda$ a földrajzi hosszúságkülönbséget, s φ az átlagos földrajzi szélességet jelenti) segítségével az északra vonatkozó α_A^B csillagászati azimutot tudvalevőleg a következő összefüggés:

$$\alpha_A^B = (AB) \overset{(+)}{(-)} \gamma \tag{1}$$

alapján kiszámíthatjuk. [A (+) előjel érvényes a koordinátarendszer kezdőpontjától keletre, a (—) előjel az attól nyugatra fekvő pontoknál.] Ha most a régi térkép akkori mágneses északjában felvett X'-tengelyre vonatkozólag ennek az AB összekötő egyenesnek ω_A^B szögét a térképen szögfelrakóval leméri jük, akkor

$$\delta = \alpha_A^B - \omega_A^B \tag{2}$$

a térképkészítés idejében fennállott δ deklinációt adja meg (ez nyugati deklinációnál negatív, keleti deklinációnál pozitív értékű), melynek segítségével az

$$\alpha_A^B = \omega_A^B + \delta \tag{3}$$

(δ a (2) egyenletből adódó előjelével helyettesítendő be), illetve az

$$(AB) = \alpha_A^B - \overset{(+)}{(-)} \gamma \tag{4}$$

kifejezések útján bármely a kérdéses térképről lemért mágneses azimutot csillagászati azimuttá, illetve jelenlegi koordinátarendszerünk irányszögévé átszámíthatunk. Következő számításainkban mindenütt még nyugati dekli-

nációról lesz szó, mégis a negatív előjel állandó kitételétől eltekintünk. Ezért a (3) képlet használatánál a következőkben szereplő valódi deklináció-értékek még egy negatív előjelet kapnak.

Itt említjük meg, hogy újabban több országban is komoly kísérletek folynak a mágneses geodéziai műszerek újbóli bevezetésére. Ez az irányzat a mágneses deklináció pontosabb ismeretét feltételezi s megkívánja, hogy a deklinációnak kb. 10 és 18 órakor fellépő napi középértékétől való eltéréseket is tekintetbe vegyük.

A régebbi méréseknek, s az adományozási térképeknek rendezetlensége arra késztette 1944 elején a MÁVAG igazgatóságát, hogy akkori rozsnyókörnyéki bányái részére a mágneses deklináció értékét folytatólagosan 1863-tól kezdve 1943-ig meghatároztassa, hogy ezek révén a különböző tengelyrendszerű térképeket közös tengelyrendszerre hozza. E feladat megoldásakor nyilvánvaló volt előttem, hogy az előbbiekben vázolt módszert nem alkalmazhatom, mert ez nemcsak hosszabb helyszíni tartózkodást tesz szükségessé, hanem meglehetősen pontatlan is, hiszen az 1860-as évek térképeit egyszerű, kevésbbé pontos kompaszmérések alapján készítették, s ez a papírbeszáradás, grafikus ábrázolás és az újabb lemérés útján csak tovább romlik. Ezért azt vizsgáltam meg, mi módon lehet obszervatóriumoknak az adataiból a keresett deklinációkat kiszámítani. E vizsgálat igen kedvező eredménnyel járt, úgy hogy eredményének nyilvánosságrahozatala indokolt. Ehhez egyébként még akkor a MÁVAG igazgatósága is hozzájárult. Hogy miért került erre csak több mint hat év után sor, cikkünk második részében még megmagyarázzuk.

I.

Mint ismeretes, a volt osztrák-magyar monarchia mágneses értékeit 1894-ig legalaposabban Liznar dolgozta fel 1895-ben és 1899-ben megjelent nagy munkájában [1]. Liznar megkülönbözteti a normáldeklináció, vagy más írásban a normális deklináció d értékét a valódi deklináció δ értékétől, mégpedig az alábbi egyenletek értelmében:

$$d = \delta - \Delta d \quad \text{illetve:} \quad \delta = d + \Delta d \tag{5}$$

Ezekben a képletekben Δd az ú. n. helyi zavar értéke, amely megadja, hogy a Liznar által általánosan megadott összefüggések alapján az egyes helyekre kiszámított normális deklináció értékét milyen Δd-vel kell megjavítani, hogy a kérdéses hely valódi deklinációját kapjuk. Ha jelentősebb természeti változásoktól, mint hatalmas salakhegyek létesítése stb. eltekintünk, az egyes helységek Δd helyi zavar értéke sokszor évtizedekre is eléggé változatlannak tekinthető, amint ezt Weinberg és Sibajev vizsgálatai is igazolják [6]. Liznar a helyi zavar értékét Rozsnyóra ugyan nem határozta meg, de szerepel Čechura 1928—1929-es szlovenszkói méréseiben, aki Δd-t Rozsnyó részére $+5{,}0'$-ben számította ki [2 : 29. old.]. Mi ezt az adatot használjuk, de e kérdésre még tanulmányunk végén visszatérünk.

Aubell 1922-ben Liznarnak a mágneses deklinációra vonatkozó eredményeit két igen jól használható táblázatba sürítette össze [3]. Mindkettő szerint egy tetszőleges hely t időre érvényes d_t normáldeklinációja kiszámítható, ha ismeretes ugyanebben az időpontban egy obszervatórium $d_{0,t}$ normáldeklinációja, továbbá a kérdéses hely éveleji 1890·0-es $d_{90\cdot0}$, valamint az obszervatórium éveleji 1890·0-es $d_{0,90\cdot0}$ normáldeklinációja, végül pedig a a kérdéses hely, s a_0 az obszervatórium deklinációjának évi csökkenése, amelyek a táblázatból negatív előjellel veendők számításba. A vonatkozó képlet (V. ö. [3; 47. tábl.]) így szól:

$$d_t = d_{0,t} + (d_{90\cdot0} - d_{0,90\cdot0}) + (a - a_0)(t - 1890\cdot0) \tag{6}$$

Értelmét azonnal belátjuk, ha így írjuk:

$$d_t - d_{0,t} = (d_{90\cdot0} - d_{0,90\cdot0}) + (a - a_0)(t - 1890\cdot0) \tag{6a}$$

Tehát: a keresett helyen a normáldeklinációk különbsége a $t - 1890\cdot0$ időre egyenlő az obszervatóriumban ez idő alatt észlelt különbségnek és annak a javításnak összegével, amelyet az évi csökkenés különbözősége a két helyen okoz ugyanezen idő alatt. Ez a tapasztalat szerint nagy mértékben helytálló feltevés tehát a szóbanforgó területen a deklinációk változásaiban egyidejűséget, viszonyában pedig arányosságot tételez fel. Az a és a_0 évi csökkenés itt az 1850. és 1890. évek adataiból nyert átlagos értékek [V. ö. (13) és (19) képletünkkel].

Minthogy 1890·0-ben Rozsnyón nem volt mérés, a normáldeklináció $d_{90\cdot0}$-es adatát a nála és Aubellnél található alábbi 1. táblázatból vehetjük ki, amelyik $d_{90\cdot0}$ értékét a Greenwichtől számított λ földrajzi hosszúság és a φ földrajzi szélesség függvényében adja meg. [V. ö. a későbbi (8) képlettel.]

Ugyanonnan kiírhatjuk 2. táblázatunkban az évi csökkenés a értékét ugyancsak λ és φ függvényében az 1850. és 1890. évek között:

Rozsnyó földrajzi szélessége: $\varphi = 48° \; 40{\cdot}2'$, Greenwichtől számított földrajzi hosszúsága: $\lambda = 20° \; 32{\cdot}6'$. Így a táblázatból, illetve 0,1—0,2 perccel pontosabban Čechura kissé javított értékeivel [2;30 l. III. tábla] a rozsnyói normáldeklináció 1890·0-re a következőképpen számítható:

$$\varphi = 48° \; 40{\cdot}2' \text{ mellett} \begin{cases} \lambda = 20°\text{-nál} & d_{90\cdot0} = 7° \; 25{\cdot}3' \\ \lambda = 21°\text{-nál} & d_{90\cdot0} = 6° \; 56{\cdot}3' \end{cases}$$

$$\text{Így } \lambda = 20° \; 32{\cdot}6'\text{-nél}: \quad d_{R,90\cdot0} = 7° \; 09{\cdot}6' \doteq 7° \; 10' \tag{7}$$

Gyakorlatilag ugyanazt kapjuk, ha Liznar Bécsre vonatkozó ($\varphi_B = 48° \; 15'$; $\lambda_B = 16° \; 22'$) alábbi képletéből indulunk ki (9° 11·1′ = a valódi deklináció értéke Bécsben 1890·0-kor):

$$d_{90\cdot0} = 9° \; 11{\cdot}1' + 0{\cdot}7' - 0{\cdot}03076 \, \Delta\lambda - 0{\cdot}47872 \, \Delta\lambda - \tag{8}$$

$$- 0{\cdot}0003075 \, \Delta\varphi \, \Delta\lambda - 0{\cdot}00000858 \, \Delta\varphi^2 + 0{\cdot}000006 \, \Delta\lambda^2 = 7° \; 09{\cdot}5'$$

1. táblázat

A normáldeklináció értékei 1890,0-ben Liznar szerint

φ \ λ	Greenwichtől keletre = Ferrotól keletre minusz 17° 40′											
	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°
44°	9° 27·8′	9° 03·8′	8° 39·8′	8° 15·9′	7° 52·0′	7° 28·1′	7° 04·3′	6° 40·6′	6° 16·9′	5° 23·2′	5° 29·6′	5° 06·0′
45°	9° 26·6′	9° 01·4′	8° 36·4′	8° 11·3′	7° 46·3′	7° 21·4′	6° 56·5′	6° 31·6′	6° 06·8′	5° 42·0′	5° 17·3′	4° 52·6′
46°	9° 25·3′	8° 59·0′	8° 32·9′	8° 06·7′	7° 40·6′	7° 14·6′	6° 48·6′	6° 22·6′	5° 56·7′	5° 30·8′	5° 04·9′	4° 39·1′
47°	9° 23·9′	8° 56·6′	8° 29·3′	8° 02·1′	7° 34·9′	7° 07·7′	6° 40·6′	6° 13·5′	5° 46·5′	5° 19·5′	4° 52·5′	4° 25·6′
48°	9° 22·5′	8° 54·1′	8° 25·7′	7° 57·3′	7° 29·0′	7° 00·8′	6° 32·5′	6° 04·4′	5° 36·2′	5° 08·1′	4° 40·1′	4° 12·1′
49°	9° 21·1′	8° 51·5′	8° 22·0′	7° 52·5′	7° 23·1′	6° 53·8′	6° 24·4′	5° 55·1′	5° 25·9′	4° 56·7′	4° 27·5′	3° 58·4′

2. táblázat

A deklináció — a számításban *a*-val jelölt — évi közepes csökkenése 1850,0 és 1890,0 között Liznar szerint (valamennyi negatív)

φ \ λ	Greenwichtől keletre											
	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°
44°	5·86′	5·82′	5·79′	5·76′	5·75′	5·73′	5·73′	5·72′	5·73′	5·74′	5·76′	5·79′
45°	5·98′	5·94′	5·91′	5·88′	5·85′	5·84′	5·82′	5·82′	5·82′	5·83′	5·84′	5·87′
46°	6·11′	6·07′	6·03′	5·99′	5·96′	5·94′	5·93′	5·92′	5·92′	5·92′	5·93′	5·95′
47°	6·25′	6·20′	6·15′	6·11′	6·08′	6·06′	6·04′	6·02′	6·02′	6·02′	6·03′	6·04′
48°	6·38′	6·33′	6·28′	6·24′	6·20′	6·17′	6·15′	6·13′	6·12′	6·12′	6·12′	6·13′
49°	6·53′	6·47′	6·42′	6·37′	6·33′	6·30′	6·27′	6·25′	6·24′	6·23′	6.23′	6·23′

Fenti képletben $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ percekben helyettesítendő be, s így esetünkben

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_B = +25{\cdot}2' \text{ és}$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_B = +250{\cdot}6'.$$

Megjegyzendő, hogy (8) képletünk a hellyel való változás kiszámítására *csak Bécsből kiindulva* érvényes, s nem használható más kiinduló állomás esetén, mivel ennél a szorzatos és négyzetes tagok torzulásokat jelentenének. (V. ö. 22—25. egyenl.). Ezzel szemben (6) képletünk az idővel való kiszámításra bármely kiinduló hellyel használható, bár — mint látni fogjuk (10) képletünkben — ennek pontosabb formája is van.

Csakhogy a mágneses obszervatóriumok adatai rendszerint nem az egyes évek kezdetére, hanem közepére[1] vonatkoznak. Ezért célszerű Liznar képletét is ennek megfelelően átalakítani. Bécs adatai 1890·5-re:

Valódi deklináció $\delta_B = 9° 08{\cdot}6' = \delta_0$; $d_B = -0{\cdot}7' = \Delta d_0$, s így $d_{B,90\cdot5} = 9° 09{\cdot}3' = d_{0,90\cdot5}$. Továbbá a 2. táblázat szerint:

Bécsre vonatkozólag $a_0 = -6{\cdot}40'$, Rozsnyóra vonatkozólag $a = -6{\cdot}27'$, ezért az évközépre átalakított (6) képlet lesz:

$$d_t = d_{0,t} + (d_{90\cdot5} - d_{0,90\cdot5}) + (a - a_0)(t - 1890{,}5) \qquad (6b)$$

s ez a (6) képletből Rozsnyóra a következő értéket adja:

$$d_{R,90\cdot5} = 9° 09{\cdot}3' + (7° 10' - 9° 11{\cdot}8') + (-6{\cdot}27' + 6{\cdot}40') \cdot 0{\cdot}5 = 7° 07{\cdot}6' \qquad (7a)$$

A bécsi obszervatórium — sajnos — csak a valódi deklináció 1853·5—1896·5 közti adatait tudja szolgáltatni, mivel obszervatóriuma később a város kiépülése következtében használhatatlanná vált. Ezek az adatok:

3. táblázat

A bécsi valódi deklinációk értéke évközépre vonatkoztatva

Év	δ_B	Év	δ_B	Év	δ_B	Év	δ_B
1853·5	13° 08·4′	1864·5	11° 49.1′	1875·5	10° 33·2′	1886·5	9° 29·1′
1854·5	12° 58·6′	1865·5	11° 39·7′	1876·5	10° 27·8′	1887·5	9° 25·6′
1855·5	12° 50·9′	1866·5	11° 31·6′	1877·5	10° 21·8′	1888·5	9° 18·5
1856·5	12° 44·8′	1867·5	11° 22·6′	1878·5	10° 15·5′	1889·5	9° 13·6′
1857·5	12° 37 1′	1868·5	11° 18·6′	1879·5	10° 07·6′	1890·5	9° 08·6′
1858·5	12° 29·4′	1869·5	11° 08·1′	1880·5	10° 02·0′	1891·5	9° 05·4′
1859·5	12° 24·3′	1870·5	11° 00·7′	1881·5	9° 56 2′	1892·5	8° 58·9′
1860·5	12° 14·3′	1871·5	10° 56·5′	1882·5	9° 51·9′	1893·5	8° 53·0′
1861·5	12° 07·8′	1872·5	10° 52·0′	1883·5	9° 45·1′	1894·5	8° 46·9′
1862·5	12° 01·4′	1873·5	10° 45·3′	1884·5	9° 38·7′	1895·5	8° 39·3′
1863·5	11° 55·9′	1874·5	10° 39·1′	1885·5	9° 34·6′	1896·5	8° 33·8′

[1] Szabatosabban a megadott érték a havi középértékek átlaga: ez azonban céljainkra egyenlőnek vehető a július 1-i napi középdeklinációval.

Minthogy a helyi zavar $\triangle d$ értéke Bécsben 1890-ben — 0·7′ volt, a $d_{B,t} = d_{0,t}$ normáldeklináció bécsi értékeit sorra megkapjuk, ha a 3. táblázat valódi deklináció értékeihez 0·7′-et hozzáadunk.

A fentiek alapján, Rozsnyó $d_{R,t}$ normáldeklinációinak kiszámításához most már a (6b) képlet szerint minden adat megvan. Így 1863·5-re következő értéket kapjuk:

$$d_{R,63\cdot5} = 11^\circ\,56\cdot6' + (7^\circ\,07\cdot6' - 9^\circ\,09\cdot3') + (-6\cdot27' + 6\cdot40')\,(-27) = 9^\circ\,51\cdot4'$$

A fenti értéket még más úton is kiszámíthatjuk. Az obszervatórium deklinációjának a Δt (nálunk itt — 27 év) időre eső $(d_{0,t} - d_{0,\,90\cdot5}) = 167\cdot3'$ változása adott. Ennek a kérdéses helyen más változás felel meg. Nyilvánvalóan a két hely deklinációkülönbsége között ugyanaz a viszony áll fenn, mint átlagos évi változásai között, tehát:

$$\frac{d_t - d_{90\cdot5}}{d_{0,t} - d_{0,90\cdot5}} = \frac{a}{a_0}$$

Ebből:

$$d_t = d_{90\cdot5} + \frac{a}{a_0}\,(d_{0,t} - d_{0,90\cdot5}) \qquad (6c)$$

Esetünkben Bécsre vonatkozólag $(d_{0,t} - d_{0,90\cdot5}) = 167\cdot3'$, $\frac{a}{a_0} = 0{,}9797$, $\frac{a}{a_0}\,(d_{0,t} - d_{0,90\cdot5}) = 163\cdot9'$, s így:

$$d_{R,63\cdot5} = 7^\circ\,07{,}6' + 163{,}9' = 9^\circ\,51\cdot5'$$

tizedpercre egyezik az előbbivel. Egyébként (6c) képletünknek (6a)-val való azonosságát is könnyen kimutathatjuk, ha a törtben $\frac{a}{a_0}$ helyett $\frac{a - a_0 + a_0}{a_0} = 1 + \frac{a - a_0}{a_0}$ értéket írunk.

Ugyanezt az értéket kapjuk a következő elgondolás alapján is. A deklináció egy közelítő értékét tudvalevőleg úgy számíthatjuk ki, hogy a kérdéses hely egy időben ismert deklinációjához az eltelt időnél megfelelő változást előjelének tekintetbevételével hozzáadjuk. Tehát:

$$d_t = d_{90\cdot5} + a\,(t - 1890\cdot5) \qquad (6d)$$

Csakhogy az átlagosan számított változás nem mindig megbízható közelítés. Jobb értéket kapunk helyette, ha ezt ugyanolyan arányban változtatjuk meg, mint amilyen az obszervatóriumban a kérdéses idő alatt mutatkozó tény-legesnek az erre az időre eső átlagos változásához való viszonya. Tehát:

$$d_t = d_{90\cdot5} + a\,(t - 1890\cdot5)\,\frac{d_{0,t} - d_{0,90\cdot5}}{a_0\,(t - 1890\cdot5)} \qquad (6e)$$

Könnyű belátni, hogy ez is a (6c), illetve a (6b) képlethez vezet.

A megadott (6b), illetve (6c) képlet segítségével most már sorra számíthatók a normáldeklinációk évi középértékei Rozsnyóra 1890·5-ig. Így 1864·5-re :

$$d_{R,64\cdot5} = 11^\circ\,49\cdot1' + 0\cdot7' - 121\cdot7' + 0\cdot13'\,(-26) \doteq 9^\circ\,45'$$

Ezek a 6. táblázat első részében vannak. 1890,5-en túl már csak extrapolálni tudunk, ami egy ideig megengedett lenne. De 1896·5-en túl így sem mehetünk azért, mert Bécs adatai csak eddig vannak meg. Szerencsére viszont 1893-ban megindult Ógyallán ($\varphi = 47^\circ\,52\cdot5'$ és $\lambda = 18^\circ\,11\cdot4'$) is a rendszeres megfigyelés, miután 1871. és 1889. között Budapestre is elég sok adat áll rendelkezésre. Ógyalla adatait 1918-ig Steiner közli, 1919—1923. között hiányzik, míg az 1924—1943-as adatokat annak idején Hofhauser Jenő bocsátotta rendelkezésemre, aki akkor az ország deklinációs méréseit végezte. Az ógyallai valódi deklinációkat a 4. táblázat tartalmazza. Lehetne még pontosabb adatokat szerezni az ógyallai kiadványokból, de ez céljainkra nem szükséges.

4. táblázat

Az ógyallai valódi deklinációk értéke évközépre vonatkoztatva

Év	δ_{Gy}	Év	δ_{Gy}	Év	δ_{Gy}	Év	δ_{Gy}
1893·5	8° 02·5′	1906·5	6° 57·8′	1919·5	Hiányzanak	1932·5	3° 01′
1894·5	7° 58·1′	1907·5	6° 55·4′	1920·5		1933·5	2° 51′
1895·5	7° 52·0′	1908·5	6° 49·7′	1921·5		1934·5	2° 42′
1896·5	7° 47·9′	1909·5	6° 44·0′	1922·5		1935·5	2° 31′
1897·5	7° 44·3′	1910·5	6° 34·5′	1923·5		1936·5	2° 29′ *
1898·5	7° 38·2′	1911·5	6° 25·3′	1924·5	4° 20′	1937·5	2° 17′
1899·5	7° 33·9′	1912·5	6° 17·3′	1925·5	4° 08′	1938·5	2° 11′
1900·5	7° 28·8′	1913·5	6° 08·4′	1926·5	3° 58′	1939·5	2° 04′
1901·5	7° 23·3′	1914·5	5° 59·0′	1927·5	3° 46′	1940·5	1° 55′
1902·5	7° 18·5′	1915·5	5° 49·3′	1928·5	4° 38′	1941·5	1° 48′
1903·5	7° 14·0′	1916·5	5° 40·2′	1929·5	3° 27′	1942·5	1° 41′
1904·5	7° 08·7′	1917·5	5° 30·3′	1930·5	3° 20′	1943·5	1° 33′
1905·5	7° 03·0′	1918·5	5° 21·1′	1931·5	3° 11′	—	—

Az ógyallai helyi zavar értékét Liznar 1890·0-ben + 1·8′-ben, Čechura 1932·0-ban + 3·3′-ben adta meg. Számottevő eltérés a kettő között nincs. Mi az utóbbi újabb értéket használjuk fel a normáldeklináció kiszámítására, annyival is inkább, mert állandók gyanánt is Čechura módosított értékeit vesszük. (V. ö. (7b) képletünkkel.) Hofhauser még megjegyzi értesítésében, hogy az 1936-os adatban valami hiba van. Valóban másból is következtetve nem nagyon valószínű, hogy 1935·5 és 1936·5 között csak 2′-cel, míg 1936·5 és 1937·5 között 12′-cel csökkenjen a deklináció. Mi ezért 1936·5 gyanánt inter-

* Valószínűleg hibás. A legújabban, szedés után kapott adatok ezt megerősítik, de néhány kisebb más hibára is rámutatnak.

polálással 2° 24′-et vettünk valódi deklinációként. Egyéb adat híján ugyancsak interpolálni voltunk kénytelenek az 1918·5-es 5° 21′-es és az 1924·5 évi 4° 20′-es valódi deklináció között.

A (6b) képlettel való további, 1890 utáni számításhoz végül szükségünk van a és a_0 újabb értékeire. Erre Čechura 1890·0 és 1932·0 között az 5. táblázatban közölt értékeket számította ki [2 ; VI. tábl.].

5. táblázat

A deklináció — a számításban a-val jelölt — évi közepes csökkenése 1890·0 és 1932·0 között Čechura szerint

(valamennyi negatív)

λ \ φ	47° 30′	48° —	48° 30′	49° —	49°30′	50° —
16° 30′	—	7·649′	7·609′	7·570′	—	—
17° —	7·671′	7·632′	7·593′	7·553′	—	—
17° 30′	7·655′	7·615′	7·576′	7·537′	7·497′	—
18° —	7·638′	7·599′	7·559′	7·520′	7·481′	—
18° 30′	7·621′	7·582′	7·543′	7·503′	7·464′	7·425′
19° —	7·605′	7·565′	7·526′	7·487′	7·447′	7·408′
19° 30′	—	7·549′	7·509′	7·470′	7·431′	7·391′
20° —	—	7·532′	7·493′	7·453′	7·414′	7·375′
20° 30′	—	7·515′	7·476′	7·437′	7·397′	—
21° —	—	7·499′	7·459′	7·420′	7·380′	—
21° 30′	—	7·482′	7·443′	7·403′	7·364′	—
22° —	—	7·465′	7·426′	7·387′	7·347′	—
22° 30′	—	7·449′	7·409′	7·370′	7·331′	—
23° —	—	—	7·393′	7·353′	7·314′	—

Ebből: Bécsre $a_0 = -\ 7{\cdot}634'$

Ógyallára $a_0 = -\ 7{\cdot}602'$

Rozsnyóra $a = -\ 7{\cdot}462'$ adódik.

Így a (6b) képletben használandó értékek 1890 után:

Bécs—Rozsnyóra $(a—a_0) = +\ 0{\cdot}17'$

Ógyalla—Rozsnyóra $(a—a_0) = +\ 0{\cdot}14'$.

Megjegyzendő, hogy az 1893·5—1896·5. évekre Rozsnyó normáldeklinációját Bécsből is és Ógyallából is ki lehet számítani. A két érték között maximálisan 5′ az eltérés, s főképen onnan adódik, hogy — míg Bécsben 1893·5—1894·5 között 6·1′, 1894·5—1895·5 között 7·6′, 1895—96 között 5·5′ a változás, addig ez Ógyallán csak 4·4′, 6·1′ és 4·1′, tehát lényegesen kisebb, mint az Ógyallára kapott 7·602′ átlagnak a bécsi 7·634′ átlaghoz való viszonya. Mi az akkori új ógyallai obszervatórium kezdeti nehézségeit tekintve 1944-ben a bécsiből számítottat fogadtuk el megfelelőbbnek, mely álláspontunk helyessége azóta — mint a II. részben látni fogjuk, — be is igazolódott.

Lesz tehát 1891·5-re Bécsből számítva,—minthogy $d_{R,90\cdot5}-d_{0,90\cdot5}=7°07\cdot6'-$ $-9°\,09\cdot3' \doteq -121'7'$, — a (6b) képlet szerint:

$$\begin{aligned} d_{R,91\cdot5} &= 9°\,05\cdot4' + 0\cdot7' - 121\cdot7' + 0\cdot17 \times 1 \doteq 7°\,05' \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ d_{R,\,96\cdot5} &= 8°\,33\cdot8' + 0\cdot7' - 121'7' + 0\cdot17' \times 6 \doteq 6°\,34' \end{aligned} \tag{7b}$$

1897-től kezdve Ógyallából indulunk ki, mépgedig a

$$d_t = d_{0,t} + (d_{32\cdot5} - d_{0,32\cdot5}) + (a - a_0)\,(t - 1932\cdot5) \tag{6f}$$

képlet alapján. Minthogy erre (V. ö. [2; I. tábl.]):

$$d_{R,32\cdot5} - d_{0,32\cdot5} = -66\cdot4'$$

(Ugyanis: $d_{R,32\cdot0} = 2°\,00\cdot9' - 5\cdot0' = 1°\,55\cdot9'$, s Ógyallára vonatkoztatva $d_{0,32\cdot0} = 3°\,02\cdot3'$ s így $d_{R,32\cdot0} - d_{0,32\cdot0} = -66\cdot4' \doteq d_{R,32\cdot5} - d_{0,32\cdot5}$. Ugyanezt kapjuk, ha (7a) képletünk szellemében előbb az évközépre térünk át.), lesz tehát (6f)-ből:

$$\begin{aligned} d_{R,97\cdot5} &= 7°\,44\cdot3' - 3\cdot3' - 66\cdot4' - 0\cdot14' \times 35 \doteq 6°\,30' \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ d_{R,\,1918\cdot5} &= 5°\,21\cdot1' - 3\text{-}3' - 66\cdot4' - 0\cdot14' \times 14 \doteq 4°\,09' \end{aligned} \tag{7c}$$

Mint említettük, 1918,5—1924,5 között Ógyalla interpolált értékeit kellett alapul venni. Utána:

$$\begin{aligned} d_{R,924\cdot5} &= 4°\,20' - 3\cdot3' - 66\cdot4' - 0\cdot14' \times 8 \doteq 3°\,09' \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ d_{R,\,32\cdot5} &= 3°\,01' - 3\cdot3' - 66\cdot4' - 0\cdot14' \times 0 \doteq 1°\,51\cdot3' \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ d_{R,\,43\cdot5} &= 1°\,33' - 3\cdot3' - 66{,}4' + 0\cdot14' \times 9 \doteq 0\,°25' \end{aligned}$$

Ennek megfelelően számítottuk ki a 6. táblázat második felét. Ez a táblázat az 1944-ben megadottal szemben itt-ott 1'-es eltérést mutat, amelyek az 1944-esben kikerekítési pontatlanságból származtak. Itteni 6. táblázatunknak az értékei a jobb értékek, s ebből számítjuk a 6a.-ban megadott rozsnyói valódi deklinációkat.

6. táblázat

A normáldeklináció értékei Rozsnyón 1863·5 és 1943·5 között évközépre vonatkoztatva

Év	d_R	Év	d_R	Év	d_R	Év	d_R
1863·5	9° 51′	1884·5	7° 37′	1905·5	5° 50′	1926·5	2° 48′
1864·5	9° 45′**	1885·5	7° 33′	1906·5	5° 44′ *	1927·5	2° 36′
1865·5	9° 35′	1886·5	7° 28′	1907·5	5° 42′ *	1928·5	2° 28′
1866·5	9° 28′ **	1887·5	7° 22′	1908·5	5° 37′	1929·5	2° 17′
1867·5	9° 19′ **	1888·5	7° 17′	1909·5	5° 31′	1930·5	2° 10′
1868·5	9° 14,7′	1889·5	7° 12′	1910·5	5° 22′	1931·5	2° 01′
1869·5	9° 04′	1890·5	7° 07,6′	1911·5	5° 13′	1932·5	1° 51′ *
1870·5	8° 57′	1891·5	7° 05′ **	1912·5	5° 05′	1933·5	1° 41′ *
1871·5	8° 53′	1892·5	6° 58′	1913·5	4° 56′	1934·5	1° 33′ **
1872·5	8° 49′	1893·5	6° 52′	1914·5	4° 47′	1935·5	1° 22′
1873·5	8° 42′	1894·5	6° 47′	1915·5	4° 37′ *	1936·5	1° 15′
1874·5	8° 36′	1895·5	6° 39′	1916·5	4° 28′ *	1937·5	1° 08′
1875·5	8° 30′	1896·5	6° 34′ **	1917·5	4° 18′ *	1938·5	1° 02′ *
1876·5	8° 25′	1897·5	6° 30′ **	1918·5	4° 09′ *	1939·5	0° 55′ *
1877·5	8° 19′	1898·5	6° 24′	1919·5	3° 59′ *	1940·5	0° 46′ *
1878·5	8° 13′	1899·5	6° 20′	1920·5	3° 49′ *	1941·5	0° 40′
1879·5	8° 05′	1900·5	6° 15′	1921·5	3° 39′ *	1942·5	0° 33′
1880·5	8° 00′	1901·5	6° 09′ *	1922·5	3° 29′ *	1943·5	0° 25′
1881·5	7° 54′	1902·5	6° 05′	1923·5	3° 19′ *		
1882·5	7° 50′	1903·5	6° 00′ *	1924·5	3° 09′ *		
1883·5	7° 43′	1904·5	5° 55′ *	1925·5	2° 57′ *		

6a táblázat

A valódi deklináció számított értékei Rozsnyón 1863·5 és 1943·5 között
(évközépre vonatkoztatva)

Év	d	Év		Év		Év	
1863·5	9° 56′	1884·5	7° 42′	1905·5	5° 55′	1926·5	2° 53′
1864·5	9° 50′	1885·5	7° 38′	1906·5	5° 49′	1927·5	3° 41′
1865·5	9° 40′	1886·5	7° 33′	1907·5	5° 47′	1928·5	2° 33′
1866·5	9° 33′	1887·5	7° 27′	1908·5	5° 42′	1929·5	2° 22′
1867·5	9° 24′	1888·5	7° 22′	1909·5	5° 36′	1930·5	2° 15′
1868·5	9° 19,7′	1889·5	7° 17′	1910·5	5° 27′	1931·5	2° 06′
1869·5	9° 09′	1890·5	7° 12,6′	1911·5	5° 18′	1932·5	1° 56′
1870·5	9° 02′	1891·5	7° 10′	1912·5	5° 10′	1933·5	1° 46′
1871·5	8° 58′	1892·5	7° 03′	1913·5	5° 01′	1934·5	1° 38′
1872·5	8° 54′	1893·5	6° 57′	1914·5	4° 52′	1933·5	1° 27′
1873·5	8° 47′	1894·5	6° 52′	1915·5	4° 42′	1936·5	1° 20′
1874·5	8° 41′	1895·5	6° 44′	1916·5	4° 33′	1937·5	1° 13′
1875·5	8° 35′	1896·5	6° 39′	1917·5	4° 23′	1938·5	1° 07′
1876·5	8° 30′	1897·5	6° 35′	1918·5	4° 14′	1939·5	1° 00′
1877·5	8° 24′	1898·5	6° 29′	1919·5	4° 04′	1940·5	0° 51′
1878·5	8° 18′	1899·5	6° 25′	1920·5	3° 54′	1941·5	0° 45′
1879·5	8° 10′	1900·5	6° 20′	1921·5	3° 44′	1942·5	0° 38′
1880·5	8° 05′	1901·5	6° 14′	1922·5	3° 34′	1943·5	0° 30′
1881·5	7° 59′	1902·5	6° 10′	1923·5	3° 24′		
1882·5	7° 55′	1903·5	6° 05,	1924·5	3° 14′		
1883·5	7° 48′	1904·5	6° 00′	1925·5	3° 02′		

* A jelölt adatok az eredeti összeállításban kikerekítési pontatlanság miatt 1′-cel magasabb értékűek.

** Eme adatok az eredeti összeállításban kikerekítési pontatlanság miatt 1′-cel alacsonyabb értékűek.

A fenti táblázat egyes adatait többszörösen is lehet ellenőrizni. Így pl. Rozsnyó 1932·5-t a Čechura által 1929 július 18-án 18^{13}-kor mért 2° 20·8′ valódi deklinációból. Ez időben a valódi deklináció csak kb. + 0,4′-cel nagyobb a napi középnél (l. 7. táblázatunkat), de viszont ez már kisebb július 18-án, mint volt július 1-én, ezért (6c) értelmében (tulajdonképpen 1932 július 18-ra):

$$d_{R,\ 32\cdot5} = 2^\circ\ 20{,}4' - 5' - (3^\circ\ 27' - 3^\circ\ 01')\ \frac{a}{a_0} \doteq 1^\circ\ 50'$$

s ez valóban valamivel kisebb, mint a július 1-re számított 1° 51·3′.

Itt jegyezzük meg, hogy a napi középdeklinációtól való eltérés főképpen nyáron elég jelentős lehet, s így a ténylegesen mért értéket, mint Čechuráét 1929-ben Rozsnyón, még át kell számítani a napi középre és viszont. Ezek az értékek főként a földrajzi szélességtől függnek, de befolyásolják más körülmények is, mint napfoltok stb. Egy most is eléggé jól használható táblázatot a kb. 48°-nyi földrajzi szélességre Doleža[1] után a 7. táblázatban adunk [5; 522. old.], de igen kívánatos lenne egy újabbkeletű ilyen táblázat összeállítása is, mert kisebb igények mellett fölösleges erre a mágneses obszervatóriumok pontosabb adatait megszerezni.

A 6. táblázat szerinti normál értékek között a július 1-től eltérő időre interpolálnunk kell. Ha az így kapott értékhez még a + 5′ rozsnyói helyi

7. táblázat

A deklináció napi változása a napi középhez viszonyítva Doležal után

Óra	Hónap											
	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
0	—1·2′	—1·3′	—1·3′	—1·0′	—1·0′	—0·8′	—1·0′	—1·1′	—1·2′	—1·4′	—1·4′	—1·2′
1	—0·9′	—1·0′	—1·1′	—1·3′	—1·0′	—0·9′	—1·1′	—1·6′	—1·2′	—1·1′	—1·1′	—1·1′
2	—0·6′	—0·6′	—1·1′	—1·2′	—1·2′	—1·2′	—1·5′	—1·2′	—1·3′	—0·9′	—0·7′	—0·7′
3	—0·2′	—0·4′	—0·9′	—1·2′	—1·3′	—1·3′	—1·5′	—1·5′	—1·3′	—0·8′	—0·5′	—0·3′
4	0·0′	—0·3′	—0·8′	—1·2′	—1·7′	—1·8′	—1·9′	—1·6′	—1·4′	—0·7′	—0·1′	0·0′
5	—0·1′	—0·4′	—0·9′	—1·3′	—2·5′	—3·1′	—2·8′	—2·2′	—1·3′	—0·6′	0·0′	0·0′
6	—0·3′	—0·6′	—0·8′	—1·9′	—3·2′	—4·0′	—3·6′	—2·7′	—1·8′	—0·8′	0·0′	+0·2′
7	—0·4′	—0·7′	—1·5′	—3·0′	—3·7′	—4·4′	—3·8′	—3·4′	—2·7′	—1·6′	—0·2′	+0·1′
8	—0·8′	—1·3′	—2·6′	—4·1′	—3·6′	—4·0′	—3·7′	—3·4′	—3·1′	—2·5′	—1·0′	—0·1′
9	—0·5′	—1·7′	—3·0′	—3·6′	—2·6′	—2·8′	—2·6′	—2 4′	—2·3′	—2·4′	—1·3′	—0·3′
10	+0·1′	—0·8′	—1·5′	—1·5′	—0·4′	—0·4′	—0·2′	—0·3′	—0·3′	—0·3′	—0·2′	+0·3′
11	+1·0′	+0·9′	+1·1′	+1·6′	+2·2′	+2·2′	+1·9′	+2·0′	+2·5′	+2·3′	+1·5′	+1·2′
12	+2·0′	+2·4′	+3·6′	+4·6′	+4·4′	+4·3′	+4·0′	+4·4′	+4·7′	+4·1′	+2·5′	+1·9′
13	+2·7′	+3·2′	+4·9′	+6·2′	+5·5′	+5·5′	+5·1′	+5·5′	+5·3′	+4·6′	+3·3′	+2·3′
14	+2·2′	+3·2′	+4·8′	+5·8′	+5·3′	+5·6′	+5·4′	+5·3′	+4·7′	+4·1′	+2·5′	+1·8′
15	+1·2′	+2·3′	+3·7′	+4·3′	+4·0′	+4·8′	+4·3′	+4·4′	+3·1′	+2·6′	+1·7′	+1·1′
16	+0·6′	+1·2′	+1·8′	+2·5′	+2·6′	+3·3′	+2·7′	+2·6′	+1·6′	+1·3′	+0·9′	+0·7′
17	+0·4′	+0·5′	+0·4′	+1·0′	+0·9′	+1·6′	+1·3′	+0·8′	+0·4′	+0·6′	+0·2′	+0·4′
18	+0·1′	+0·2′	—0·1′	—0·1′	+0·1′	+0·4′	+0·5′	0·0′	0·0′	—0·1′	0·0′	—0·2′
19	—0·1′	—0·2′	—0·6′	—0·5′	—0·5′	—0·3′	+0·1′	+0·4′	—0·2′	—0·4′	—0·5′	—0·6′
20	—0·8′	—0·5′	—0·8′	—0·8′	—0·6′	—0·5′	—0·1′	—0·5′	—0·7′	—1·3′	—1·2′	—1·0′
21	—1·1′	—0·9′	—1·1′	—0·8′	—0·6′	—0·6′	—0·3′	—0·7′	—1·1′	—1·5′	—1·5′	—1·4′
22	—1·4′	—1·5′	—1·3′	—1·1′	—0·8′	—0·6′	—0·5′	—0·9′	—1·2′	—1·6′	—1·6′	—1·8′
23	—1·3′	—1·5′	—1·3′	—1·3′	—0·9′	—0·7′	—0·7′	—1·2′	—1·2′	—1·3′	—1·6′	—1·6′
24	—1·2′	—1·3′	—1·3′	—1·0′	—1 0′	—0·8′	—1·0′	—1·1′	—1·2′	—1·4′	—1·4′	—1·2′

zavart, s szükség szerint a 7. táblázat szerint a napi középértéktől való eltérést hozzáadjuk, megkapjuk a valódi deklináció számított értékét a kérdéses időpontra. Így. pl. 1929 július 18-ának 18^{13} órájára a számított rozsnyói deklináció lesz :

$$2° 17' - 7' \frac{18}{365} + 5' + 0{,}4' = 2° 22{\cdot}1'$$

ez az érték a Čechura által ténylegesen mért 2° 20·8'-cel 1,3'-re egyezik. Jogosan állíthattam tehát akkori írásomban, hogy a közölt adatok alapján a valódi deklináció néhány perces hibán belül kiszámítható. Az átfogó bizonyíték mindazonáltal hiányzott, s ezért tekintettem el eddig az eredmények közlésétől.

II.

Néhány hónappal ezelőtt Pohl Károly rozsnyói bányafőfelügyelő egy érdekes összehasonlító táblázatot küldött. (8. alatt közöljük.) Ebben még az 1944-ben kiszámított értékek, amelyek a 6. táblázatban megadott helyeken kikerekítések miatt még ± 1'-es eltéréseket mutatnak, szerepelnek. A 6a. táblázat szerinti pontosabb adatokat a 8a. táblázat tartalmazza. Pohl deklináció meghatározásai részben közvetlen méréseken, részben térképeken lemért adatokon, s ezek között interpoláláson alapulnak.

Pohl kérdést is intézett a számítási eljárásra vonatkozólag, amelynek helyességét megállapítása szerint az ő összeállítása is alátámasztja. A számítási eljárást az előbbiekben megadtuk, s kiegészítőleg hozzátehetjük, hogy az egyezés különösen azokban az években jó, ahol Rozsnyón a deklinációt *közvetlenül* mérték : ezeknél a legnagyobb eltérés egy esetben 3', míg az átlaga csak ennek a felét, 1·5'-et teszi ki. Ha tekintetbe vesszük a leolvasási hibákat s azt, hogy a közvetlen megmérésnél a napi variáció is eltéréseket okozhat, az egyezést különösen jónak kell mondanunk. Hogy az említett két hibaforrással ilyen mértékben számolni kell, mutatja, hogy az általunk 1929·5-re megadott 2° 22' valódi deklináció Čechura mérési időpontjára csak 1·3'-cel nagyobb Čechuráénál, míg a Pohl-féle 2° 24' itt már 3·2' eltérést mutat.

Nagyobb, egész 9'-ig növekvő eltérések főképen az 1878. előtti időkben találhatók. Ha meggondoljuk, hogy ebben az időben a mágneses azimutot egyszerű kompasszal csak többperces hibával mérték, a térképre szögfelrakó táblával való felrakásnál újabb hibát követtek el, s a pontosságot a papírbeszáradás és az azimutnak a térképről való lemérése tovább rontja — ez az eltérés még a napi variáció okozta hiba nélkül is könnyen megmagyarázható. Ezekben a régebbi szakaszokban is tehát saját számításainkat többi számításunkkal egyenlő pontosnak tekinthetjük, s a nagyobb eltérések okát a régebbi mérési eredmények pontatlanabb voltában kell keresnünk. E kérdésről egyébként még cikkünk IV. részében szó fog esni.

Feltűnő, hogy az 1890—96-os években is van egy 7'-ig emelkedő csúcs.

8. táblázat

Tárczy-Hornoch által számítással eredetileg (1944) megállapított és Pohl által régi térképek, mérések, valamint közvetlen megfigyelések alapján meghatározott deklinációk összehasonlítása

Év-közép	Tárczy-H.-féle valódi deklináció δ	Pohl-féle valódi deklináció δ'	Diff. $\delta-\delta'$	Év-közép	Tárczy-H.-féle valódi deklináció δ	Pohl-féle valódi deklináció δ'	Diff. $\delta-\delta'$
1861		10° 00′		1901	6° 15′	6° 14′	+1
1862		9° 54′		1902	6° 10′	6° 09′	+1
1863	9° 56′	9° 47′	+9	1903	6° 06′	6° 04′	+2
1864	9° 49′	9° 41′	+8	1904	6° 01′	5° 59′	+2
1865	9° 40′	9° 34′	+6	1905	5° 55′	5° 55′	0
1866	9° 32′	9° 28′	+4	1906	5° 50′	5° 50′	0
1867	9° 23′	9° 21′	+2	1907	5° 48′	5° 45′	+3
1868	9° 19,5′	9° 14′	+5,5	1908	5° 42′	5° 38′	+4
1869	9° 09′	9° 07′	+2	1909	5° 36′	5° 30′	+6
1870	9° 02′	9° 00′	+2	1910	5° 27′	5° 22′	+5
1871	8° 58′	8° 53′	+5	1911	5° 18′	5° 14′	+4
1872	8° 54′	8° 46′	+8	1912	5° 10′	5° 06′	+4
1873	8° 47′	8° 39′	+8	1913	5° 01′	4° 58′	+3
1874	8° 41′	8° 32′	+9	1914	4° 52′	4° 49′	+3
1875	8° 35′	8° 27′	+8	1915	4° 43′	4° 40′	+3
1876	8° 30′	8° 22′	+8	1916	4° 34′	4° 31′	+3
1877	8° 24′	8° 18′	+6	1917	4° 24′	4° 22′	+2
1878	8° 18′	8° 14′	+4	1918	4° 15′	4° 12′	+3
1879	8° 10′	8° 09′	+1	1919	4° 05′	4° 02′	+3
1880	8° 05′	8° 05′	0	1920	3° 55′	3° 52′	+3
1881	7° 59′	8° 00′	—1	1921	3° 45′	3° 42′	+3
1882	7° 55′	7° 56′	—1	1922	3° 35′	3° 32′	+3
1883	7° 48′	7° 52′	—4	1923	3° 25′	3° 22′	+3
1884	7° 42′	7° 47′	—5	1924	3° 15′	3° 12′	+3
1885	7° 38′	7° 43′	—5	1925	3° 03′	3° 01′	+2
1886	7° 33′	7° 37′	—4	1926	2° 53′	2° 51′	+2
1887	7° 27′	7° 30′	—3	1927	2° 41′	2° 42′	—1
1888	7° 22′	7° 24′	—2	1928	2° 33′	2° 34′	—1
1889	7° 17′	7° 17′	0	1929	2° 22′	2° 24′	—2
1890	7° 12,5′	7° 11′	+1,5	1930	2° 15′	2° 14′	+1
1891	7° 09′	7° 05′	+4	1931	2° 06′	2° 05′	+1
1892	7° 03′	6° 58′	+5	1932	1° 57′	1° 55′	+2
1893	6° 57′	6° 51′	+6	1933	1° 47′	1° 47′	0
1894	6° 52′	6° 45′	+7	1934	1° 37′	1° 37′	0
1895	6° 44′	6° 41′	+3	1935	1° 27′	1° 27′	0
1896	6° 37′	6° 37′	0	1936	1° 20′	1° 18′	+2
1897	6° 34′	6° 33′	+1	1937	1° 13′		
1898	6° 29′	6° 29′	0	1938	1° 08′		
1899	6° 25′	6° 24′	+1	1939	1° 01′		
1900	6° 20′	6° 19′	+1	1940	0° 52′		

Az egyszer aláhúzottak régi bányatelekfektetési adatokból számított, a kétszer aláhúzottak közvetlen megfigyelésből nyert értékek. A közbeeső adatokat interpolálással számította Pohl.

8a táblázat

Tárczy-Hornoch által számítással pontosan (1950) megállapított és Pohl által régi térképek, mérések, valamint közvetlen megfigyelések alapján meghatározott deklinációk összehasonlítása

Év-közép	Tárczy-H.-féle valódi deklináció δ	Pohl-féle valódi deklináció δ'	Diff. $\delta-\delta'$	Év-közép	Tárczy-H.-féle valódi deklináció δ	Pohl-féle valódi deklináció δ'	Diff. $\delta-\delta'$
1861		10° 00′		1901	6° 14′	6° 14′	0
1862		9° 54′		1902	6° 10′	6° 09′	+1
1863	9° 56′	9° 47′	+9	1903	6° 05′	6° 04′	+1
1864	9° 50′	9° 41′	+9	1904	6° 00′	5° 59′	+1
1865	9° 40′	9° 34′	+6	1905	5° 55′	5° 55′	0
1866	9° 33′	9° 28′	+5	1906	5° 49′	5° 50′	—1
1867	9° 24′	9° 21′	+3	1907	5° 47′	5° 45′	+2
1868	9° 19,7′	9° 14′	+5,7	1908	5° 42′	5° 38′	+4
1869	9° 09′	9° 07′	+2	1909	5° 36′	5° 30′	+6
1870	9° 02′	9° 00′	+2	1910	5° 27′	5° 22′	+5
1871	8° 58′	8° 53′	+5	1911	5° 18′	5° 14′	+4
1872	8° 54′	8° 46′	+8	1912	5° 10′	5° 06′	+4
1873	8° 47′	8° 39′	+8	1913	5° 01′	4° 58′	+3
1874	8° 41′	8° 32′	+9	1914	4° 52′	4° 49′	+3
1875	8° 35′	8° 27′	+8	1915	4° 42′	4° 40′	+2
1876	8° 30′	8° 22′	+8	1916	4° 33′	4° 31′	+2
1877	8° 24′	8° 18′	+6	1917	4° 23′	4° 22′	+1
1878	8° 18′	8° 14′	+4	1918	4° 14′	4′ 12′	+2
1879	8° 10′	8° 09′	+1	1919	4° 04′	4° 02′	+2
1880	8° 05′	8° 05′	0	1920	3° 54′	3° 52′	+2
1881	7° 59′	8° 00′	—1	1921	3° 44′	3° 42′	+2
1882	7° 55′	7° 56′	—1	1922	3° 34′	3° 32′	+2
1883	7° 48′	7° 52′	—4	1923	3° 24′	3° 22′	+2
1884	7° 42′	7° 47′	—5	1924	3° 14′	3° 12′	+2
1885	7° 38′	7° 43′	—5	1925	3° 02′	3° 01′	+1
1886	7° 33′	7° 37′	—4	1926	2° 53′	2° 51′	+2
1887	7° 27′	7° 30′	—3	1927	2° 41′	2° 42′	—1
1888	7° 22′	7° 24′	—2	1928	2° 33′	2° 34′	—1
1889	7° 17′	7° 17′	0	1929	2° 22′	2° 24′	—2
1890	7° 12,6′	7° 11′	+1,6	1930	2° 15′	2° 14′	+1
1891	7° 10′	7° 05′	+5	1931	2° 06′	2° 05′	+1
1892	7° 03′	6° 58′	+5	1932	1° 56′	1° 55′	+1
1893	6° 57′	6° 51′	+6	1933	1° 46′	1° 47′	—1
1894	6° 52′	6° 45′	+7	1934	1° 38′	1° 37′	+1
1895	6° 44′	6° 41′	+3	1935	1° 27′	1° 27′	0
1896	6° 39′	6° 37′	+2	1936	1° 20′	1° 18′	+2
1897	6° 35′	6° 33′	+2	1937	1° 13′		
1898	6° 29′	6° 29′	0	1938	1° 07′		
1899	6° 25′	6° 24′	+1	1939	1° 00′		
1900	6° 20′	6° 19′	+1	1940	0° 51′		

Az egyszer aláhúzottak régi bányatelekfektetési adatokból számított, a kétszer aláhúzottak közvetlen megfigyelésből nyert értékek. A közbeeső adatokat interpolálással számította Pohl.

Mint már említettük, éppen ezeknek a legnagyobb eltéréseknek éveiben a normáldeklináció Bécsből s Ógyallából is levezethető, de mi a bécsi értékeket 1944 elején megbízhatóbbnak tartottuk. Az ógyallai értékekkel számítva, Pohlhoz viszonyítva az eltérés a felére mérséklődik, s így még megvizsgálandó, vajjon a Pohl-féle eredmények birtokában nem ajánlatosabb-e mégis az ógyallaiakból kapottat elfogadni. Azonban a Pohl-féle 1891·5-es 7° 05′ és 1897·5-es 6° 33′ közötti interpoláció nem egészen világos, mivel az évi változás egyenlőtlenül 4′—7′ között változik. Egyenletes változás esetében 5·3′ lenne, s akkor a következő interpolált értékeket kapnók: 1892·5 : 6° 59·6′; 1893·5 : 6° 54·3′; 1894·5 : 6° 49′; 1895·5 : 6° 43·6′ és 1896·5 : 6° 38·3′, mely értékek mellett a tőlünk való eltérés csak egy helyen emelkedik 3·4′ értékben 3′ fölé. Ha pedig nem lineárisan interpolálunk, akkor az obszervatóriumban mutatkozó évi változások arányában kellene interpolálni. Csakhogy Ógyallán nincs meg az 1891,5-es míg Bécsben az 1897·5-es érték. Ezen úgy segíthetünk, hogy a Pohl-féle rozsnyói 1890·5-es 7° 11′ és 1897·5-es 6° 33′ között úgy interpolálunk, hogy Bécsben a hiányzó 1897·5 érték pótlásául 1896·5 és 1897·5 között az 1850 és 1890 közti átlagos 6·4′-et (V. ö. [3; 47. tábl.]) vesszük számításba. Így az 1890·5 és 1897·5 közötti deklinációváltozás Bécsben 41·2′, Ógyallán 33·7′ és Rozsnyón 38′. Ez utóbbi a bécsi értékhez közelebb esik, holott Ógyalla térben a kettő között fekszik. A deklinációcsökkenés ezekben az években Ógyallán ezek szerint kisebb lett volna.[2] De tovább menve a számításban: Bécsben 1890·5 és 1894·5

[2] E feltűnő és Ógyallát ezekben az években gyanussá tevő körülményt még egy másik jelenség is alátámasztja. Liznar Ógyalla deklinációját 1890·0-re először [1, I. Teil, 252 és 367. l.] 8° 27·6′-ben adta meg, ugyanakkor, amikor erre az időre az ógyallai obszervatórium kimutatásában 8° 20·7′ szerepel. A sajtóhibajegyzékben (368. l.) a 252. l. számításait azután végig 3·3′-cel korrigálta ugyan, az összesítő táblázat (367. l.) ógyallai 8° 27·6′ értékét azonban továbbra is változatlanul hagyta. Még feltűnőbb, hogy később Liznar ugyanerre az időre és helyre a valódi deklináció értékét már csak 8° 22·9′ értékben állította be [1, II. Teil, 5. l.]. Magyarázatul szolgálhat, hogy Liznar a különböző megfigyelők pontossági vizsgálatánál még egyszer felsorolja (gyallát, s itt [1, II. Teil, 3. l.] a valódi deklinációt 1890·0-re Kurländer mérése szerint valóban 8° 20·7′-ben, a sajáté szerint azonban már csak 8° 24·3′-ben adja, s a következőkben a kettő középértékével akar számolni, de a megadott 8° 22·9′ csak közelítőleg felel meg a helyes, 8° 22·5′ középértéknek.

Kénytelenek vagyunk arra gondolni, hogy Liznar a saját értékét a Kurländerétől való nagy eltérése miatt módosította, 8° 24·3′-re, illetve 8° 22·9′-re, holott a Liznar-féle látszik a megbízhatóbbnak. Mi a 8° 27·6′-t, illetve 1890·5-re a 8° 24·9′-t látjuk helyesnek, mely 1895·5-ig a már helyesen megadott 7° 52′-re csökken le. Ógyalla 1890·5 és 1897·5 közti deklináció változása így 40·6′, mely érték szabályszerűen közte fekszik a 41·2′ bécsi, s a 38′ rozsnyói változásnak, közelebb a bécsihez. Azonban δ növekedésével az 1890-es helyi zavar $\triangle d = \delta - d$ értéke is megváltozik, mégpedig annyival, amennyivel δ megnövekedett. Így Ógyalla helyi zavara 1890-ben + 1·8′ helyett 1·8′ + 4·7′ = + 6·5′ értékűnek lenne veendő. E kérdés még az esetleges eredeti mérési adatok alapján közelebbről megvizsgálandó volna. Lehet, hogy indexhibáról van szó.

Ha most az 1890·5-es ógyallai 8° 24·9′ a bécsi változások arányában 1891·5-nél 8° 21·3′-re, 1892·5-nél 8° 14·0′-re, 1893·5-nél 8° 07·4′-re és 1894·5-nél 8° 00·5′-re csökken, hogy 1895·5-nél az Ógyallára megadott 7° 52′ értéket vegye fel, úgy 1893·5-re Rozsnyóra a következő értékeket kapjuk Ógyallából ($d_{R,90\cdot5} - d_{Gy,90\cdot5} = -70\cdot8'$):

$$d_{R,93\cdot5} = 8° 07\cdot4' - 6\cdot5 - 70\cdot8' - 0\cdot02' \times 3 = 6° 50'$$

Ez pedig csak két perccel tér el a 6. táblázatban megadott, Bécsből számított értéktől. Hasonlóan igen jó az egyezés a többi értékeknél, mert ezek 1891·5 : 7° 04′; 1892·5 : 6° 57′; 1894·5 : 6° 43′,

között a deklináció 21·7'-cel változott akkor, amikor 1890·5 és 1897·5-re 41·2' esett. Nyilvánvaló, hogy a rozsnyói 1890·5—1897·5 közötti 38'-nek tehát 1890·5—1894·5-re eső része arányosan $38' \frac{21{\cdot}7}{41{\cdot}2} = 20{\cdot}0'$ s így 1894·5-re a Pohl-féle adatokból is 7° 11'—20,0' = 6° 51' adódik, mely érték az általunk közölt 6° 52'-től mindössze 1'-re tér el.[3] De még az ógyallai értékkel való arányos interpolálás is $(7° 11' - 38' \frac{19{\cdot}9}{33{\cdot}7} = 7° 11' - 23' = 6° 48')$ kereken felére tünteti el a 7' eltérést. Az 1890·5—1897·5. évekre is összefoglalólag meg kell állapítanunk, hogy helyesen jártunk el 1944-ben a kiinduló értékek megválasztásában, s hogy értékeinkkel a Pohl-féle közvetlenül nyert adatokból szabatosabb interpolációval ugyancsak igen jó egyezést kapunk.

Megjegyzendő, hogy annak idején néhány hónappal 6. táblázatunk elküldése után kaptam kézhez Hofhausernek a Kárpátmedence 1943·5-re vonatkozó izogon-térképét, mely Rozsnyó deklinációját 29'-ben adja meg.[4] A 6. táblázat 25'-es adatához a + 5' helyi zavar értékét hozzáadva, az egyezés itt 1'-re pontos.

III.

Szándékosan időztünk a 6. és 6a. táblázat pontossági vizsgálatánál egy kissé tovább, holott a régebbi térképek tájékozásához rendszerint a 8a. táblázat eltérései is még megengedhetők lennének. Ezért a Pohl-féle táblázat arra a célra, amelyre készült, teljesen megfelelő. De ezen túlmenően — különösen

sőt újabb kontroll gyanánt jó egyezést kapunk Rozsnyó többszörösen ellenőrizett 1932·5-ös értékére is az *eredeti* Liznar-féle adatokból, illetve $\triangle d$-ből, de természetesen az 1890—1932 közti $(a—a_0)$-val:

$$d_{R_{1932{\cdot}5}} = 3° 01'—6{\cdot}5'—70{\cdot}8'+0{\cdot}14' \times 42 = 1° 49{\cdot}6'$$

Indokoltnak látjuk tehát, hogy Ógyallára Liznar eredeti, általa később elhagyott értéket fogadjuk el helyesnek az 1890·0 időre.

[3] Könnyű belátni, hogy ezen az 1896·5—1897·5-re átlagosan felvett 6·40'-nek 2'—3'-es változása se sokat változtat. Ezért nem sokat változnának a rozsnyói értékek, ha Bécsre 1896·5 és 1897·5 között az átlagos 6·40' helyett a prágai obszervatórium alapján [18] 4·85'-et $(—4{\cdot}4' + \frac{4{\cdot}4'}{2} — 5{\cdot}3' + \frac{5{\cdot}3'}{2})$ vagy — 4·4'-et vennénk számításba. A bécsi obszervatórium változása 1890·5 és 1897·5 között ekkor még mindig 39·25' lenne (a prágai [18] szerint 1890—1897 között: 39·3'), ami még így sincs összhangban az ógyallai 33·7'-cel, amely utóbbit tehát még eszerint is legalább is gyanusnak kell tekintenünk.

Itt kell megemlítenünk, hogy [18] és Liznar [1; II. Teil, 93. l.] prágai adatai sok helyen eltéréseket mutatnak egymástól, ami annál feltűnőbb, mert pl. 1856—1870-es adataik pontosan egyeznek. Ezzel szemben pl. 1840·5-re [18] 15° 50·1'-et, Liznar ugyancsak 1840·5-re 15° 45·6'-et; 1890·5-re [18] 10° 00·4'-et, Liznar [1; II. Teil, 6. l.]-on 1890·0-re 10° 00·6'-et ad meg. Fennáll ezért az a gyanú, hogy [18] említett két értéke nem évközépi, hanem évelejei értékek. Ez a kérdés is tisztázásra szorulna.

[4] Megjelent a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió oslói kongresszusára beküldött sokszorosított jelentés (»Measurements of the Magnetic Declination in Hungary« by. dr J. Hofhauser) mellékleteképen is.

közvetlen mérési adataival — saját számításainknak, s az ógyallai adatok felhasználásának ellenőrzését is lehetővé teszi. Ez pedig igen fontos lehet. Ugyanis megbízható deklinációk számításához a (6)—(6e) képletek szerint egy kiinduló, lehetőleg közeli obszervatórium folytatólagos adatai szükségesek. *A 6. táblázat többszörösen ellenőrizett adatait így egy képzelt rozsnyói obszervatórium adatai gyanánt foghatjuk fel, melynek segítségével a Kárpátmedencében* a (6b), illetve (6f), illetve pontosabban a (10) képletek szerint *bármely hely normáldeklinációját kiszámíthatjuk.* És ehhez még az sem kell, hogy a kérdéses hely deklinációja a kiinduló időben (1890 vagy 1932) ismeretes legyen, mert ezt is számíthatjuk a (7), (7a), illetve (8) képlet, vagy táblázat alapján 1890-re, illetve a Čechura által Ógyallára megadott alábbi képlettel 1932-re [(2), (4) képl.]:

$$d_{32} = 3° 02{\cdot}27' - 0{\cdot}0267\,(\varphi - 47° 52{\cdot}5') - 0{\cdot}461\,(\lambda - 18° 11{\cdot}4') \qquad (9)$$

Természetesen a fenti képlet érvényessége csak Szlovenszkóra s szomszédságára vonatkozik. Tudvalevőleg azonban az 1930-as években nemcsak Csehszlovákia, hanem Ausztria [7] és Románia [8—13] is elvégezte a maga országos mágneses méréseit. A Hofhauser-féle 1935—36-os, 41-es és az 1943-as mérések, továbbá az Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet újabb mérései lehetővé tennék most már a kárpátmedencei térbeli változás pontosabb képletének a felállítását pl. az 1950-es időszakra is, és ezek valószínűleg quadratikus tagokat is tartalmaznának, mint Liznar 1850-es és 1890-es képletei.

Sőt a nagyobb kiterjedésű újabb mágneses mérés a deklináció térbeli változásaihoz bármely időpontban is megadná a módot a lineáris függvény [(6b) egyenletünk] helyett a jobban símuló parabolikusnak a meghatározására (erre Liznar is célzott már [1, II. Teil, 87. l.)], mert az alábbi egyenlet:

$$d_t - d_{0,t} = m + n\,(t - t_0) + p\,(t - t_0)^2 \qquad (10)$$

mindhárom állandójának kiszámítására elegendő (V. ö. [2, 25—26. l.]) adat állna a rendelkezésre. Ha ugyanis t_0 idejét 1890-nek vesszük, s t is 1890, úgy (10)-ből:

$$d_{90} - d_{0,90} = m$$

viszont $t = 1850$-nél:

$$d_{850} - d_{0,850} = m - 40\,n + p.\,40^2$$

és $t = 1950$-nél: (10a)

$$d_{950} - d_{0,950} = m + 60\,n + p.\,60^2$$

amely két egyenletből n és p a kérdéses helyre számítható.

Így az ország különböző helyeire m, n és p értékeit meghatározhatjuk, s ezeket φ és λ függvényében táblázatba foglalhatjuk. Ekképpen a (10) egyenlet segítségével pl. a rozsnyói képzelt obszervatórium számított adataival egységesen számíthatjuk a normáldeklinációkat. Minthogy pedig egy idő óta Buda-

keszin is működik mágneses obszervatórium, nincs akadálya annak — sőt kívánatos, hogy az előbbiek értelmében visszamenőleg Budakeszi, vagy egy véglegesnek választott másik obszervatórium normáldeklinációi is kiszámíttassanak, hogy ez szolgálhasson Magyarország részére visszamenőleg is alapállomásul.

Itt említjük meg, hogy obszervatóriumok régebbi adatainak átvételénél a jánatos nagy gondossággal eljárni. Láttuk, hogy még az ógyallai obszervatórium egyes adataihoz is kétség fér ; még fokozottabb mértékben áll ez nem kellőképpen ellenőrzött állomásokra, mint pl. a Bányászati és Kohászati Lapokban évtizedekkel ezelőtt közölt sorozatokra. Hogy milyen eltérésekkel kell ez utóbbiaknál számolnunk, legjobban a következő néhány adat mutatja. Liznar—Kurländer szerint a *megmért* valódi deklináció Nagybányán 1890 elején 5° 36·9′ (V. ö. [1, II. Teil, 5. l.]) volt, míg a Bányászati és Kohászati Lapokban közzétett adat szerint (1890. év, 48. l.) ez 1890. január 2-án d. u. 5 órakor 4° 37′ 20″ lett volna. Az eltérés tehát kereken egy egész fok! Viszonylag jobb az egyezés, de még mindig igen nagy az eltérés Selmecbányán, mert 1890. január 1-én este 8 órakor Szélaknára 7° 57′-et adtak meg (Bány. és Koh. Lapok, 1890. év, 32. l.), míg Liznar-Kurländer szerint ez az érték 1890 elejére ugyancsak mérésekből levezetve [1, II. Teil, 6. l.] 8° 17·3′. A legnagyobb baj, hogy ezek az eltérések az egyes állomások állandó hibájául sem foghatók fel, mert pl. a Bányászati és Kohászati Lapok 1910. évi 51. kötetének 256. oldala szerint 1910. július 1-én délután 5 órakor Nagybányán a mért valódi deklináció 3° 42′ volt, míg a (6b) képlet szerint a normáldeklináció most már Rozsnyóból számítva 5° 22′— 77·9′ + (— 6·09′ + 6·27′) 20 = 4° 07·7′, ami Nagybánya — 14·7′ helyi zavarát tekintetbevéve 3° 53′ valódi deklinációnak felel meg. Az eltérés már sokkal kisebb, mint 1890-ben, de még jelentős.

Mindezeket a tényeket tekintetbevéve, a 8. táblázatban mutatkozó kis különbségek valóban nemcsak számításunk helyességét, hanem a Pohl-féle mérések nagy megbízhatóságát is igazolják.

IV.

Eddigi képleteink a normáldeklináció kiszámítását egy tetszőleges helyre és időre lehetővé teszik akkor, ha *ugyanarra az időre* egy obszervatórium $d_{0,t}$ normáldeklinációja adva van. Felmerül most az a kérdés, hogyan lehet $d_{0,t}$-től függetlenül a normáldeklináció értékét *előre* meghatározni. Erre egy közelítő képletet (6d)-ben már megadtunk, mely értelemszerűen most így írható :

$$d_t = d_{t0} + a\,(t - t_0) \qquad (11$$

Ebben a kifejezésben d_{t0} a kiinduló t_0 idő deklinációja, s a az átlagos évi változás értéke a kérdéses helyen. A képlet azonban csak nagyon közelítő jellegű, mivel a maga is változik az idővel.

Pontosabb értékeket akkor kaphatunk, ha sikerül a értékét t függvényé-

ben kifejezni, mely esetben minden t-hez a megfelelő a kiszámítható lenne. Ha egy helyen 1850—1890-re, s 1890—1950-re két a_1, a_2 átlagos értékünk van adva, ebből a változásának görbéjét, sajnos, meghatározni nem tudjuk, már csak azért sem, mert ezek egy-egy időszakaszra vonatkozó átlagos értékek. Ezért egy még későbbi mágneses felvételekből nyerendő újabb a_3 értékből sem tudjuk majd a változásának görbéjét az egyes helyekre kiszámítani, hanem csak mindig az utolsó a értékkel extrapolálhatunk előre.

A különböző időknek a (11) egyenletben legjobban megfelelő a értékeit azonban sokkal pontosabban t függvényében számíthatjuk ki, s ez lehetővé teszi a (11) egyenletnek viszonylag hosszabb időn keresztüli előre való használatát. Legyen a valamilyen, pl. parabolikus függvénye az időkülönbségeknek tehát:

$$a = N + P(t - t_0) + Q(t - t_0)^2 \tag{12}$$

és ebből:

$$d_t = d_{t0} + N(t - t_0) + P(t - t_0)^2 + Q(t - t_0)^3 \tag{11b}$$

A t_0-t célszerű az utolsó mérés időpontjául választani. A t_0 és t_1 időbeli országos mérésekből számítható tudvalevőleg $a_{0,1}$; t_0 és t_2-ből $a_{0,2}$ és t_0 és t_3-ból $a_{0,3}$; mégpedig az:

$$a_{0,1} = \frac{d_{t1} - d_{t0}}{t_1 - t_0} \qquad a_{0,2} = \frac{d_{t2} - d_{t0}}{t_2 - t_0} \quad \text{és} \quad a_{0,3} = \frac{d_{t3} - d_{t0}}{t_3 - t_0} \tag{13}$$

összefüggések alapján. Ezek ismeretében az:

$$\begin{aligned} a_{0,1} &= N + P(t_1 - t_0) + Q(t_1 - t_0)^2 \\ a_{0,2} &= N + P(t_2 - t_0) + Q(t_2 - t_0)^2 \\ a_{0,3} &= N + P(t_3 - t_0) + Q(t_3 - t_0)^2 \end{aligned} \tag{14}$$

egyenletekből kiszámítható N, P és Q, melyek segítségével (12) útján egy tetszőleges időpontra az ennek a $(t - t_0)$-nak megfelelő a, illetve (11b) szerint *előre* a lényegesen pontosabb normáldeklináció. Még több, tehát fölösszámú mérés esetén a pontosság a közvetítő mérések szerinti kiegyenlítéssel tovább fokozható. Az is meggondolandó azonban, mint látni fogjuk, nem kellene-e (14) ben még magasabb hatványokat is felvenni.

Megjegyzendő, hogy a (10a) képlet szerint számított n és p, valamint az itteni értékek között összefüggés áll fenn. Nyilvánvalóan (11) egyenletünk érvényes a kiinduló obszervatóriumra is, tehát:

$$d_{0,t} = d_{0\,t0} + a_0(t - t_0) \tag{15}$$

Kivonva (11)-ből, nyerjük:

$$d_t - d_{0,t} = d_{t_0} - d_{0,t0} + (a - a_0)(t - t_0) \tag{16}$$

Egybevetve (10) egyenletünkkel, minthogy (10) szerint értelemszerűen :

$$d_{t0} - d_{0,t_0} = m \tag{17}$$

azért :

$$(a - a_0)(t - t_0) = n(t - t_0) + p(t - t_0)^2 \tag{18}$$

és ebből :

$$(a - a_0) = n + p(t - t_0) \tag{18a}$$

Vagyis a két hely közti *egyidejű deklinációkülönbségnek* (10) szerinti parabolikus változása az idő függvényében az évi a értékek *változásánál* az idő szerint csupán lineáris függvényt jelent. Minthogy a-ban kétségtelenül pontosabb eredményt ad a parabolikus változás feltételezése, (10) egyenletünk kibővítendő lenne még egy $q(t-t_0)^3$ taggal, tehát :

$$d_t - d_{0,t} = m + n(t - t_0) + p(t - t_0)^2 + q(t - t_0)^3 \tag{10b}$$

ebben az esetben (10b)-ből :

$$(a - a_0) = n + p(t - t_0) + p(t - t_0)^2 \tag{18b}$$

keletkezik. Összhangban a tárgyaltakkal m, n, p és q meghatározásához (10b) szerint négy egyenlet, tehát négy különböző idejű mágneses mérés szükséges. Az elsőből nyerjük (17) szerint m-t, míg a többi háromból a megfelelő $(a - a_0)$ különbségekkel (18b) szerint n, p és q-t.

Az a_0-értékek a (13) szerinti a-értékekhez hasonlóan számíthatók ($a_{0,\,1-0}$ az obszervatórium normáldeklinációjának évi átlagos változása t_1 és t_0 között.) Tehát :

$$a_{0,1-0} = \frac{d_{0,t1} - d_{0,t0}}{t_1 - t_0} \qquad a_{0\,2-0} = \frac{d_{0,t2} - d_{0,t0}}{t_2 - t_0} \qquad a_{0,3-0} = \frac{d_{0,t3} - d_{0,t0}}{t_3 - t_0} \tag{19}$$

Ez utóbbiakból (13) segítségével nemcsak a három (18b) egyenletnek baloldala, s így az egyidejű normáldeklináció kiszámításához (10b) szerint szükséges n, p és q számítható, hanem értelemszerűen (14)-hez az obszervatórium a_0 változásának kiszámításához szükséges N_0, P_0 és Q_0 értékek is, amelyekkel :

$$a_0 = N_0 + P_0(t - t_0) + Q_0(t - t_0)^2 \tag{20}$$

s ezzel (15) szerint $d_{0,t}$ is előre kiértékelhető :

$$d_{0,t} = d_{0,t0} + N_0(t - t_0) + P_0(t - t_0)^2 + Q_0(t - t_0)^3 \tag{15a}$$

Minthogy pedig így (16) és (17), illetve (12) és (20)-ból :

$$d_t - d_{0,t} = m + (N - N_0)(t - t_0) + (P - P_0)(t - t_0)^2 + (Q - Q_0)(t - t_0)^3 \tag{21}$$

következik (10b)-vel egybevetve, hogy:

$$N - N_0 = n \qquad P - P_0 = p \quad \text{és} \quad Q - Q_0 = q \tag{21a}$$

Az obszervatórium és egy tetszőleges hely normáldeklinációinak előzetes kiszámítására szolgáló N_0, P_0, Q_0 *és* N, P, Q *értékek tehát a* (21a) *szerint közvetlenül felhasználhatók az obszervatórium tetszőleges idejű normáldeklinációjából a kérdéses másik hely egyidejű normáldeklinációjának a kiszámítását célzó* n, p *és* q *értékek kiszámítására is.*

Az 1850, 1890 és 1932-es mágneses mérésekből Rozsnyó részére a (19) egyenletek szerint csak két a-érték határozható meg, s így a rozsnyói deklináció (11b) szerinti előre való meghatározásához (14)-ből csak N és P számítható ki, de Q még nem.

Így (13)-ból:

$$a_{932\cdot0.890\cdot0} = \frac{7°09\cdot6' - 1°55\ 9'}{-42} = -7\cdot469'$$

$$a_{932\cdot0.850\cdot0} = \frac{11°20\cdot3' - 1°55\cdot9'}{-82} = -6\cdot881'$$

Minthogy azonban 6. táblázatunkból ismeretes $d_{912\cdot5}$ is, ezért:

$a_{932\cdot0,\ 912\cdot0} \doteq a_{932\cdot5,\ 912\cdot5} = \dfrac{5°\,05' - 1°\,51'}{-20} = -9\cdot700'$, s így (14) alapján lesz:

$$-9\cdot700' = N - 20\ P + 400\ Q$$
$$-7\cdot469' = N - 42\ P + 1764\ Q$$
$$-6\cdot881' = N - 82\ P + 6724\ Q$$

és ebből: $N = -12\cdot901$, $P = -0\cdot1880$, $Q = -0\cdot001397$.

Ezekkel az értékekkel 1880. és 1932. között a rozsnyói normáldeklináció a (11b) képlet szerint elég pontosan számítható; ezen *kívül* azonban az eltérés rohamosan növekszik, s 1942-ben már az egy fokot is meghaladja. Ezért néhány évtizednél nagyobb intervallumok esetében a (11b) egyenletbe $(t - t_0)$ még magasabb hatványainak a koefficienseit is be kell vinnünk. És ez természetes is, mert bármilyen F-függvény álljon fenn d_t és d_{t0} között, $(t - t_0) = \Delta t$ növekedésével a Taylor-féle sornak fokozatosan magasabbrendű tagjait is tekintetbe kell vennünk. Az N, P, Q ... értékek így az egyes differenciálhányadosokból számítódó $\dfrac{F'}{1!}, \dfrac{F''}{2!}, \dfrac{F'''}{3!} \cdots$ értékek. Így érthető az is, hogy miért talált Jackson 1899. és 1937. között quadratikus függvényt [14], míg Weinberg 1750. és 1925. között sinusszerű összefüggést [16]. Lasarev elméleti elgondolások alapján Biot és Gauss vizsgálataiból kiindulva viszont más formákra jut [15].

Annyit mindenesetre megállapíthatunk, hogy a deklináció előre való biztos kiszámításához még mindig kevés adatunk van. Több adat esetében a periodicitás megfogása a görbétől függően trigonometrikus függvényekkel is megkísérelhető a Jordán Károly által kidolgozott igen figyelemreméltó módszerrel [17].

Az időnkénti országos mágneses mérések fontosságát az itt tárgyaltak is kiemelik, s így nemcsak tudományos, hanem gyakorlati szempontból is sajnálatos, hogy az 1930-ban esedékes volt átfogó magyarországi mágneses mérés elmaradt, noha több szomszédos államban eléggé kiterjedt mértékben elvégezték. Ilyennek birtokában az 1950-re vonatkozó mérésekkel jelentősen pontosabban tudnók a deklinációt előre számítani. E hiány némileg pótolható lenne Hofhauser mérései mellett Eötvösnek 1901—1918. évi — sajnos, nem eléggé hozzáférhető — mérési adatainak ilyen értelmű utólagos feldolgozásával. Speciálisan Rozsnyóra a 6a. táblázat adatai is igen jól felhasználhatók erre. A mágneses deklinációnak előre való számítása azonban rendszerint még így is bizonytalanabb, mint a deklinációnak egyidejű más hely értékéből való levezetése.

V.

Hátra van még, hogy a helyi zavar számításáról is megemlékezzünk. Itt mindjárt ki kell emelnünk, hogy a helyi zavar értéke a normáldeklináció kifejezésére felhasznált függvényforma megváltoztatásával szintén megváltozik. Liznar ugyanis a legkisebb négyzetek módszerével Bécshez viszonyítva $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ függvényében kiszámította a valamennyi megmért 1890-es δ-értékhez legjobban símuló felület állandóit (δ_0 = Bécs megmért deklinációja 1890·0-ban, a v »javítások« az egyes megmért deklinációk javításai):

$$\begin{aligned}
\delta_1 - v_1 &= \delta_0 - \Delta d_0 + a\,\Delta\varphi_1 + b\,\Delta\lambda_1 + c\,\Delta\varphi_1^2 + d\,\Delta\varphi_1\,\Delta\lambda_1 + e\,\Delta\lambda_1^2 \\
\delta_2 - v_2 &= \delta_0 - \Delta d_0 + a\,\Delta\varphi_2 + b\,\Delta\lambda_2 + c\Delta\varphi_2^2 + d\,\Delta\varphi_2\,\Delta\lambda_2 + e\,\Delta\lambda_2^2 \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot
\end{aligned} \tag{22}$$

a [vv] = Minimum feltétel alapján. Az egyes méréseknek a kiegyenlítésből kapott v »javítása« a kérdéses helynek az (5) képletünkben Δd-vel jelölt helyi zavar értékét adja, míg Δd_0 Bécsnek a kiegyenlítésből nyert helyi zavara. (A helyi zavart célszerűbb lett volna a kiegyenlítő számítás szellemében (5)-től eltérőleg $\Delta d = d - \delta$ tehát a kiegyenlítő számítás $x - o$ alakjában definiálni.) Nyilvánvaló, hogy azonos δ_1, δ_2 ... értékek, de más függvényalak mellett a v_1, v_2 ... értékek is változnak.

Ezzel szemben a kezdőpont megváltoztatása a legjobban símuló felületet, s így a v-ket sem változtatja meg, csak az új kezdőpontnak megfelelően megváltoznak a (22) egyenlet állandói. Ezek új kiegyenlítés nélkül is közvetlenül

számíthatók. Jelöljük az új kiindulópont földrajzi szélességkülönbségét a régihez k-val, a hosszúsági különbséget K-val, az egyes pontokét az új kezdőpont hoz $\delta\varphi$-vel és $\delta\lambda$-val (és a megfelelő indexsorszámmal), úgy (22)-ből :

$$d_1 = d_0 + a\,(k + \delta\varphi_1) + b\,(K + \delta\lambda_1) + c\,(k + \delta\varphi_1)^2 + d\,(k + \delta\varphi_1)\,(K + \delta\lambda_1) + e\,(K + \delta\lambda_1)^2 = (d_0 + ak + b\,K + ck^2 + dk\,K + eK^2) + (a + 2ck + d\,K)\,\delta\varphi_1 + (b + dk + 2\,e\,K)\,\delta\lambda_1 + d\delta\varphi_1\,\delta\lambda_1 + c\,\delta\varphi_1^2 + e\,\delta\lambda_1^2 \tag{23}$$

. . .

Minthogy az első zárójeles kifejezés az új kezdőpont $d_{u,0}$ normáldeklinációja, a két másik zárójelet A-val és B-vel jelölve, a következő kifejezést kapjuk :

$$d_1 = d_{u,\,0} + A\,\delta\varphi_1 + B\delta\lambda_1 + c\delta\varphi_1^2 + d\delta\varphi_1\delta\lambda_1 + e\delta\lambda_1^2 \tag{24}$$

. . .

s ez lehetővé teszi a normáldeklináció kiszámítását az új kezdőpontból új kiegyenlítés nélkül. Valószínűleg hasonló összefüggéseket használt Čechura is Bécsből Ógyallára való áttérésnél ([2 ; 23—24. old.]).

Hogyan változik meg mostan a helyi zavar értéke más függvéanylak esetében? Ha ugyanaz az idő- és kezdőpont, ez önmagától adódik. Ha az egyik függvény szerint egy x helynek $d_{x,I}$ normáldeklinációja pl.

$$d_{x,I} = d_{0,\,I} + a\,\Delta\varphi + b\Delta\lambda + c\,\Delta\varphi^2 + d\,\Delta\varphi\,\Delta\lambda + e\,\Delta\lambda^2 \tag{25}$$

egy másiké szerint ugyanarra az időre :

$$d_{x,\,II} = d_{0,\,II} + \mathfrak{a}\,\Delta\varphi + \mathfrak{b}\,\Delta\lambda \tag{25a}$$

úgy a két érték különbsége ugyanannál a valódi deklinációnál egyszersmind a két rendszer helyi zavarainak $\delta\Delta d_{x,\,I\text{-}II}$ különbségét jelenti. Tehát :

$$d_{x,\,I} - d_{x,\,II} = \delta\Delta d_{x,\,I\text{-}II} \tag{26}$$

és a helyi zavar értéke a II. függvény esetében, ha ez $\Delta d_{x,\,I}$ az első függvénynél :

$$\Delta d_{x,\,II} = \Delta d_{x,\,I} + \delta\Delta d_{x,\,I\text{-}II} \tag{26a}$$

Ugyanígy kapjuk a helyi zavar $\delta\Delta d_{0,\,I\text{-}II}$ különbségét a kiinduló hely $d_{0,I} - d_{0,\,II}$ különbségében. Ezzel viszont a kiinduló helynek a helyi zavara változtatandó meg.

Más kezdőpont esetén először (23) értelmében közös kezdőpontra célszerű

áttérni. Különböző időpontoknál tekintetbeveendő, hogy a helyi zavar is bizonyos mértékben az időtől is függ. Ezért a (22) szerinti kiegyenlítésbe a többitől *sok* évvel eltérő időből származó deklinációt még a Liznar szerinti átszámítás után (V. ö. [1., I. Teil, 152—154. old.]) sem szabad bevinni. Ilyen esetben helyesebb eljárás az, hogy ezt a kiegyenlítésből kihagyjuk, s a többi kiegyenlítéséből nyert értékek segítségével e tanulmányunk értelmében a kérdéses helyre és időre a normáldeklinációt kiszámítjuk. Azután a napi variációval a napi középre átszámított megmért érték útján a helyi zavart az (5) képlet segítségével a kérdéses helyre, függvényre és időre az alábbi módon kiszámítjuk:

$$\Delta d = \delta - d$$

Itt kell megjegyezni, hogy ez a $\delta \Delta d$ különbség a kezdőponttól távolodva növekszik, mert a távolsággal a két símuló felület mind jobban eltér egymástól. Mégis jól megválasztott és számított függvények esetében nagyobb távolságra is elég jó az egyezés a megfelelő normáldeklinációk között.

Teljesen hasonlóképpen a helyi zavar megváltoztatásával vehetjük tekintetbe két hely normáldeklináció-különbségének (10) képlet szerinti parabolikusnak, vagy csak lineárisnak feltételezett változása között mutatkozó eltéréseket. Így pl. Čechura lineáris és parabolikus függvényalakja mellett Ógyalla és Rozsnyó normáldeklinációinak különbségei így alakulnak 1892. és 1962. között (V. ö. [2] (15), (16) és (17) képleteit, illetve IV. táblázatát).[5]

9. táblázat

Ógyalla és Rozsnyó normáldeklinációinak különbségei 1892. és 1962. között

Idő	$d_{Gy} - d_R$		$\delta \Delta d$	Idő	$d_{Gy} - d_R$		$\delta \Delta d$
	lineárisan	parabolikusan			lineárisan	parabolikusan	
1892	1° 12·00′	1° 11·34′	+0·66′	1932	1° 06·37′	1° 06·37′	0·00′
1902	1° 11·00′	1° 10·59′	+0·41′	1942	1° 04·95′	1° 04·31′	+0·64′
1912	1° 09·18′	1° 09·51′	—0·33′	1952	1° 03·55′	1° 01·92′	+1·63′
1922	1° 07·78′	1° 08·10′	—0·32′	1962	1° 02·13′	0° 59·20′	+2·93′

Fenti eredmények — ugyancsak a (26a) képlet értelmében — megerősítik, hogy a rozsnyói helyi zavar 1932-es + 5′-nyi Čechura-féle értékét 1890. és 1950. között nem kell megváltoztatni azért, mert Čechura nem a (10) képlet szerinti parabolikus, hanem csak lineáris változást tételezett fel a két hely normáldeklinációi különbségének időbeli változására, holott ez inkább a parabolát követi. De 1890. előtt sem kell emiatt korrekciót alkalmazni, mert 1850. és 1890. között már egy másik, a parabolához ismét jól hozzásímuló egyenes

[5] Itt jegyezzük meg, hogy [2]-nek 16. képletében egy nyilvánvaló sajtóhiba van, amennyiben $\Delta\varphi$ koefficiense helyesebben 0·023402 a megadott 0·23402 helyett. E képlet azonban csak Ógyallából, mint kiinduló helyből helyes, mert más kiinduló helyre az új állandókat a 23. képletünk szerint kell átszámítani.

szerint, tehát más a és a_0 értékekkel számoltunk (V. ö. (6) képletünkkel). És ugyanígy egy újabb egyenest kellene 1950. után is meghatároznunk.

Mi a tennivaló végül, ha hasonló formájú függvény esetében különböző időben pl. 1850-ben és 1890-ben ugyanarra a helyre más helyi zavar adódik? Ha mindkét mérés egyformán megbízható (Az 1850-es, sajnos, sokkal pontatlanabb. Ezért tekintettünk el a bécsi 1850. évi —6·1′-es $\triangle d$-vel való interpolálástól is), a két érték között a különböző időkre interpolálhatunk.[6] Túl nagy eltérésnek azonban nem szabad mutatkoznia. (V. ö. [6] megállapítását is.)

Több, mint két ilyen helyi zavar esetében a kérdéses hely helyi zavarának változására itt is a pontosabb parabolikus függvényt választhatjuk, de ügyelnünk kell, hogy csak egynemű függvényekhez tartozó helyi zavarokat vonjunk közös vizsgálatba. Mindaddig, míg ilyenek nincsenek, csak lineáris, s ha erre nincs elég (két) adat, csak konstans helyi zavarral (analógia a (6d) képlettel) számolhatunk; mint Rozsnyó esetében is ez utóbbit voltunk kénytelenek tenni. Mindazonáltal a 8a. táblázat 1860. körüli nagyobb eltéréseit mégsem ez, hanem a pontatlan és ritka deklinációmeghatározások okozhatták, hiszen az eltérés időnkint (1869., 1870.) mindössze 2′-re csökken, holott a helyi zavar különleges okok nélkül néhány év alatt jelentősebben nem változhat.

Kétségtelenül megállapíthatjuk az előbbiekből, hogy az újabb országos mágneses mérésnek nagy a jelentősége; de az is fontos, hogy eredményei az előbbiekben vázolt szempontok szerint is kiértékeltessenek. Nyilvánvaló ugyanis, hogy az előbbiekben megadott szempontok szerint nemcsak a mágneses deklináció, hanem a többi földmágnesességi érték is megvizsgálható.

Befejezésül meg kell még említenem, hogy az újabb keletű számításokban Pataki Sándor okl. bányamérnök és Feigly Béla demonstrátor, a sajtó alá rendezés munkájában pedig Csegezi Józsefné voltak a segítségemre. E helyről is fogadják köszönetemet.

[6] Ezt tekintve, Ógyalla 1890-es + 6·5′-es és 1932-es + 3·3′-es $\triangle d$-je között is lehetne interpolálni. Sajnos viszont, itt a két esetben más-más függvényalakról van szó. Valószínű mégis azonban, hogy Ógyallából és 1932-ből Čechura lineáris képletével visszafelé számítva, 1895—1910 táján a helyi zavart + 3·3′-nél fokozatosan valamivel nagyobbra, viszont az ógyallai 1890-es értékből előre számítva 1910—1930 táján + 6·5′-nél fokozatosan valamivel kisebbre kellene venni. Így nemcsak az első lábjegyzet végén egyezne meg jobban az 1890-ből 1932-re számított rozsnyói érték, hanem a Pohl-féle táblázatban jelentkező kis különbségek is még tovább csökkennének.

IDÉZETT IRODALOM.

[1] *Liznar :* Die Vertheilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn zur Epoche 1890·0 nach den in den Jahren 1889—1894 ausgeführten Messungen. I. Teil : Erdmagnetische Messungen in Österreich. Denkschriften d. Akad. d. Wissenschaften, Wien. Math.-naturw. Cl. 62. 137—368. ; II. Teil 67. 1—96.

[2] *Čechura :* Magnetická deklinace na Slovensku pro epochu 1932·0. Sbornik prirodovedeckého klubu. II. 1933—34. Különleny. 1—31.

[3] *Aubell :* Sammlung von Ausweisen und Behelfen für das Feldmessen und Markscheidekunde. 46. és 47. tbl.

[4] *Steiner :* A föld mágneses jelenségei, Budapest, 1923.

[5] *Hartner-Doležal :* Hand- und Lehrbuch der niederen Geodäsie. I. X. kiad. Wien, 1910.

[6] *B. P. Weinberg* és *W. P. Sibajev :* Über die Stabilität der lokalen Störungen und das Vorhandensein von Nestern jährlicher Änderungen der magnetischen Elemente. C. R. Acad. Sci. USSR. 1940. 787—790.

[7] *M. Toperczer :* Die säkulare Änderung der magnetischen Deklination in Österreich im Zeitraum 1930—1935. Sitz. Ber. d. Akad. d. Wissenschaften. Wien, Abt. IIa., 147. 117—120. 1938.

[8] *St. Procopiu, N. Calinicenco* és *G. Vasiliu :* Mesures magnétiques en Roumanie, en 1937. C. R. Acad. Sci. Roum. 2, 246—255 (1938).

[9] *G. Atanasiu :* Mesures de magnétisme terrestre en Transylvanie, en 1938. C. R. Acad. Sci. Roum. 3, 403—405. (1939).

[10] *St. Procopiu :* Mesures magnétiques en Roumanie, en 1938. I. La declinaison magnétique et la composante horizontale. C. R. Acad. Sci. Roum. 3, 284—292 (1939).

[11] *G. Atanasiu :* Nouvelles mesures de magnetisme terrestre en Transylvanie. Bul. fac. sti. Cernăuti, 12. 129—145. 1939.

[12] *St. Procopiu :* Mesures magnétiques en Roumanie, de 1931 a 1940 et cartes magnétiques de la Roumanie, dressées pour le 1-er juillet 1940. Ann. Sci. Univ. Jassy ; I. Math. 26, 535—562. 1940.

[13] *St. Procopiu :* Mesures magnétiques en Roumanie, en 1939 et 1940. 1. La declinaison magnétique et la composante horizontale. Ann. Sci. Univ. Jassy ; I. Math. 26, 563—571. 1940.

[14] *W. E. W. Jackson :* Agincourt magnetic data 1899—1937 and the sunspot cykle. J. Roy. Astr. Soc. Canada, 1939. 461—414.

[15] *P. P. Lasarev :* Études des variations séculaires du magnetisme terrestre I. C. R. Acad. Sci. USSR. 1939, 26—29.

[16] *B. P. Weinberg :* On prediction and mutual correlations of the maps of distribution of magnetic elements and their annual changes. Terrestr. Magn. Atm. Elektr. 1939, 277—282.

[17] *Jordán Károly :* Periódikus menetet mutató észlelések megközelítése trigonometrikus függvénnyel. Időjárás, 1949 év, 226—231.

[18] Institut Géophysique de la République Tchécoslovaque : Observations magnétiques à Praha et â Stará Ďala.

Al-Cu-Mg NEMESÍTHETŐ KÖNNYŰFÉMÖTVÖZETEK NÉHÁNY TULAJDONSÁGÁNAK VÁLTOZÁSA AZ ÖTVÖZET ÖSSZETÉTELÉNEK FÜGGVÉNYÉBEN

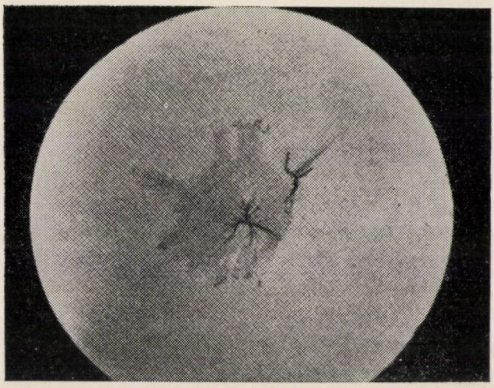
DOMONY ANDRÁS

Az alumínium ötvözetek egyes csoportjai nagy szilárdsági értékeiket és megfelelő képlékenységüket csak utólagos hőkezelés után érik el. A gyakorlat viszont azt mutatta, hogy a gyártott áruk szilárdsági jellemzőinek végső alakulását döntő módon az ötvözet összetételének és a hőkezelésnek egymásra gyakorolt kölcsönös hatása szabja meg. Ezeket az összefüggéseket és törvényszerűségeket egyértelműen kidolgozni igen bonyolult, mert az egyes tényezők végső hatása igen sok különböző, egymást gyakran fedő, vagy ellentétes hatást kiváltó részletkomponens kölcsönhatásából származik. Ezzel kapcsolatosan utalunk arra, hogy még a legegyszerűbb összetételű nemesíthető könnyűfém is már elvileg legalább ternér ötvözet, tehát az ötvözők arányától és az öntési, valamint megmunkálási hőfoktól függően számos vegyületképzési lehetőséggel kell számolnunk. A gyakorlatban használatos nemesíthető alumíniumötvözetek gyakran négyalkotósak, vagy még ennél is több ötvöző alkatrészt tartalmaznak (pl. Al-Cu-Mg-Mn, Al-Cu-Mg-Mn-Si, stb.). Az alapötvözőben, vagyis az alumíniumban levő szennyezések hatása következtében pedig a ternér ötvözetek is csak quaternér, vagy ennél magasabb ötvözetekként foghatók fel (pl. Al-Cu-Mg-Fe, itt a Fe az Al-Cu-Mg ötvözet szennyeződése stb.).

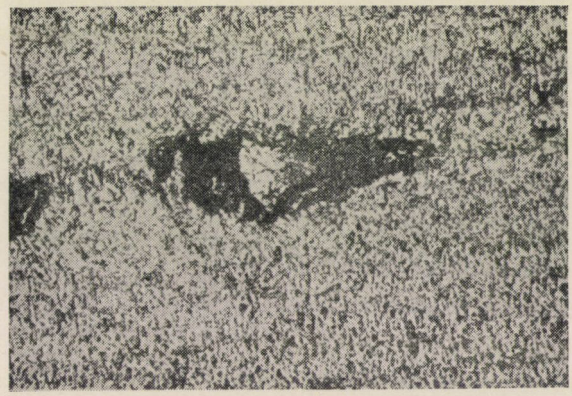
Az ötvözetek vizsgálatánál ezzel a jelenséggel azért kell tisztában lennünk, mert a szennyezések, illetve a kis mértékben adagolt ötvözők mennyisége a főötvözők egymásközti arányát igen nagy mértékben megváltoztathatja, és ezáltal a számítottól eltérő vegyületek képződhetnek. Ugyanazokból a fémekből más és más atomsúly-százalék szerint alakult vegyületek, illetve eutektikumok fizikai és kémiai tulajdonságai egymástól igen gyakran elütőek (pl. $Al+CuAl_2+CuMgAl_2$ olvadáspontja 500°C. ($Cu:Mg=27:6$);
$Al+Cu\ Mg_4Al_6+Al_3Mg_2$ olvadáspontja 447°C ($Cu:Mg=3:32$). (1)

A nemesíthető könnyűfémek tulajdonságait az ötvözők kölcsönhatása révén keletkezett vegyületek, illetve eutektikumok viselkedése határozza meg. A folyékony állapotból kikristályozódó ötvözetekben elsősorban mindig a legnagyobb affinitású, legszilárdabb kötésű vegyületek keletkeznek. Az ötvöző alapanyag — az alumínium — csak a vegyületek keletkezése után fennmaradó ötvöző fémeket oldja, illetve a keletkezett vegyületekkel alkot eutektikumot. Arranézve, hogy egy adott összetételű három — vagy többalkotó alumínium-

ötvözetben milyen fázisokat találunk, az egyensúly diagrammok szolgálnak útmutatással. Érzékeny ötvözetek előállításánál viszont ez nem elégséges, hanem az előbb említettek alapján meg kell vizsgálni a szennyezők befolyását, valamint az öntés közben a durvulások következtében megváltozott ötvözők egymásközti arányának eltolódását is. Csak ezeknek a tényeknek az ismeretében



1. ábra Oxid- és salakzárvány által okozott repedés (Kb. természetes nagyság) (Schenk).



2. ábra Oxidzárvány által okozott repedés. (a repedés közepén oxidzárvány) 80×

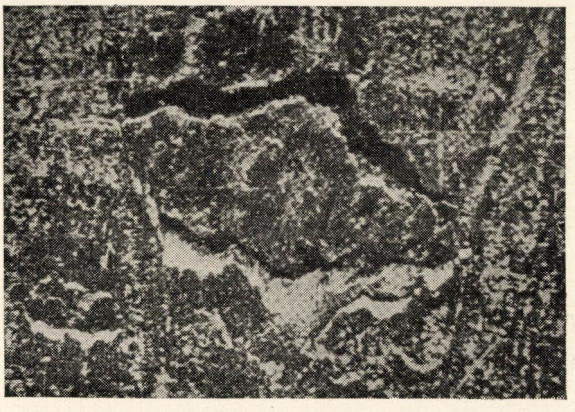
következtethetünk helyesen az ötvözet szerkezetére ; illetve az egyes ötvözettípusok legmegfelelőbb hőkezelési előírásait csak így dolgozhatjuk ki.

Ezeknek az elméleti megfontolásoknak a gyakorlati jelentőségét vizsgáljuk meg az egyik legelterjedtebb nemesíthető alumíniumötvözet típusnál az *Al-Cu-Mg* alapú könnyűfémeknél.

Al-Cu-Mg ötvözetek.

Az első nemesíthető alumíniumötvözet az *Al-Cu-Mg* típushoz tartozott. A klasszikus ötvözetet 490—500°C-on nemesítették, öregítése 8 napos szobahőfokon való hevertetés után következett be. A »Dural« típusú ötvözetek nagybani gyártásánál és nemesítésénél viszont igen sok hibát észleltek. Ez alkalommal a ma már közismert hibalehetőségekről és azok kiküszöböléséről bővebben nem emlékezünk meg (2, 3) ; ellenben foglalkozni kívánunk az *Al-Cu-Mg* típusú ötvözetek összetétele és nemesíthetősége között fennálló törvényszerűségekkel.

A könnyűfém félgyártmányok előállításánál a leggyakoribb hibaforrás az oxidos, salakos fém által okozott repedések (4) (1, 2. ábra). Ez a hibalehetőség a folyékony fém tökéletes tisztításával kiküszöbölhető. Ugyanez

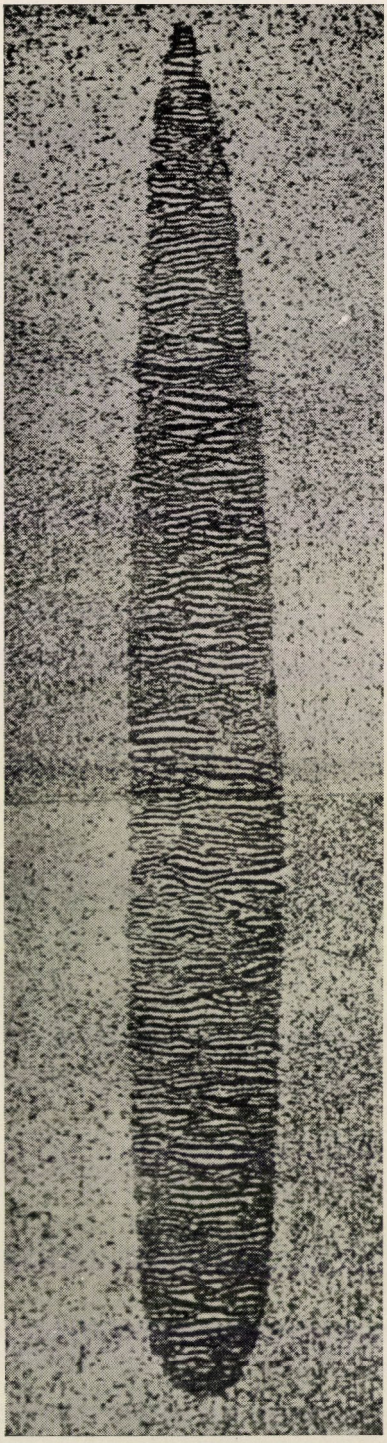


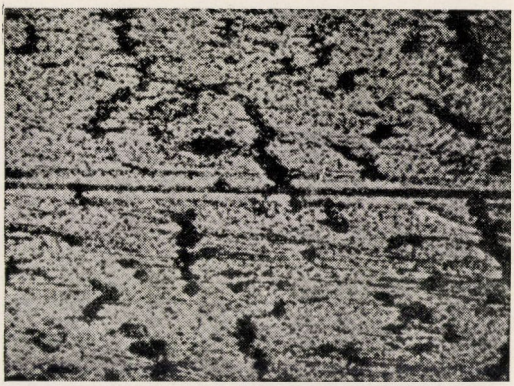
3. ábra Felrepedt gázhólyag. 17×

vonatkozik a gáztartalmú fém által előidézett gázhólyagképződésre is (3. ábra). A jelenleg használatos tisztítószerek (5) (klórozás stb.) ezeket a hibákat tökéletesen megszüntetik.

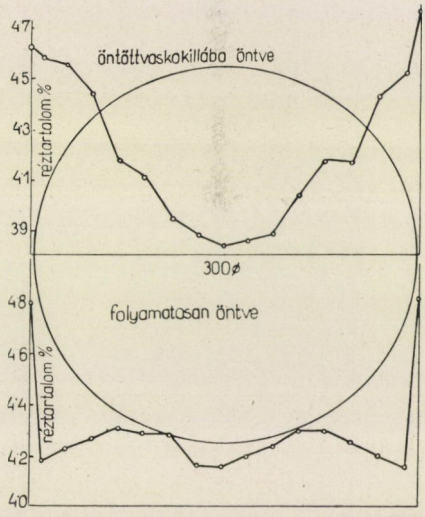
A félgyártmányok minőségi tulajdonságait a melegmegmunkálás sebessége és hőfoka, a szerszámok vagy hengerek felülete, a kenési és hűtési viszonyok döntő módon befolyásolják (6). Repedezett szerszámok, vagy hengerek, nem megfelelő kenés, az anyag hólyagosodásához vezethet. Ebben az esetben a repedésbe került kenőanyag a hőkezelésnél bomlik és a fejlődő gázok az anyagot felhólyagosítják (4. ábra). Előfordulhat az is, hogy az anyag a megengedettnél melegebb szerszámokra ragad, és ezáltal pikkelyek keletkeznek (3. ábra). Ezeket a hibaforrásokat ma már gondos üzemmenettel maradéktalanul ki lehet küszöbölni.

Az öntés közben keletkezett dúsulások és kiválódások viszont lényegesen nagyobb gondot okoznak. Az összes nagyobb hőfokközben kristályosodó könnyűfém ötvözet — (így elsősorban az *Al-Cu-Mg* típushoz tartozóak) — úgy-





5. ábra Túl meleg hengerek által okozott felszakadások, 6×



6. ábra A réz eloszlása öntött vas kokillában, illetve folyamatosan öntött Dural tömbben (Pélputier).

4. ábra Könnyűfém-lemezen hőkezelés után keletkezett gázhólyag

nevezett fordított különválásra hajlamos. Fordított különválás akkor keletkezik, ha az öntés után a hőelvezetési sebesség lassú. Ez esetben a tuskó széle ötvöző alkatrészekben az átlagos összetételnél lényegesen gazdagabb, a tuskó közepe pedig az ötvöző elemekben szegényebb (7).

Az alumínium leggyakoribb ötvözői közül fordított kiválásra elsősorban a *Cu* és a *Mg* hajlamos. A 6. ábra 4,2 %-os átlagos összetételű *Al-Cu-Mg* ötvözet réz elosztását ábrázolja öntöttvas kokillában ; illetőleg folyamatosan vízbe öntött tuskóknál. Amint azt a réz-összetétel változása mutatja, az ötvöző alkatrészek aránya a tuskó szélén és közepén teljesen különböző (lásd 6. ábrát).



7. ábra Hideg (200° C-os) kokillába öntött Dural szövezete. 130×



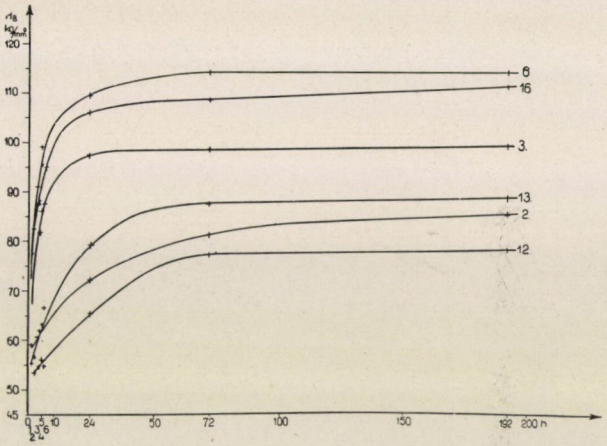
8. ábra Meleg (450° C-u) kokillába öntött Dural szövezete. 130×

Ugyanezt igazolják a szerző kísérletei is (2), 4 % *Cu*, 0,6 % *Mg*, 0,6 % *Mn*, 0,5 % *Si*, 0,4 % *Fe* átlagos összetételű ötvözeteket hűtve, valamint 450—480°-on kokillába öntve az utóbbinál jelentékeny durvulások voltak észlelhetők. Az ötvöző alkatrészek közül elsősorban a *Cu* dúsulás volt szembetűnő 0,6-0,9 %-os változtatásokkal ; ez a teljes réztartalomra számítva 15—30 %-ot tett ki. A dúsulások mértéke a két tuskó külső végéről készített mikrofelvételen is jól látható (lásd 7, 8. ábrát). Szembetűnő, hogy a 8. ábrán a rézben erősen dúsult vegyületek mennyire összeállva helyezkednek el az alumínium kristályhatárok mentén.

Az ötvöző alkatrészek közül a réz után a *Mg* mutatott legnagyobb hajlamosságot fordított különválások képzésére.

A *Mn* és *Fe* tartalom mindkét tuskóban a tömbök külső része felé igen gyengén, de szabályosan dúsult.

Azt a régebbi megállapításunkat, hogy a *Mn* és *Fe* az *Al-Cu-Mg* ötvözetekben képződő vegyületek keletkezését és összetételét lényegesen nem befolyásolja, az utóbbi idők irodalma is megerősíti (8, 9). A mangan és a vas ugyanis az alumínium alapfémmel a liquidushoz aránylag közeleső hőfokon Al_3Fe, Al_6Mn, (*Fe Mn*) *Al* ötvözeteket alkot, s ezek az olvadékból kiválva az ötvözet többi alkatrészeinek arányát nem befolyásolják. A két fémnek (*Fe* és *Mn*) egymásra gyakorolt kedvező kölcsönhatása, valamint szilárdságnövelő tulajdonsága ismeretes (10).



9. ábra *Mn*-mentes és *Mn* tartalmú nemesített duralok keményedése.

Kísérleti megállapítást nyert (11), hogy az *Al-Cu-Mg* ötvözetekhez adagolt *Mn* az ötvözetek nemesítési karakterisztikáját nem változtatja, csak a keménységet (szilárdságot) növeli (lásd I. táblázatot és 9. ábrát).

I. táblázat

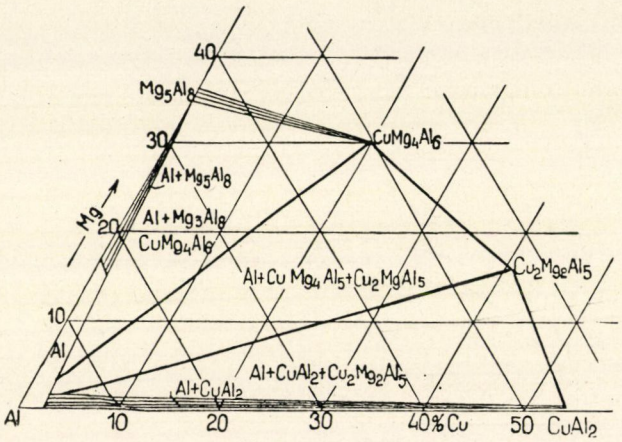
Ötvözetek összetétele :

Anyag száma	*Cu*	*Mg*	*Mn*	*Fe*	*Si*
2.	1.60	0.56	0.48	0.19	0.18
3.	2.20	0.28	0.62	0.19	0.16
6.	3.80	0.45	0.65	0.23	0.20
12.	1.90	0.64	—	0.17	0.06
13.	2.50	0.32	—	0.16	0.09
16.	3.92	0.61	—	0.10	0.08

Közepes *Cu* tartalmú duraloknál (*Cu* = 1,5—3%) általános szabályként elfogadható, hogy a 0,5—1% *Mn* tartalomnál a *Mn* minden 0,1%-a közel 10 kg/

mm² Brinell keménység növekedésének felel meg. Réztartalmú ötvözeteknél 1,25% *Mn* tartalom fölé menni nem célszerű, mert a mangándús ötvözetek (1,25% *Mn* felett) repedésre, melegtörésre hajlamosak (12).

Az ipar az *Al-Cu-Mg* övözetekkel szemben támasztott fokozottabb igényeinek a kielégítésére a *Mn* tartalom szilárdságnövelő hatását, továbbá a vas- és mangán-alumínidek előbb említett (10) tulajdonságát használta fel. Módjában állott ugyanis a *Fe* és *Mn* tartalom növelésével az ötvözetek szilárdsági tulajdoságait anélkül fokozni, hogy nemesíthetőségüket kedvezőtlenül befolyásolta volna. Ezen az elgondoláson alapulnak az újabban forgalomba hozott. nagyszilárdságú Dural típusú ötvözetek, mint pl.



10. ábra Legalább 50% alumíniumot tartalmazó *Al-Cu-Mg*-ötvözetekben közönséges hőmérsékleten található fázisok diagrammja (Mondolfo).

Cu	4,20%
Si	0,40%
Mn	1,00%
Fe	1,00%
Mg	1,40%

ezeknek mechanikai értékei:

folyási határ	44 kg/mm²
szakító szilárdság	50 «
nyúlás	12%
Brinell keménység	150 kg/mm²

A fent elmondottak alapján a Dural típusú ötvözetek nemesíthetőség szempontjából lényegileg az *Al-Cu-Mg-Si* quaternér ötvözeteinek foghatók fel. Az ötvözet nemesítési és öregedési körülményeit, valamint alakíthatóságát az *Al-Cu-Mg-Si* vegyületek és a képződött eutektikumok viselkedése határozza meg.

Kezdetben csak az *Al-Cu-Mg* hármas ötvözetet vizsgálták. Ezért az *Al-Cu-Mg* ternér ötvözet fázis diagrammja jól kidolgozott és ismert (13). A 10. ábra a legalább 50%-os alumíniumot tartalmazó *Al-Cu-Mg* ötvözetekben közönséges hőmérsékleten található fázisok diagrammját szemlélteti (14). A rendszerben *Al* kristályokon kívül binér Mg_5Al_8 és $CuAl_2$ vegyületeket és $Cu_2Mg_2Al_5$ (14), vagy *Cu Mg* Al_2 (16,) valamint $CuMg_4Al_6$ háromalkotós vegyületeket, illetve ez anyagok által alkotott eutektikumokat találunk (16). Ha az ötvözet összetétele valamelyik vegyület összetételével pontosan megegyezik, illetőleg az ötvözők arányszáma a vegyületben meghatározottal egyezik, akkor a rendszer csak két fázisból áll. Két fázist tartalmaznak tehát azok az ötvözetek — ha figyelmen kívül hagyjuk a diagramm *Cu*-ban, illetőleg *Mg*-ban egész szegény (vonalkázással jelzett) mezőit — amelyek az alumínium csúcspontot a háromalkotós vegyületekkel összekötő egyenesekre esnek. Kétfázisos rendszert kapunk tehát az ötvözetben szereplő aránnyal, vagyis ha a *Cu* : *Mg* arány = 0,654. Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha a *Cu* : *Mg* arány pontosan megegyezik a $Cu_2Mg_2Al_5$ összetételével, azaz a *Cu* : *Mg* arány =2,61. Ha az ötvözet *Cu* és *Mg* tartalmának viszonya 0,654-nél kisebb, akkor az ötvözet fázisai: *Al*, Mg_5Al_8 és $CuMg_4Al_6$; ha ez a viszony a 0,654-nél nagyobb, de 2,61-nél kisebb, akkor az alumíniumon kívül a két háromalkotós vegyület van jelen, ha pedig a *Cu* : *Mg* viszony 2,61-nél is nagyobb, akkor *Al* kristályok $Cu_2Mg_2Al_5$ és $CuAl_2$ találhatók az ötvözetben (dr. Verő) (14).

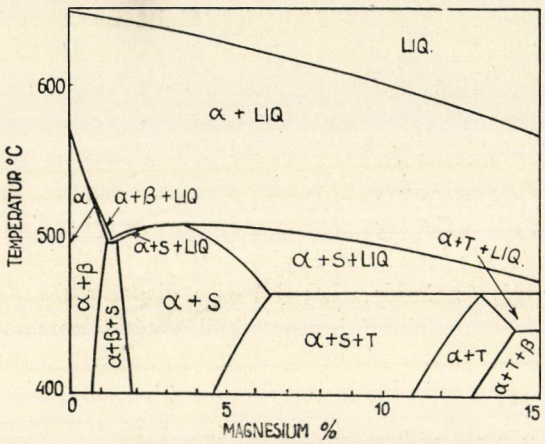
Az egyes ötvözetek nemesítésének maximális hőfokát az alkotó komponensek olvadáspontja határozza meg. Hogy a rendszerben milyen komponensek képződnek, azt elsősorban nem az alkotók abszolút mennyisége, hanem egymásközti arányuk határozza meg. A II. táblázatban a háromalkotós *Al-Cu-Mg* ötvözetben képződő eutektikumokat állítottuk össze:

II. táblázat

Eutektikum	Olvadáspont C°-ban	*Cu*%	*Mg*%	*Cu* : *Mg* aránya	Megjegyzés
$Al + CuAl_2$	548	33	—	—	(8)
$Al + Al_3Mg_2$ v. $Al + Al_8Mg_5$	450	—	33	—	(8)
$Al + CuAl_2 + Cu_2Mg_2Al_5$ ..	500	42.5	10.6	4	Verő (14)
$Al + CuAl_2 + CuMgAl_2$	500	27	6	4.50	Urazov (15)
$Al + CuMg_4Al_6 + Al_3Mg_2$ ..	447	3	32	0.094	Nishinura (1)
$Al + CuMg_4Al_6 + Cu_2Mg_2Al_5$	465?	29?	17?	1.70	

A 11. ábra az *Al-Cu-Mg* ternér diagramm 4% *Cu* tartalom melletti vetületét ábrázolja (1).

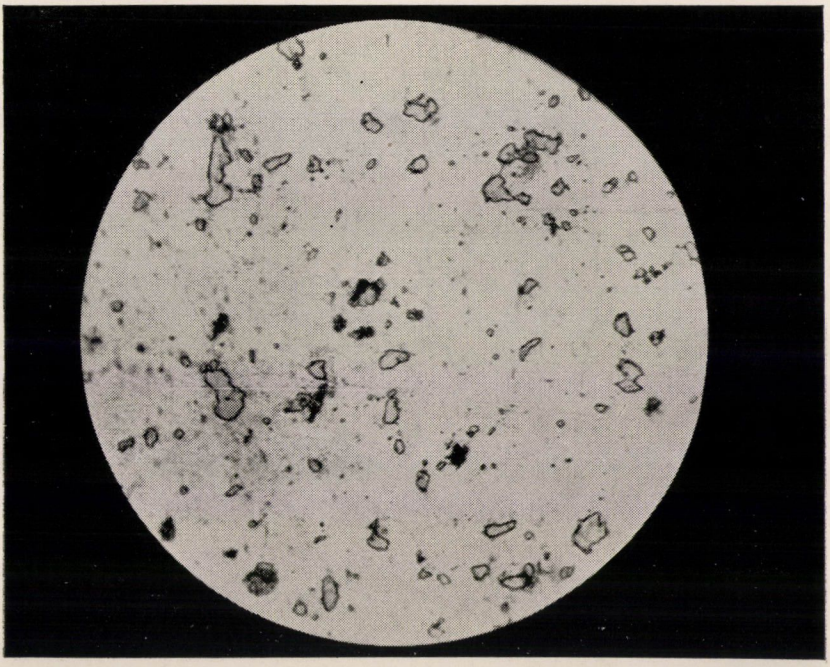
Ha tehát Dural ötvözetek öntésénél az ötvöző alkatrészek valamelyikének kiválása következtében a *Cu* : *Mg* arány az alacsonyabb olvadáspontú eutektikum felé eltolódik, akkor a szabványos nemesítési hőfokon ez az eutektikum megolvad. Az olvadással térfogat növekedés is jár (2), s ez az anyagban belső feszültséget idéz elő, lehűtés közben pedig repedésekhez vezet. Az eutektikumok olvadt állapotban a kristályhatárok mentén szívárognak, összeállnak, és ha a



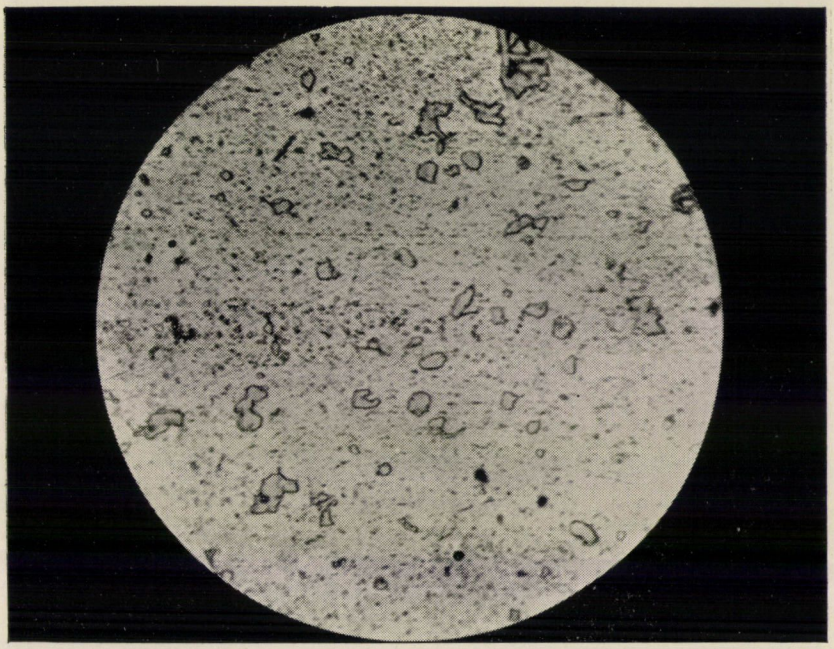
11. ábra Al-Cu-Mg ternér diagrammja 4% *Cu*-tartalom melletti vetülete (Nishimura).

darab felületének a közelébe kerülnek, szürkés-fekete hólyagok, cseppek, kivirágzások formájában az anyagot rücskössé teszik. Üzemi nyelven ezt a jelenséget nemesítés közbeni »elégés«-nek hívják. Az elmondottakból tehát világos, hogy az elégési jelenség okát nem annyira az alapötvözet összetételében, hanem sokkal inkább az öntött tuskó nem megfelelő, dúsult szövetében kell keresni. Ezt a hibát csak megfelelő öntési technikával és a tuskó hűlési viszonyainak a megteremtésével lehet kiküszöbölni. Az »elégést« a legmegbízhatóbban a nemesített darabból készített mikrocsiszolatról állapíthatjuk meg. (A felületi rücskösség az »elégést« csak abban az esetben szemlélteti, ha az olvadt eutektikumok a darab felületéig útat tudnak maguknak törni). A megfelelően nemesített *Al-Cu-Mg* ötvözetekben a kiválások élesen elhatárolt, szögletes kristálycsoportok (lásd 12. ábrát) ; ezzel szemben az elégett anyagoknál a kivált kristálycsoportok gömbölyűek, szélük megolvadt (lásd 13. ábrát), erősebb elégésnél pedig az olvadt eutektikumok cseppek alakjában összeállnak, vagy az alapfém kristályhatárain összegyülve, dús, összefüggő kiválások alakjában jelentkeznek (lásd 14. ábrát).

A Dural-típusú ötvözetek viselkedését sokáig csak az *Al-Cu-Mg* terner ötvözet diagrammjában észleltekből magyarázták. A gyakorlatban tapasztalt



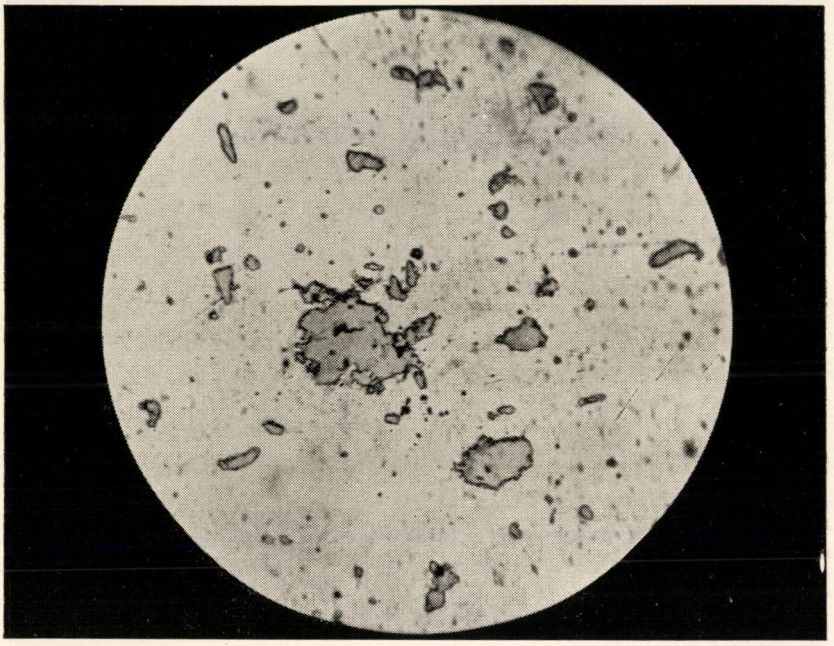
12. ábra Jól hőkezelt *Al-Cu-Mg*-ötvözet szövezete 540× (maratásHF).



13. ábra Kezdődő »elégés« nemesített *Al-Cu-Mg*-ötvözetnél. 540×

hibalehetőségek viszont, amelyek a terner ötvözetek tulajdonságaival nem voltak magyarázhatók, ráirányították a figyelmet az eddig szennyezőként kezelt és ezért figyelmen kívül maradt negyedik ötvöző alkatrész — a silicium — szerepére.

Kezdetben ez az ötvöző az alumínium szennyezőjeként került az anyagba, jelenlétének különösebb fontosságot nem tulajdonítottak. Megváltozott a helyzet akkor, amikor megállapítást nyert, hogy az *Al-Cu-Mg-Si* quaterner rendszerben



14. ábra Nemesítésnél »elégetett« *Al-Cu-Mg* ötvözet szövezete (maratás HF). 540.×

kialakuló összes vegyület közül a Mg_2Si a legállandóbb és ezért az összes lehetőségek közül elsősorban ez a vegyület keletkezik. Tekintettel arra, hogy egy súlyrész *Si* 1,73 súlyrész *Mg*-t köt le, a *Cu* : *Mg* arány kiszámításánál és az ehhez kapcsolódó megfontolásoknál a Mg_2Si keletkezését mindig figyelembe kell venni. Az ötvözet viselkedését ugyanis a *Mg* : *Si* aránya döntő módon befolyásolja, mert a ternér és quaternér-vegyületek keletkezésénél csak az a *Mg* mennyiség játszik szerepet, amely nincs Mg_2Si-ként lekötve.

A quaternér *Al-Cu-Mg-Si* ötvözetek viselkedését a fentiek figyelembevételével kiszámított vegyületek, illetve az általuk alkotott eutektikumok jellemzői határozzák meg. A III. táblázatban az *Al-Cu-Mg-Si* quaternér ötvözetben képződő eutektikumok olvadáspontját, az ötvözetek összetételét és a *Mg* : *Si* arányát állítottuk össze.

III. táblázat

Irod. utal.	Eutektikum	Olvadási hőfok C°-ban	*Cu*%	*Mg*%	*Si*%	*Mg* : *Si*
(2)	$Al+Si$	577	—	—	11.7	—
(8)	$Al+Mg_2Si$	595	—	8.3	4.7	1.73
(8)	$Al+Mg_2Si+Si$	557	—	5.5	14.0	0.39
(8)	$Al+Mg_2Si+Al_3Mg_2$	450	—	33.0	10.0	3.3
(8)	$Al+Cu\ Al_2+Si$	525	26	—	6.0	—
(16)	$Al+CuAl_2+Mg_2Si$.....	517	28	6.0	3.5	1.73
(14)	$Al+Cu_2Al+Cu\ Mg_5Si_4Al_4$ ..	—	—	—	—	1.08
(17, 18)	$Al+CuAl_2+Cu\ Mg_5Si_4Al_4+Si$	520	26	2.0	5.0	0.4
(19)	$Al+CuAl_2+\Theta Si+Si$ ..... Θ = *Al-Cu-Mg-Si* quaternérvegyület.	509	24.7	1.7	8.3	0.2

Az *Al-Cu-Mg-Si* vegyületek keletkezésére vonatkozóan az alábbi szabályok érvényesek (14):

1. Az *Al-Cu-Mg-Si* rendszerben a legállandóbb kétalkotós vegyület a Mg_2Si; az ötvözet *Mg*- és *Si* tartalmából elsősorban ez keletkezik. Egyéb *Mg*- vagy *Si* tartalmú vegyület csak akkor képződhet, ha a lehető legnagyobb mennyiségű Mg_2Si már létrejött.

2. Az alumíniumot is tartalmazó vegyületek közül a négyalkotósak állandóbbak a háromalkotósoknál, ezek pedig a kétalkotósoknál.

A fentiek alapján a Dural típusú ötvözeteket a *Mg* : *Si* arányától függően két nagy csoportba oszthatjuk.

Az első csoportba tartoznak azok az anyagok, amelyeknél a *Mg* : *Si* viszony úgy alakul, hogy a Mg_2Si ötvözet alakulása után is marad tiszta *Al-Cu-Mg* ötvözet képződésére szabad *Mg*. Ez az eset áll fenn, ha a *Mg* : *Si arány 1,73-nál nagyobb*. Azok az ötvözetek, amelyeknél *a Mg* : *Si viszony 1,08-nál kisebb*, a teljes *Mg* tartalom *Cu* $Mg_5Si_4Al_4$ vegyület alakjában lekötődik, a *Si* felesleg pedig alumíniummal külön eutektikumot alkot. Szobahőfokon történő kiválás szempontjából azonban a $CuMg_5Si_4Al_4$ quaternér vegyület ugyanúgy viselkedik, mint az *Al-Cu-Mg* ternér vegyület. Ezért az előbb közölt *Mg* : *Si* arányszámú Duralok nemesítés után szobahőfokon utánkeményednek.

A második csoportba tartoznak azok az anyagok, amelyeknél a *Mg* : *Si* aránya pontosan 1,73. Ebben az esetben az összes *Mg* és *Si* Mg_2Si-dé egyesül, a réz tehát csak alumíniummal vegyülhet $CuAl_2$-vé (14). Ebből a rendszerből hiányoznak az *Al-Cu-Mg* szobahőfokon is kiválasztódó vegyületei, amelyek a Duralok 20°C-on történő hevertetésénél a keményedést előidézik. A pontosan *Mg* : *Si* = 1,73 arányra beállított ötvözetnek — mivel csak Mg_2Si és $CuAl_2$ vegyületet tartalmaz — teljes keményedéshez nemesítés után 130—150°C-on utóhőkezelés szükséges. Amennyiben a *Mg* : *Si* aránya az 1,73-tól eltér *Al-Cu-Mg* tartalmú ternér ötvözetek, illetőleg $CuMg_5Si_4Al_4$ quaternér ötvözetek is keletkeznek, amelyek szobahőfokon történő hevertetésnél az alapanyagból kiválnak. A kiválások mennyisége, az öregedés mérve és sebessége a *Mg* : *Si* aránynak az 1,73-tól való eltérés függvénye.

A különböző ötvözetek legmagasabb hőkezelési hőfokát a legalacsonyabb olvadáspontú eutektikum szabja meg :

a) *Mg* : *Si* arány nagyobb 1.73-nál és *Cu* : (*Mg*—1.75 *Si*) nagyobb 2.61-nél, a legalacsonyabb eutektikus olvadáspont 500° C ;
b) *Mg* : *Si* arány nagyobb 1.73-nál és *Cu* : (*Mg*—1.73 *Si*) = 2.61—0.654-nél a legalacsonyabb eutektikus olvadáspont kb. 490° C ;
c) *Mg* : *Si* arány nagyobb 1.73-nál és *Cu* : (*Mg*—1.73 *Si*) kisebb 0.654-nél, a legalacsonyabb eutektikus olvadáspont 465° C (bizonytalan) ;
d) *Mg* : *Si* arány = 1.73-nál a legalacsonyabb eutektikus olvadáspont *Al-*$CuAl_2$-Mg_2Si 517° C ;
e) *Mg* : *Si* arány kisebb 1.08-nál, a legalacsonyabb eutektikus olvadáspont 520°, esetleg 509° C.

Ezekszerint az *a-c-ig* terjedő ötvözetek nemesítési hőfoka 480—495°C közé esik (a *c* csoportban feltüntetett eutektikum alacsony olvadáspontja ma még bizonytalan). A *d* csoporté — tekintettel arra, hogy a *Mg* : *Si* arány csekély változásával már alacsonyabb olvadáspontú vegyületek is keletkeznek — ne haladja meg a 495°C-t ; az *e* csoportbelieké pedig az 505—510°C-t.

A fent elmondottak alapján látható, hogy a Dural-típusú ötvözetek nemesítési hőfoka és körülményei ma már szinte teljesen tisztázott kérdés. Kivétel még az az eset, amikor $CuMg_4 + Cu_2Mg_2Al_5$ vegyületek képződnek egymás mellett. Lehetséges, hogy ilyenkor, bizonyos százalékos összetétel esetén (*Cu*:*Mg* = 1,70?) felléphet egy alacsony olvadáspontú (kb. 465°C körüli) eutektikum, ami az anyag »elégését« idézheti elő. Ennek a kérdésnek tudományos felderítése és kikísérletezése még nyitva van.

Ezzel szemben a Dural-típusú ötvözetek öregedése, illetőleg az öregedési hőfoknak és körülményeknek az ötvözet összetételéhez való viszonya ma sem lezárt kérdés. Mind azokban az esetekben, ahol a felhasználás szempontjából a Dural ötvözeteknek szobahőfokon történő gyors kikeményedése előnytelen, a *d* típushoz tartozó ötvözetek felhasználása kedvező eredménnyel kecsegtet. Ezeknek az anyagoknak pontos kikeményedési körülménye viszont (összetétel, hőfok, időtartam viszonya) ma még egyértelműen nem ismeretes. Biztonsággal

csak az állapítható meg, hogy az *a*, *b*, *c*, *e* és a *d* típusú ötvözetek kikeményedési körülményei között fokozatok állíthatók elő. A megfelelő arányú összetétel megválasztásával a kikeményedési sebesség (8 naptól—5 óráig), a kikeményedési hőfok (20—150°C-ig) tetszés szerint változtatható, és ezáltal a nemesített, anyag képlékenységét a szobahőfokon is hosszabb ideig megőrizheti.

IRODALOM

1. *Nishimura N.:* Nippon Kinczoku Gakkai-Si. 1937. I. 8.
2. Dr *Domony:* Bányászati és Kohászati Lapok, 1941. XII. 25. 455.
3. *Fowler Thomas:* The Journal of the Institut of Metals 1949. 934—948.
4. *Fuss V.:* Metallographie des Aluminiums und seiner Legierungen. 1934. 183.
5. *v. Zeerleder A.:* Technologie der Leichtmetalle, 1947. 121.
6. *Schenk M.:* Werkstoff Aluminium und seine anodische Oxidation, 1948. 108.
7. *Dr Geleji:* Alumínium Kézikönyv, 1949. 287. l.
8. *Growther I.:* The Journal of the Institute of Metals 1949. Xi. 215.
9. *Phillips A. W. L.:* The Journal of the Institute of Metals 1943. 317.
10. *Kostron H.:* Alumínium Zeitschrift 1942. 209.
11. Dr *Buray:* Doktori disszertáció. 1950. (Alumínium Kutató Intézet).
12. *Davy, B. Phillips A. W. L.:* The Journal of the Institute of Metals 1948. 53.
13. *Little A. T.:* The Journal of the Institute of Metals 1944. 491.
14. *Dr Geleji:* Alumínium Kézikönyv. 1949. 132.
15. *Urazov G.* és *Petrov A.:* Zhur. Fiz. Khim. USSR. 1946. 387.
16. *Mondolfo F.:* Metallography of Aluminium Alloys, 1943.
17. *Petrov A.:* Acta Physicochim USSR. 1937. 505.
18. *Urazov G. G., Pogodin S. A.* és *Zomoruev G. M.:* Mineral Syrie i. Tevet. Metally, 1929. 4. 160. és Izvest Inst. Fiziko Khim Anal. 1931. 5. 157.
19. *Töllner H.:* Aluminium Archiv.

HAZAI GŐZERŐMŰVEK HŰTŐVÍZ PROBLÉMÁI

HELLER LÁSZLÓ

Kondenzációs gőzerőműveknél a hűtés kérdése nemcsak az erőmű helyének kiválasztásánál nagyjelentőségű, hanem a kérdés helyes megoldása komoly mértékben befolyásolja az erőmű gazdaságosságát is. A gőzerőművek munkafolyamatának hatásfokát elsősorban a felső és alsó határ-hőfokok szabják meg. A hatásfok növelésének tehát a legkézenfekvőbb módja a két határérték közötti különbség növelése. Míg azonban a felső határértéknek növelésére a szerkezeti anyagok fejlődésével tág lehetőség nyílik, addig az alsó hőfokot a helyi adottságok határozzák meg. Ilyen adottság például a rendelkezésre álló hűtővíz hőfoka, ez természetesen egyedül megszabja a teoretikusan elérhető alsó hőfokhatárt. Ha ugyanis — elméletileg — végtelen nagyra vennénk a kondenzátorfelületet, akkor a gőz a kondenzátorban oly nyomáson kondenzálódnék, amelyhez tartozó forrpont az elfolyó hűtővíz hőfokának felelne meg. Gyakorlatilag természetesen végtelen nagy kondenzátorfelületet nem alkalmazhatunk, és ezért a kondenzációs hőfok (t_k) általában $3 \div 5$ C°-kal magasabb mint az elfolyó hűtővíz hőfoka (t_{ve}), azaz

$$t_k = t_{ve} + (3 \div 5)$$

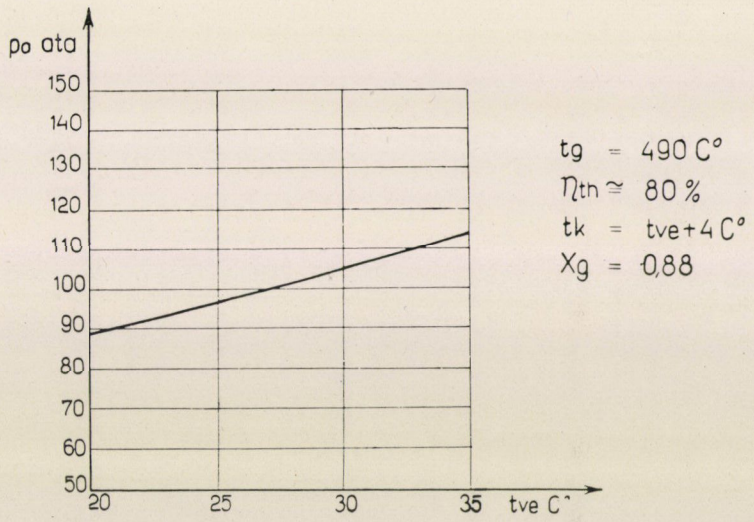
Az elfolyó hűtővíz hőfoka viszont a rendelkezésre álló friss hűtővíz hőfokán(t_{ve}) kívül függvénye még a felhasznált hűtővíz-mennyiségnek. Tekintettel arra, hogy a kondenzálódó gőz által leadott hőmennyiséget nagy átlagban 550 kcal/kg értékkel vehetjük figyelembe, a hőfokok és a felhasznált hűtővízmennyiség egymáshoz való viszonya az alábbi összefüggéssel fejezhető ki :

$$t_{ve} = \frac{550}{M} + t_{va}$$

ahol M a kondenzált gőz-kilogrammonként felhasznált hűtővíz-mennyiséget jelenti.

Amint látjuk tehát, a hűtővíz-mennyiség növelésével mód nyílik ugyan a kondenzációs hőmérséklet csökkentésére, a felírt összefüggések azonban világosan mutatják, hogy még végtelen nagy kondenzátorfelület és végtelen nagy hűtővízmennyiség alkalmazása esetén, még teoretikusan sem érhető el alacsonyabb kondenzációs hőfok, mint a friss hűtővíz hőfoka. Mindenesetre a kondenzátor felületének nagyobbítása javítja az erőmű hatásfokát, mivel azonban a felület növelésével a befektetési költségek is növekszenek, a helyes méretezés a többletinvesztició és az elérhető tüzelőanyag-megtakarítás értékei szembeállításának eredményeként adódik. Ugyanilyen optimum-keresés a helyes hűtővíz-mennyiségnek meghatározása is ; erre később még visszatérünk.

A hűtővíz-kérdés megoldása nemcsak az alsó hőfokhatárt befolyásolja, hanem erősen befolyásolja a turbina előtti gőzállapot meghatározását is. A turbinában expandáló gőz az expanzió után ugyanis már bizonyos nedvességtartalommal érkezik a kondenzátorba, és mivel a nedvességtartalom a turbina utolsó lapátsorait veszélyezteti, feltétlenül gondoskodni kell arról, hogy a turbinát elhagyó gőz nedvességtartalma egy még elviselhető érték felé ne emelkedjék. Bár a turbinagyárak gyakran hangoztatják különböző konstrukcióiknak nedvességet leválasztó hatását, mégis a kötelező gondosság megkívánja, hogy



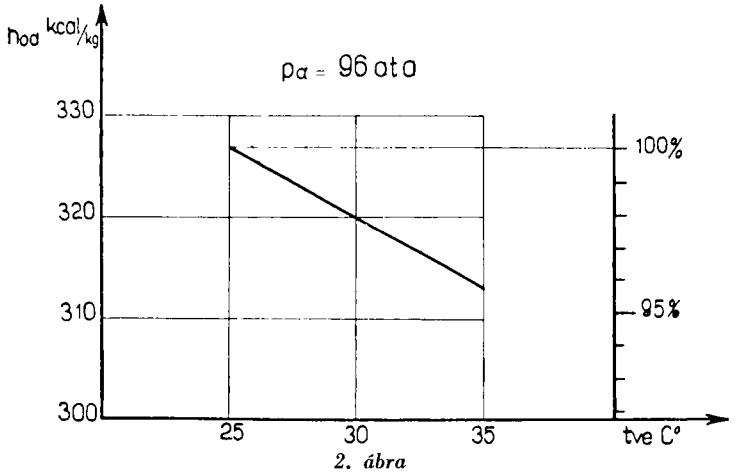
1. ábra

a körfolyamat olyképpen terveztessék, hogy a gőz nedvességtartalma az expanzió végén a 10—12 százalékot ne haladja meg. Ahhoz, hogy ennek a követelménynek megfeleljünk, figyelembe kell vennünk a szükségképpen adódó kezdeti gőz-állapotot is. Adott frissgőzhőfok, valamint az expanziónak ugyancsak adott termodinamikai hatásfoka mellett ugyanis a gőz nedvességtartalma az expanzió végén egy- idejűleg függvénye mind a kondenzációs hőmérsékletnek, mind az alkalmazott kezdő-nyomásnak. Ha tehát a hűtővíz-viszonyokkal a kondenzációs nyomás már adva van, akkor a kezdeti gőzállapot nem választható többé szabadon, hanem csakis a kondenzációs hőmérséklet függvényeképpen. (Természetesen fentiek annak feltételezésén alapulnak, hogy a kör, folyamatban közbenső túlhevítés alkalmazása, egyéb adottságok következtében nem jön számításba.)

Az 1. ábra a kondenzációs erőművekben alkalmazható legmagasabb kezdőgőznyomást ábrázolja az elfolyó hűtővíz hőfoka függvényeként, annak a követelménynek eleget téve, hogy a kondenzálódó gőz nedvességtartalma a 12 százalékot

($x_g = 0{,}88$) nem haladja meg. (A görbe 490° C frissgőz-hőfokra vonatkozik, a turbinának 80% termodinamikai hatásfoka mellett.)

Mint látjuk, minél jobbak a hűtővíz-viszonyok, annál kisebb az alkalmazható legnagyobb gőznyomás ; ez természetes, mert minél nagyobb a hőesés, annál inkább van meg a lehetősége annak, hogy a gőz túl nagy nedvességtartalommal érkezik a kondenzátorba. A hűtővízviszonyok rosszabbodásával az alkalmazható legnagyobb gőznyomás viszont növekszik. Itt tehát a kondenzációs viszonyok romlását, ha szerény mértékben is, az alkalmazható gőznyomás növelésével tudjuk némileg kompenzálni. Ez a körülmény a később következő rentabilitási számításoknál szintén mindig figyelembe veendő.



2. ábra

A diagramm egyébként világosan mutatja, hogy 110—120 atm. kezdőnyomás fölé, tisztán kondenzációs erőműveknél, az adott viszonyok mellett, még hűtőtorony alkalmazása esetén sem mehetünk, és ilyen esetekben a nyomásfokozás közbenső túlhevítés alkalmazása nélkül már nem valósítható meg.

A 2. ábra, egy már az 1. ábra szerint megállapított kezdő állapotra vonatkoztatva mutatja az adiabatikus hőesés csökkenését, emelkedő hűtővíz-hőfok esetén. A diagramm azt a példa szerinti esetet ábrázolja, amikor a 25°C elfolyó hűtővíz hőmérsékletnek megfelelően 96 ata kezdő nyomást választottunk. Mint látjuk tehát, a már meghatározott kezdő nyomás esetén, ha az elfolyó hűtővíz hőfoka a számítások alapjául vett 25°C-ról 35°C-ra emelkedik, akkor az adiabatikus hőesés és ezzel a telep teljesítőképessége 4,3 százalékkal csökken.

Vízhűtés alkalmazása esetén a legegyszerűbb megoldást az az eset adja, amikor az erőmű mellett megfelelő mennyiségű folyóvíz áll rendelkezésre. A helyes hűtővíz-mennyiség megállapítása egyszerű rentabilitási számítás kérdése, amennyiben szembeállítandó az alacsonyabb kondenzátor-nyomás következtében megnövekedett turbina-teljesítmény a nagyobb hűtővízmennyiség szállítása következtében megnövekedett szivattyúmunkával.

Természetesen figyelembe veendők a hűtővíz-mennyiség megnövelésével kapcsolatos többletinveszticiók is. (Nagyobb szivattyúegységek, csővezetékek, szűrőberendezés stb.)

Lényegében tehát ez a rentabilitási számítás ugyancsak egy optimum-keresés, melyre később a hűtőtornyok tárgyalásánál részletesebben visszatérek. Folyóvíz-hűtés esetén egyébként elegendő a víznek mechanikai úton való tisztítása, a vegyi előkészítés általában mellőzhető.

Hűtőtorony

Ha az erőmű közelében megfelelő mennyiségű hűtővíz nem áll rendelkezésre, akkor hűtőtornyok alkalmazása válik szükségessé.

Hűtőtornyok méretezésénél általában oly előírást alkalmaznak, hogy a hűtőtorony +15°C külső levegő hőmérséklet mellett, a levegőnek 70% relatív nedvességénél, a hűtővizet 35°C-ról 27°C-ra hűtse vissza. Ennél az előírásnál a hűtővíz a lecsapandó gőzmennyiségnek kereken hetvenszereseként adódik.

Természetesen minden esetben megvizsgálandó, hogy az előbbi sablonos előírásoktól mily mértékben érdemes eltérni, akár a visszahűtött víz hőfokának csökkentésével, akár a keringetett hűtővíz-mennyiségnek megnövelésével. Míg ugyanis a hűtővíz hőfokának csökkentése és mennyiségének növelése egyik oldalon csökkenti az erőmű tüzelőanyag fogyasztását, addig a hűtőtorony megnövelésével kapcsolatos többlet-invesztició a nagyobb szivattyúmunka és a nagyobb pótvíz-mennyiség (a nagyobb fröcskendezési veszteség következtében) viszont növeli az önköltséget. A helyes megoldást tehát ezen ellentétes tényezők szembeállításával nyerhetjük. A probléma tehát egy optimum-keresés, az ellenkező hatású tényezők figyelembevételével; ezt az alábbi példa keretében világíthatjuk meg.:

Tételezzük fel, hogy G kg kondenzálandó gőzmennyiség esetén, Ho m³/ó hűtővízmennyiség keringetésénél, N kW turbina-teljesítményt nyerünk. Ugyanakkkor a hűtővíz-szivattyúk által felvett teljesítmény Nsz kW.

Ha ez esetben a hűtővíz-mennyiséget Ho értékről például H értékre növeljük, akkor mind a turbina-teljesítmény, mind a szivattyú-teljesítmény megnövekszik a hűtővíz-mennyiség megnövekedésének függvényeképpen, azaz

$$\triangle N = f_1\ (H—H_0)$$

$$\triangle N_{sz} = f_2\ (H—H_0)$$

Legyen az erőműnek ily módon megnövelt teljesítménye az eredeti teljesítmény százalékában »a«, akkor

$$a = \frac{\triangle N — \triangle N_{sz}}{N} . 100\ \%$$

Ugyanakkor, ha »q«-val jelöljük azt az összeget, mellyel 1% tüzelőanyag

megtakarítása céljából az erőmű inveszticiós költségeit növelhetjük (ez az érték a tervezés kezdetén mindenképpen, egyébként is megállapítandó), akkor

$$A = a \cdot q \ ,$$

ha »A«-val jelöljük azt az összeget, melyet a hűtővízmennyiség megnövelése következtében beálló tüzelőanyagmegtakarítás érdekében befektethetünk. Ezek szerint tehát:

$$A = f(a)$$

$$= f\left(\frac{\triangle N - \triangle N_{sz}}{N}\right)$$

$$= f\left(\frac{f_1(H - H_0) - f_2(H - H_0)}{N}\right)$$

Ugyanekkor a hűtővízmennyiségnek növelésével megnövekszik a hűtőtorony-üzemnek létesítési költsége is. Miután ez a többletköltség, melyet »B«-vel jelölünk, ugyancsak a vízmennyiség növelésének függvénye, az alábbi összefüggést írhatjuk fel:

$$B = f_3\ (H - H_0)$$

Mindaddig tehát míg

$$A > B$$

a hűtővízmennyiség növelésével az üzem gazdaságosságát növeljük. A megtakarítás mértékét tehát az

$$A - B$$

érték adja meg.

A fentebb felírt összefüggéseket követve az

$$A - B = f\left(\frac{f_1(H - H_0) - f_2(H - H_0)}{N}\right) - f_3(H - H_0)$$

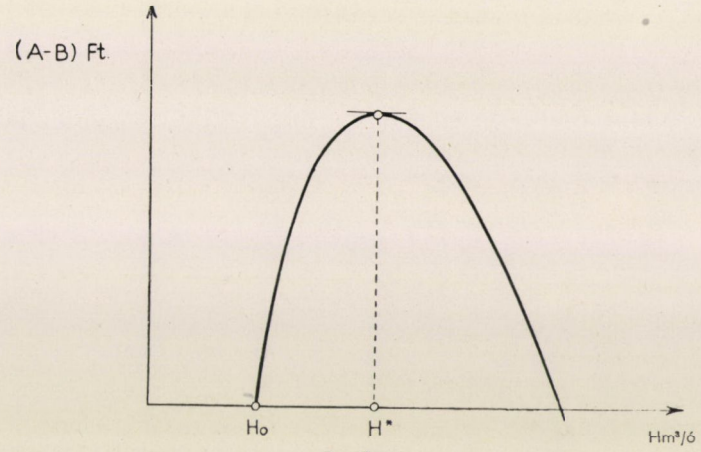
függvényt nyerjük a hűtővízmennyiség növelésével elérhető tényleges megtakarítás meghatározására.

Ennek a függvénynek — mint a 3. ábra mutatja — a két nullpont között egy maximuma van. A hűtővízmennyiség növelését tehát csak eddig az optimális pontig érdemes fokozni, mivel ezen ponton túl a vízmennyiség fokozásával járó eredmény csak kisebbedik.

Az erőmű tervezésénél tehát a helyes hűtővízmennyiség meghatározása céljából meg kell állapítani egy bizonyos sablonos hűtővízmennyiségnél (3. ábrán: H_0) a hűtőtorony-üzem költségeit, majd fel kell rajzolni e pontból kiindulóan az (A—B) függvényt, és e függvény maximális (A—B) értékénél adódó hűtővízmennyiség (H^*) adja az optimális értéket, amelyre a berendezést méretezni kell.

Hasonló módon megvizsgálandó, hogy a visszahűtött víznek sablonos hőfokát (27°C) meddig érdemes csökkenteni. Ez az eljárás, hasonlóan a helyes hűtővízmennyiség megállapításához, ugyancsak egy optimun-keresés, mivel a hűtővíz-hőfok csökkentésével jelentkező megtakarítással szemben a hűtőtorony üzemköltségeinek megnövekedése áll fenn.

Mindkét számításnál természetesen figyelembe veendők a várható terhelési viszonyok is, mivel a számításoknak a megfelelő átlag-értékekre kell vonatkozniok. A kisebb terhelések figyelembevételével különös gond fordítandó még az 1. és 2. ábrában felsorolt összefüggésekre is, mivel a gőz végső nedvességtartal-



3. ábra

mának a kisebb terhelések esetén sem szabad az előírt mértéket huzamosan meghaladnia. Állandó hűtővíz-mennyiség esetén ugyanis, ha a terhelés csökken, a kondenzátor-nyomás is kisebb lesz. Ennek következtében a hőesés megnövekszik és azzal természetesen a gőz nedvességtartalma is. Itt mindenesetre megvizsgálandó mindig a terhelés csökkenésével egyidejűleg fellépő turbina-hatásfokromlás is, s ez viszont a gőz végső nedvességtartalmát csökkenti.

A hűtőtorony-üzem pótvíz-szükséglete (G_0) a lecsapandó gőzmennyiség, a keringő hűtővíz-mennyiség és a pótvíz sótartalmának függvényeképpen adódik, mégpedig az alábbi összefüggés szerint:

$$G_0 = G' + G'' + G_e$$

ahol G' az elpárolgott vízmennyiséget,

G'' a fröcskendezési veszteséget,

G_e a besűrűsödés meggátlása céljából a medencéből folyamatosan leeresztendő mennyiséget jelenti. G' a lecsapandó gőzmennyiséggel egyenlő, G'' általában a keringetett teljes hűtővízmennyiség 0,5—0,7 százalékára veendő, míg G_e a megengedett vízsűrűség és a friss pótvíz sűrűségének megfelelően állapítandó meg.

A hűtőtorony-üzemeknél egyébként ajánlatos a pótvizet mechanikai tisztításon kívül kémiai előkészítésnek is alávetni. Ezzel az intézkedéssel részben a kondenzátorcsöveknek gyakori tisztítását tesszük elkerülhetővé, részben pedig a hűtőtoronyból leeresztendő vízmennyiséget (G_e) tarthatjuk alacsony értéken; ezzel természetesen a friss pótvízmennyiség is csökken.

Hűtőtó

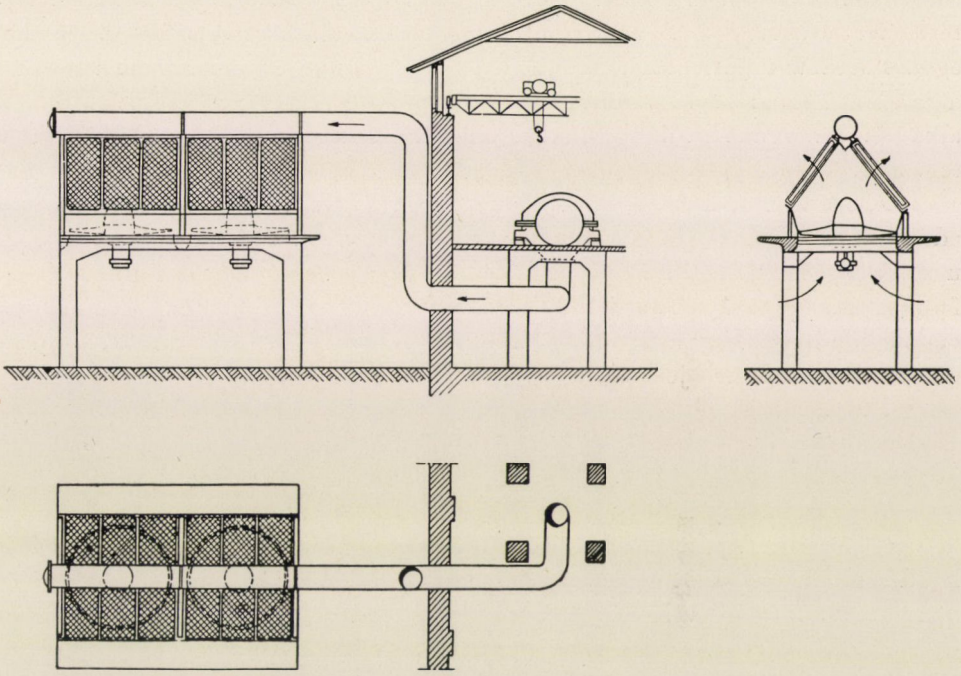
Adott esetekben a hűtőtorony alkalmazásánál gazdaságosabbnak mutatkozhatik a keringő hűtővíz visszahűtésére megfelelő hűtőtó létesítése. Ez az eljárás termikus hatásában lényegében egyezik a hűtőtorony-üzemmel, mivel a hűtővíz által a kondenzátorban felvett melegmennyiséget, párolgás útján, a külső levegővel vezetjük el. Míg azonban a hűtőtoronynál a szükséges nagy párolgófelületet a víznek mechanikus porlasztásával érjük el, addig a hűtőtónál a szükséges párolgási felületet magának a tónak vízfelülete adja. Tekintettel a szükséges igen nagy párolgó-felületre, a hűtőtó alkalmazása csak akkor lehet gazdaságosabb a hűtőtoronyénál, ha különleges helyi adottságok megfelelő hűtőtó létesítését aránylag könnyebb eszközökkel lehetővé teszik. Egyébként azonos körülmények között előnye a hűtőtónak, hogy a fröcskendezési veszteségek elmaradása folytán a szükséges pótvíz-mennyiség kisebb, mint a hűtőtorony-üzemeknél.

Levegő-kondenzáció

A gyakorlatban eddig a kondenzációnál kizárólag vízhűtést alkalmaztak; ez azt jelentette, hogy az erőművek helyének megválasztásánál mindenekelőtt a víz-viszonyokat kellett figyelembe venni. Erőműveket tehát vagy folyóvizek vagy tavak mentén vagy legalábbis olyan helyen létesítettek, ahol a hűtőtavas, vagy hűtőtornyos üzemhez szükséges pótvíz-mennyiség rendelkezésre állott. Ez a körülmény azután sokszor megakadályozta, hogy erőműveket az egyéb szempontoktól függően kedvezőbb helyekre telepíthessünk. Így például, ha a tüzelőanyag lelőhelyén — ha a termelt villamos-energiát az ottlevő fogyasztók kiszolgálására fejlesztették volna is — megfelelő vízmennyiség nem állt rendelkezésre, kénytelenek voltak az erőművet egy távolabbi helyen felállítani, ahol megfelelő vízmennyiség rendelkezésre állott. Ilyen esetekben tehát mind a tüzelőanyagot, mind az elektromos áramot szállítani kellett, csupán azért, mert a tüzelőanyag lelőhelyén — mely egyszersmind a termelt áram felhasználási helye is — nem állt rendelkezésre megfelelő mennyiségű hűtővíz. Miután például egy 50 000 kW teljesítményhez ca 3—400 m^3/ó pótvízmennyiség szükséges, nagyon sokszor látjuk, hogy éppen bányavidékeken vízhiány következtében nem voltak komoly teljesítményű erőművek építhetők.

Mivel hűtőtornyos üzemeknél is a kondenzációnál felszabadult melegmennyiségeket — ha a hűtővíz közbeiktatásával is — végül a külső levegő viszi el, kézenfekvő a gondolat, hogy — a víznek, mint közvetítő médiumnak ki-

kapcsolásával — közvetlenül a levegőnek adjuk át a kondenzálódó gőz melegét. A feladat tehát az, hogy a kondenzátorokat közvetlen levegő-hűtéssel tartsuk üzemben. Ez a feladat sokáig megoldhatatlannak látszott. Az első nagy akadály volt a megfelelő hőátadó-berendezés hiánya. A levegőoldali rossz hőátadás sokáig valóban lehetetlenné tette a közvetlen levegővel való kondenzálás gondolatát. A legutóbbi időkben azonban olyan konstrukciókat alakítottak ki, melyek



4. ábra

teljesítménye lehetővé teszi a levegő-kondenzációnak egész nagy egységeknél való alkalmazását is. 1939-ben Németországban egy szénbánya telepen felállításra is került az első levegőkondenzációs telep, óránként ca 5.000 kg gőzmennyiségnek kondenzálására.[1] Ez a berendezés valóra is váltotta a hozzá fűzött reményeket, és gyakorlatilag igazolta a levegőkondenzáció használhatóságát. Ez a berendezés (4. ábra) azonban csak az első primitív formája a levegőkondenzációs rendszernek, és a későbbiekben leírt, általam javasolt rendszer alkalmas arra, hogy az ott még megnyilvánuló hátrányokat is eltüntesse.

A németországi telep, mint azt a 4. ábrából látjuk, egyszerűen azt a megoldást választotta, hogy a turbinát elhagyó gőzmennyiséget csővezetéken a szabadban felállított kondenzátorba vezetik, és mesterségesen mozgatott levegővel viszik el a felszabaduló melegmennyiséget.

[1] Archiv. f. Wärmewirtschaft, 1941. 12. sz.

Ennek a rendszernek első szembetűnő hátránya a szükségelt igen nagy méretű és hosszú csővezeték a turbina kilépő csonkja és az udvaron felállított kondenzátor között.

A használatos kondenzátor-nyomásokon a gőz fajlagos térfogata ugyanis annyira megnő, hogy nagyobb nyomás-veszteségek már csak igen nagy méretű csővezetékek alkalmazásával kerülhetők el. Egy 50 000 kW teljesítményű turbinához ca 0,05 ata kondenzátor-nyomás esetén (kétirányú áramlást feltételezve) például már 2 db legalább 4 mΦ csővezetékre volna szükség. De még egy 20 000 kW teljesítményűnél is legalább egy 3,5 mΦ csövön kellene a gőzöket a kondenzátorhoz vezetni. Mint látjuk, ezek már olyan nagy méretek, melyeknek alkalmazása gyakorlatilag csaknem megoldhatatlan probléma elé állítja a tervezőt.

A másik hátránya a rendszernek, hogy hatalmas kondenzátorfelületek adódnak, melyekhez még a rendkívül nagy méretű fáradtgőz-vezetékeknek ugyancsak jelentékeny felülete járul, és így az esetleges meghibásodási helyek felkutatása súlyos feladatot jelent. Ez a körülmény annál inkább jelent komoly veszélyt, mivel az egy aránylag kis korróziós lyukon át betörő levegő a kondenzátor-nyomást már jelentékenyen megnövelheti.

Fenti hátrányok kiküszöbölésére, és hogy a levegő-kondenzációt nagy telepek részére is alkalmazhassuk, az 5. ábrában sematikusan ábrázolt rendszert javasoltam.

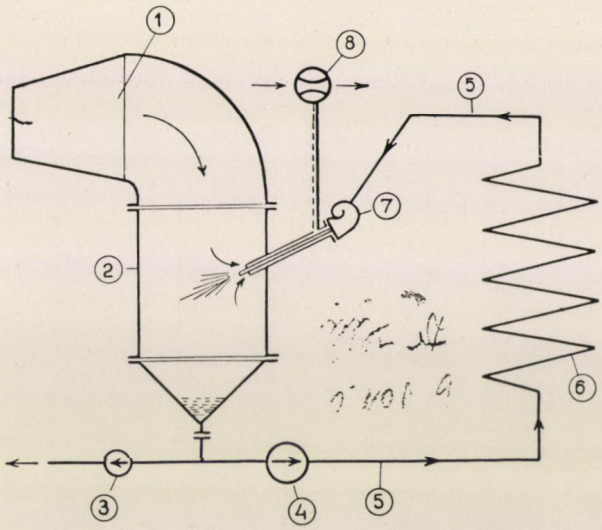
A javasolt rendszer lényege, hogy a turbina után felületi kondenzátor helyett befecskendezéses kondenzátort alkalmazunk, és a hűtővíznek a képződött kondenzátummal alkotott keverékét vezetjük ki a szabadban elhelyezett és közvetlenül levegővel hűtött hőkicserélő berendezésbe. Ezzel a megoldással eltűnik a német rendszernek az a hátránya, hogy rendkívül nagy méretű vezetékeken kell a fáradtgőzt a gépházból a szabadban elhelyezett kondenzátorhoz vezetni. Az ily módon keringetett hűtővíz-mennyiség ugyanis nem kíván nagyobb csővezetéket, mint a hűtőtornyos üzemeknél alkalmazott hűtővíz-vezetékek, és így gyakorlatilag elfogadható vezetékméretekhez jutunk. Ha ugyanakkor a hűtővíz vezetékben, közvetlenül a befecskendezéses kondenzátor előtt, megfelelő fojtást alkalmazunk, akkor elérhető, hogy a hőkicserélőrendszerben az atmoszférát valamivel meghaladó nyomás uralkodjék.

Ezzel a másik nagy hátrányát küszöböltük ki a német rendszernek. Esetleges meghibásodás esetén ugyanis a képződött lyukon a nyomás alatt álló víz erős sugárban tör ki, és azonnal mutatja a hiba helyét. Ugyanakkor a túlnyomás megakadályozza, hogy a meghibásodási helyen levegő kerülhessen a kondenzátorba, és a kondenzátor-nyomást lerontsa.

Nagyobb teljesítményű gőzerőtelepeknél eddig kizárólag csak felületi kondenzátorokat alkalmaztak. A lényegesen egyszerűbb és olcsóbb befecskendezéses kondenzátort csupán kisnyomású dugattyús gőzgépeknél alkalmazták. Ennek oka abban rejlett, hogy az eddig alkalmazott módszernél, részben a

kondenzátum — a befecskendezett hűtővízzel keveredve — nagyteljesítményű és főleg nagynyomású gőzkazánok esetén nem alkalmazható többé kazántáplálásra, részben pedig a nagymennyiségű friss hűtővíz oly mennyiségű levegőt juttat a konderzátorba, hogy annak eltávolítása magas vakuumnál már súlyos problémát jelent.

Ez a két hátrány azonban az általam javasolt rendszernél azonnal eltűnik. Itt ugyanis a hűtővíz teljesen zárt rendszerben kering, és így a rendszert, már az



S.sz.	JELMAGYARÁZAT
1	Gőzturbina
2	Befecskendezéses kondenzátor
3	Kazán tápszivattyú
4	Hűtővízszivattyú
5	« nyomóvezeték
6	Levegő-víz hőkicserélő
7	Vízturbina
8	Légszivattyú

5. ábra

első feltöltésnél, kazántáplálásra előkészített minőségű vízzel tölthetjük fel. A keveredés tehát nem rontja el a kondenzátumot, a zárt rendszer alkalmazása viszont megakadályozza a külső levegő behatolását.

A berendezés működését egyébként az 5. ábra mutatja. A befecskendezéses kondenzátorban képződött keveréknek megfelelő részét a tápszivattyú a kazánba, a hűtővíz-szivattyú pedig a szabadban elhelyezett, levegővel hűtött, kondenzátorba nyomja. Közvetlenül a befecskendezéses kondenzátor előtt van az a fojtás beépítve, amely biztosítja, hogy a levegővel érintkező hőkicserélőben a belső víznyomás az atmoszférikus nyomást mindig meghaladja (nagyobb teljesítmények esetén a fojtás helyett egy vízturbina is alkalmazható, ebben az esetben a szivattyúmunkának egy része visszanyerhető). A levegő elszívás a kondenzátorból befecskendezéses rendszernél könnyebben és biztosabban oldható meg, mint a felületi kondenzátorok alkalmazása esetén.

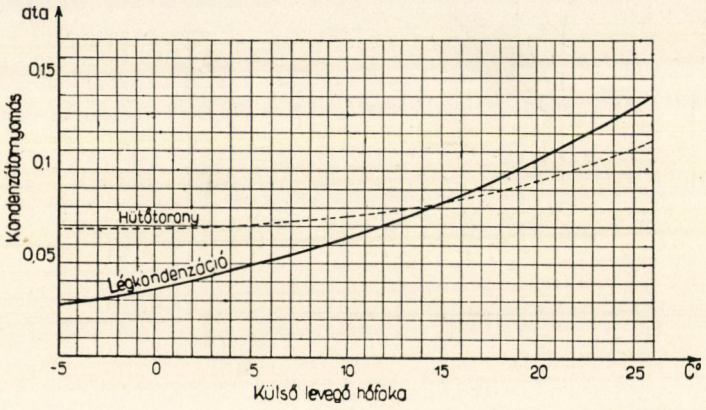
A légkondenzációs rendszer mindenképpen versenyen kívül oldja meg a problémát, ha az erőművet olyan helyen kell — egyéb gazdaságossági szempontok miatt — felállítani, ahol még a hűtőtornyos üzemhez szükséges pótvíz-

mennyiség sem áll rendelkezésre. Ha a vízhiány esete nem is forog fenn, a különböző, gyakorlati esetekben végzett gazdaságossági számítások mégis azt mutatják, hogy a légkondenzációs rendszer alkalmazása még ilyen esetekben is jelentős előnyöket biztosíthat.

A rentabilitási számítások végzésénél egyébként a légkondenzációs rendszernek a hűtőtornyos rendszerrel szemben mutatkozó alábbi előnyei veendők figyelembe:

1. A hűtővíz tisztításához és kémiai előkészítéséhez szükséges berendezések, valamint az ezzel járó üzemköltségek elmaradnak.

2. A kondenzátorcsöveknek tömítetlensége következtében előforduló hűtővíz-betörés és ezzel a kazán tápvíz elszennyeződése nem fordulhat elő.



6. ábra

Különösen nagy jelentősége van ennek a körülménynek a korszerű, nagynyomású üzemeknél.

3. A kondenzátorcsövek gyakori tisztítása, valamint az azok következtében szükségessé váló csőcserék elmaradnak.

4. Mivel a hűtővíz visszahűtése felületi hőkicserélő útján történik, a külső levegő hőfokának csökkenésével a kondenzátor-nyomás is csökken, és így az elért nagyobb vakuum következtében a turbina teljesítőképessége is növekszik. Míg tehát a hűtőtornyos üzemnél a hűtővíz hőfoka egy bizonyos határérték alá (rendszerint 20—22 °C) még a hidegebb téli napokon sem csökken, addig a légkondenzációs rendszernél az alacsony külső hőfok a vakuum további növelését teszi lehetővé.

A 6. ábra a kondenzátor-nyomást mutatja a külső levegőhőmérséklet függvényeképpen a két rendszernél abban az esetben, ha a normál teljesítmény mindkét esetben +15 °C külső levegőhőfoknál irányoztatott elő. Mint látjuk, míg +10 °C után a külső levegőhőfok hűtőtornyos üzemnél már alig befolyásolja

a vakuumot, addig a légkondenzációs rendszernél a kondenzátor-nyomás a külső levegő hőfokának csökkenésével csaknem arányosan csökken. Bár a nyári időszakban a helyzet fordított, a légkondenzációs rendszer ennél a pontnál is előnyösebbnek mutatkozik, mivel az erőművek terhelése általában nyáron alacsonyabb, a téli időszakban viszont jelentékenyen megnövekszik. A téli hideg teljes mérvű kihasználásának természetesen gátat vet a turbina határvakuum-értéke ; ennek jelentőségére később még visszatérünk.

Természetesen a felsorolt előnyök vizsgálatára szükség sincs abban az esetben, ha az erőműnek egyéb gazdaságossági szempontoktól meghatározott felállítási helyén a szükséges pótvíz-mennyiség nem áll rendelkezésre és így, mint a víztől teljesen független rendszernek, csak a légkondenzációs rendszernek alkalmazása jöhet számításba.

A légkondenzációs-rendszernek gazdaságos megvalósítását a Magyarországon kifejlesztett »Thermocell« rendszerű hőkicserélő készülékek teszik elsősorban lehetővé, ezeknek hőátadási tényezői — kis légellenállás mellett — az eddigi értékek hat-nyolcszorosát adják. Lényegük, hogy a levegő áramlási irányában mért hosszuk elenyészően kicsi (ca 1,5 mm), és így a fűtőfelület mentén nem alakulhat ki nagy vastagságú, a hőátadó felülethez tapadó szigetelő határréteg, mely a hőátadást lerontja.

Tekintettel a nagymennyiségű és nagyteljesítményű ventilátorokkal mozgatott levegőre, valamint arra, hogy a rendszerint igen jelentős kiterjedésű hőkicserélő berendezést a Thermocell-rendszerű felületek elemeiből rakjuk össze, az adódó összellenállások, a ventilátorok teljesítménye és nagysága a teljes berendezés felépítésénél olyképpen veendők figyelembe, hogy együttes hatásuk az optimális gazdaságosságot biztosítsa.

Rentabilitási számításoknál akár a légkondenzációs rendszernek a hűtőtornyos üzemmel való összehasonlítását végezzük, akár a különböző hőfokkülönbségekre méretezett légkondenzátorokat hasonlítjuk össze, hogy megállapíthassuk milyen megtakarítások érhetők el egyik esetben a másikkal szemben és, hogy ezek a megtakarítások a szükséges reáfordításokkal együtt az optimumot adják, az alábbi kérdéseket kell mindig megvizsgálnunk :

a) A turbina gőzfogyasztásának változása a vakuummal.

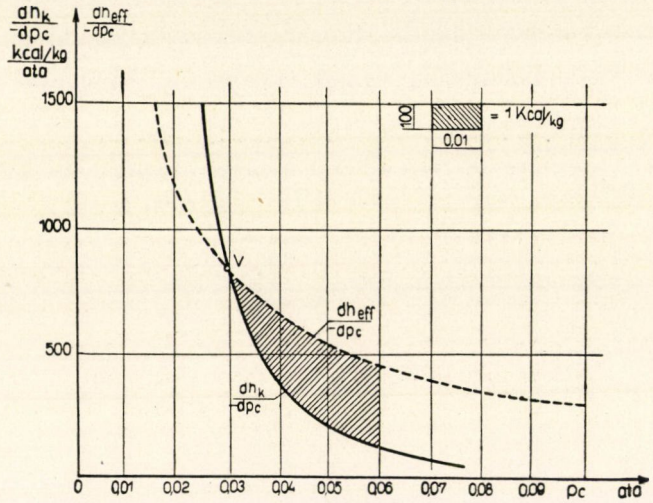
b) A vakuum változása a külső levegő hőmérsékletével és relatív nedvességtartalmával. Az évi átlagban elérhető gőzfogyasztás, az időjárás függvényeképpen.

c) A légkondenzációs berendezés árának, erőszükségletének és méreteinek változása az elérhető megtakarítással ; a cirkuláltatott víz- és levegőmennyiség megválasztásának, valamint a ventilátorok méretezésének ezekre való befolyása.

A turbinák gőzfogyasztása a növekvő vakuummal állandóan csökken. Bár, mint azt a 6. ábrából látjuk, a vakuum a csökkenő levegő hőmérséklettel állandóan növekszik, az összehasonlító számításoknál teljesen elhibázott lenne az

évi átlagos levegőhőmérsékletnél adódó vakuummal, illetve gőzfogyasztással számolni. A vakuum növelése gőzturbináknál ugyanis csak az u. n. »határvakuumig« eszközölhető gazdaságosan, mivel a vakuumnak e határértéken felül való további növelése már nem csökkenti, hanem növeli a turbina gőzfogyasztását.[1]

Egy bizonyos adott turbinánál a vakuum növelése természetesen növeli az adiabatikus hőesést, és ezzel, azonos gőzmennyiség feldolgozása mellett, a teljesítményt. A nagyobb vakuumnál azonban a gőz fajlagos térfogata is megnövekszik, és így nagyobb lesz a kilépő gőz sebessége és ezzel a kilépési veszteség. Míg tehát a vakuum növekedése egyrészt növeli a hőesést, és ezzel az adott gőzmennyiséggel elérhető teljesítményt, másrészt növeli a kilépési veszteséget is, és ezzel viszont csökkenti a teljesítményt.



7. ábra

Ha

h_{eff} a tényleges hőesést,
h_k a kilépési veszteséget és
p_c a nyomást az utolsó kerék után

jelenti, akkor a határvakuumot meghatározó egyenletként a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$\frac{dh_k}{-dp_c} = \frac{dh_{eff}}{-dp_c}$$

A tényleges hőesés (h_{eff}) a kondenzátornyomás függvényeképpen, a turbina

[1] Lásd még: *H. Bollier:* Untersuchungen über Vakuumausnützung von Kondensations-Dampfturbinen. Escher Wyss: Forschung an Turbomaschinen.

termodinamikai hatásfokát figyelembevéve, az entropia-diagrammból minden további nélkül megszerkeszthető, valamint abból a kondenzátornyomásra vonatkoztatott differenciál-hányados $\left(\frac{dh_{eff}}{-dp_c}\right)$ értéke is.

Adott gőzmennyiségnél, a turbina utolsó futókerekének adatait figyelembevéve, a gőznek egy átlagos nedvességtartalmát számítva, ugyancsak felrajzolható a kilépési veszteség (h_k) értéke is a kondenzátornyomás változásának függvényeképpen. Ebből a görbéből minden további nélkül ugyancsak megszerkeszthető a differenciálhányados $\left(\frac{dh_k}{-dp_c}\right)$ értéke is.

Ha a két differenciálhányados függvényét ugyanabban a diagrammban ábrázoljuk (lásd 7. ábra), akkor a két görbe metszéspontja (V) adja a szóbanforgó turbina határvakuum értékét. Mint a diagrammból látható, ha e határérték alá csökkentenénk a kondenzátornyomást, akkor a kilépési veszteség már meghaladná a nagyobb hőesés okozta nyereséget. A példaképpen ábrázolt turbinánál a sraffozott felület ábrázolja azt az energianyereséget, amit akkor érünk el, ha a vakuunmot pl. 0,06 ata nyomásról a határ-vakuum értékig (0,0297 ata) növeljük.

Akkor tehát, amikor a hűtőtornyos üzemmel való összehasonlítást végezzük, a vakuumnak a külső levegőhőmérsékletnek függvényeképpen a 6. ábra szerinti változását csak addig vehetjük figyelembe, míg az a szóbanforgó turbinának a határ-vakuum értékét meg nem haladja. A számításokat természetesen az év folyamán előforduló különböző terhelésviszonyokat figyelembevéve kell elvégezni. A határ-vakuum értékeként ugyanis egy adott turbinánál a különböző terheléseknél más és más értéket nyerünk.

A külső levegő-hőfok változásának, illetve az egyes hőfokok gyakoriságának valamint a turbina várható terhelés-viszonyainak figyelembevételével, a fent leírt módon azután megállapíthatjuk, hogy milyen megtakarítások érhetők el a gőzfogyasztásban az egyik rendszernek a másikkal szemben való alkalmazásánál.

Döntő tényező végül az egyes berendezések költsége is. Ezt a tényezőt megint erősen befolyásolja a cirkuláltatott víz- és levegőmennyiségek megválasztása, valamint a ventilátorok méretezése. A probléma megoldásához itt is az optimum-keresés útján jutunk el. Nagyobb szivattyú- és ventilátorteljesítményekkel természetesen csökkennek ugyan a méretek, de növekszik viszont az energiafogyasztás. Az optimum-keresés ennél a pontnál újra egybejátszik a vakuum növelésénél folytatott optimum-kereséssel. Előfordulhat tehát, hogy a berendezés árának leszorítása érdekében a szivattyú- és ventilátorteljesítmények oly mértékben növekszenek meg, hogy esetleg a nagyobb vakuumok következtében elért gőzmegtakarítást újra eltüntetik.

Végül is tehát mindent egybevetve, az összehasonlításnál megállapítandók a berendezések költségei, a szivattyúknak, illetve ventilátoroknak az azoknál adódó energiafogyasztásai, valamint az egyik rendszernél a másikkal szemben elérhető energiamegtakarítás. Az ilymódon elvégzett gondos rentabilitási számítások azután lehetővé teszik a megfelelő rendszernek kiválasztását. Összehasonlításra azonban természetesen csak akkor kerülhet egyáltalán sor, ha a hűtőtornyos üzemhez szükséges vízmennyiség rendelkezésre áll, ellenkező esetben egyedül a légkondenzációs rendszer kerülhet csak alkalmazásra.

MALMI HENGERSZÉK TELJESÍTŐKÉPESSÉGÉNEK KISZÁMÍTÁSA

RADA ISTVÁN TAMÁS

1. A töretö hengerszék munkája.

A töretö hengerszék munkavégző szerszáma két, egyenlő átmérőjű és hosszúságú henger, amelyeknek tengelye párhuzamos, s a két henger tengelye közötti távolság változtatható. A hengerekre egyforma sűrűségben rovátkák vannak bevágva. A rovátkákat alkotó lapok metszésvonala nem esik egybe a hengeralkotóval, hanem hegyesszöget zár be vele. (A hajlásszög tangensével szokás jellemezni a rovátka elcsavarodást.)

A rovátka alakját két-két sík hajlásszöge határozza meg. Az egyik sík — rovátkát alkotó — rovátkalap metszésvonalán és a henger geometriai tengelyén átfektetett fősík, míg a másik sík a rovátka hátsó, illetve a rovátka elülső lapja. E két hajlásszög nem egyenlő, s aszerint, hogy a rovátkalap kisebb vagy nagyobb hajlásszöggel hajlik a fősíkhoz, *él*-nek vagy *hát*-nak nevezzük. Ennek megfelelően a fősíkkal bezárta szöget *élszögnek* (ε), illetve *hátszögnek* (δ) nevezzük.

Az egyik hengernek az a feladata, hogy a rovátkalapjain a megmunkálandó szemeket a térben továbbszállítsa. Ugyanennek a hengernek további feladata, hogy rovátkalapjain, a szemek megmunkálásának időszakában, a szemet alátámassza, vagyis a támasztó reakció erőt szolgáltassa. A másik hengernek az a feladata, hogy a rovátkalapjaival az akciós erőt létrehozza és a szemen a szükséges számú megmunkálást elvégezze.

2. A töretö hengerszék teljesítményének eddig ismert számítás módjai.

E tanulmány megjelenése előtt a töretö hengerszék, s általában a malmi hengerszékek, teljesítményének kiszámítására szolgáló képlet nem volt. A szerző előtt ismeretes és a világirodalomban használt számítási módok a következők :

Prof Dedrick [2] szerint a hengerteljesítmény a következő értékek alapján számítható :

ha a henger ∅	10 in	(254 mm)	úgy a	telj.	1,5	in/barrel
	9 in	(228 mm)	«	«	1,75	«
	7 in	(178 mm)	«	«	2,25	«
	6 in	(152 mm)	«	«	2,60	«

az átszámított teljesítmény

∅	254	mm	27	kg/dm és óra
	228	»	230	»
	178	»	167	»
	152	»	146	»

L. Smith [3] szerint 20 zsák per óra teljesítményhez 40 in ×10 in (1016 ×254 mm) henger kell. Ez megfelel 198 kg/dm és óra teljesítménynek.

L. Hopf [4] szerint a hengerméretezés alapja 4,2 mm /100 kg/ 24, óra, ami átszámítva 99 kg/dm és óra teljesítményt ad.

W. Baumgartner [5] szerint 250 mm átmérőjű henger teljesítménye 1,2 kg/mm és óra.

F. Kettenbach [6] szerint 7 töretjáratú magasörlésnél az első töret 250 ∅ mm hengerén r = 4 rovátka D = 10% elhajlással, a =2,5 áttétellel n_A = 300 fordulattal a teljesítmény 2.5 mm/kg és 24 óra. Ez megfelel 96,4 kg/dm és óra teljesítménynek.

Ugyanennek magasőrlésnek második járata, azonos hengeradatokkal, kivéve a rovátkaszámot, amely ennél a járatnál r = 5, a teljesítmény 4 mm/kg és 24 óra, vagyis 60 kg/dm és óra.

Félmagas őrlésnél, amelynek összesen 5 töretjárata van, az első henger adatai mint az elsőnél volt, csak rovátkaszáma r = 4,5 teljesítménye 4 mm/kg és 24 óra, vagyis 60 kg/dm és óra.

Ugyanennek második járata r = 6,5 rovátkával centiméterenként 6 mm/kg és 24 óra teljesítményű, vagyis 40 kg/dm és óra.

Prof Dr Varsányi [7] szerint a különféle hengerátmérőnél a teljesítmény a következő

∅	300	mm teljesítménye	165	kg/dm és óra
	250	»	140	»
	220	»	125	»

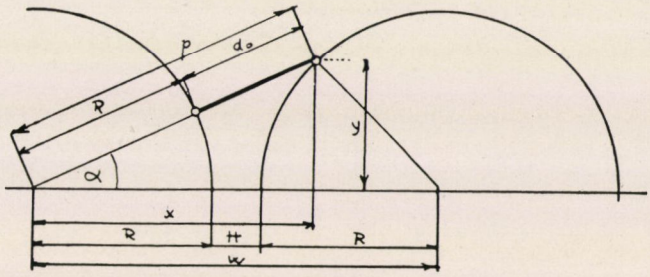
3. A gabonaszem megmunkálásának első feltétele.

Prof. P. A. Kozmin megállapítása szerint a gabonaszem megmunkálása (továbbiakban szemmegmunkálás) meghatározott a henger alapkörének bizonyos hosszúságú ívdarabja által. (Az ívdarab hosszát meghatározó tényezőket alább ismertetjük). Az ívdarabhoz tartozó középponti szöget a következőképen definiálhatjuk. A hengerpalástón ülő szemhez tartozik az alapkörnek egyik sugara. E sugár a henger elfordulása közben mind kisebb szöget zár be a vízszintessel. A hordozóhenger elfordulása közben a rajta ülő szem másik vége mindjobban közeledik a megmunkáló henger felületéhez. Abban az időpillanatban, amikor a szem és megmunkáló hengerfelület érintkezése bekövetkezik, a középponti szögnek α_0 — megmunkálásra jellemző — értéke van. E középponti szöghöz tartozó ívhossz a fentemlített ívdarabja az alapkörnek.

Annak, hogy a szem egyáltalában érintkezésbe juthasson a megmunkálóhengerrel, feltétele, hogy a két henger közötti legkisebb távolság, a *hengerrés* (H) és a szem legnagyobb mérete (d_0) között a következő egyenlőtlenség fennálljon

$$H < d_0$$

A henger és a szem méretei, valamint a két henger közelítésével beállított különféle hengerrések különféle nagyságú α középponti szögeket határoznak meg.



1. ábra

4. A megmunkálás ívhosszának meghatározása.

Elgondolásunk szerint a szem mindkét hengert érintő állapotát jelző α_0 középponti szög értéke R sugarú hengernél, d_0 legnagyobb szem méret mellett, H hengerrés beállítással a következő :

Az 1. ábra szerint a következő összefüggésnek felírhatók :

$$(w - x)^2 + y^2 = R^2$$

$$x = p \cos \alpha$$

$$y = p \sin \alpha$$

$$(w - p \cos \alpha)^2 + p^2 \sin^2 \alpha = R^2$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$w^2 - 2 w p \cos \alpha + p^2 \cos^2 \alpha + p^2 - p^2 \cos^2 \alpha - R^2 = 0$$

$$w^2 - 2 w p \cos \alpha + p^2 - R^2 = 0$$

$$p = d_0 + R$$

$$w^2 - 2 w (d_0 + R) \cos \alpha + d_0^2 + 2 d_0 R = 0$$

$$w = 2 R + H$$

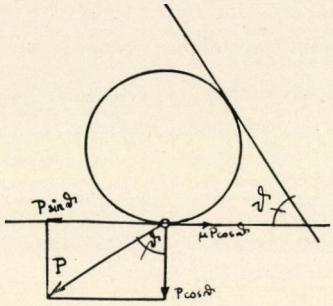
$$\alpha = \arccos \frac{d_0^2 + 2 d_0 R + (2 R + H)^2}{2 (2 R + H) (d_0 + R)} \qquad (1)$$

Az (1) egyenlettel meghatározott α_0 szöghöz tartozó ívhossz.

$$S_0 = \alpha_0 \frac{2 \pi}{360} R \ (m) \qquad (2)$$

4. *A gabonaszem megmunkálásának második feltétele.*

Elgondolásunk szerint a szemnek a 3. fejezetben ismertetett érintkezése csak *szükséges* de nem *elegendő* feltétele annak, hogy a szem megmunkálása elkezdődjék. A 2. ábra szerint mindaddig, amig az R sugaru reakciós henger

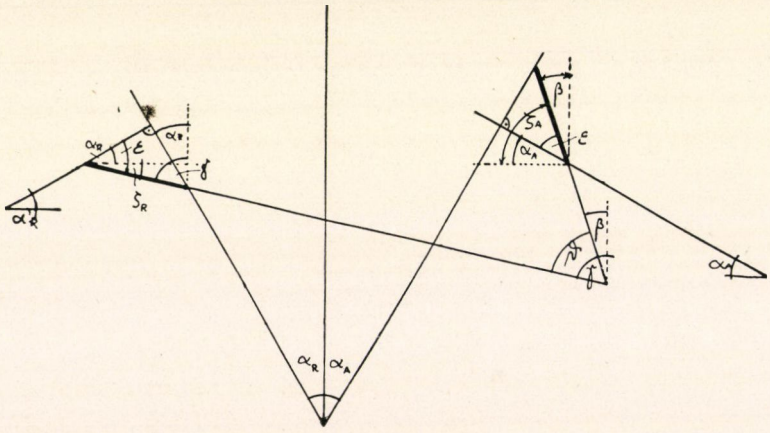


2. ábra

hordozó lapjain fellépő csusztatóerő és surlódás között a következő egyenlőtlenség

$$P \sin \vartheta \leqq \mu P \cos \vartheta \tag{3}$$

be nem következik, a szem a megmunkáló P erő hatására a rovátkalapon elcsúszik



3. ábra

A (3) matematikai feltétel bekövetkezésének lehetőségeit négy esetre kell megvizsgálnunk :

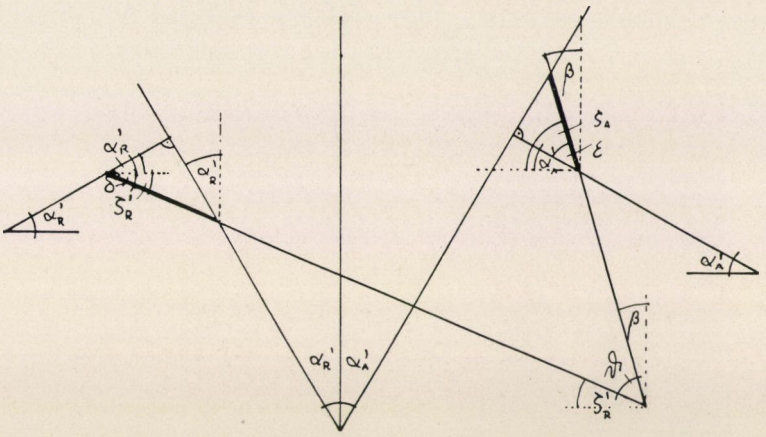
a) a reakciós hengeren az éllap halad előre, ugyanakkor az akciós hengeren a hátlap halad előre. Tehát a szem megmunkáláskor két éllap közé kerül ;

b) a szemet hátlap szállítja és él-lap támadja ;

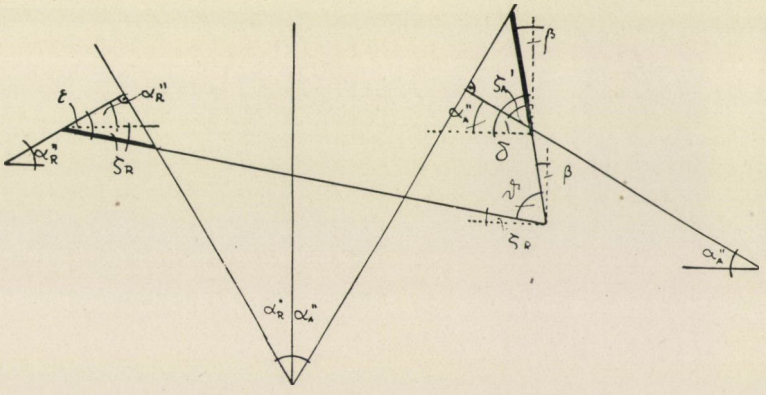
c) a szemet él-lap szállítja és hátlap támadja;
d) a szemet hátlap szállítja és hátlap támadja.

A) a szem megmunkálását éllap végzi éllap ellen.

A 3. ábra szerint, ha ϑ-val jelöljük a két szerszámnak egymással bezárt szögét, ζ_R illetve ζ_A a szerszámnak a vízszintessel bezárt szöge. Keressük a



4. ábra



5. ábra

reakciós szerszámon ülő szemhez tartozó sugár és vízszintes által bezárt olyan α szöget, amelynél a szem megmunkálása megkezdődhetik.

Nevezzük P_A-nek az akciós erőt, amelyet a szem a reakciós szerszámra átad. Ennek a rovátkalapba eső komponensét jelöljük P_{At}-nek és a rovátkalap normálisába eső komponensét P_{An}-nek. A P_A erő merőleges az akciós szerszámra,

a P_{An} merőleges a reakciós szerszámra, tehát P_A és P_{An} bezárta szög ugyanaz mint a két szerszám által bezárt szög, vagyis ϑ.

$$P_{An} = P_A \cos \vartheta$$
$$P_{At} = P_A \sin \vartheta$$
$$\mu P_{An} = \mu P_A \cos \vartheta$$

a megmunkálás kezdete :

$$P_{At} \geqq \mu P_{An}$$
$$P_A \sin \vartheta \geqq \mu P_A \cos \vartheta$$
$$\operatorname{tg} \vartheta = \mu$$
$$\vartheta = \varrho$$

A 3. ábrából ϑ értékére a következő összefüggést írhatjuk fel :

$$\vartheta = \gamma - \beta = 90° - \zeta_A - (90° - \zeta_R) =$$
$$= \zeta_R - \zeta_A = \varepsilon + \alpha_R - (\varepsilon - \alpha_A)$$
$$\vartheta = \alpha_R + \alpha_A \approx 2\alpha$$
$$\alpha = \frac{\varrho}{2} \tag{4}$$

B) a szem megmunkálását éllap végzi hátlap ellen.

Ebben az esetben is a következő egyenlőtlenség határozza meg a megmunkálás elkezdését :

$$P_{At} \geqq \mu P_{An} \tag{5}$$

A ϑ értékét a 4. ábrából levezethetjük

$$\vartheta = 90° - (\beta + \zeta_R') = 90° - (90° - \zeta_A' + \delta - \alpha_A') =$$
$$= \varepsilon + \alpha_R' - \delta + \alpha_A' \approx 2\alpha' + \varepsilon - \delta$$
$$\vartheta = 2\alpha' + \varepsilon - \delta$$
$$\vartheta = \varrho$$
$$\alpha' = \frac{\varrho - \varepsilon + \delta}{2} \tag{6}$$

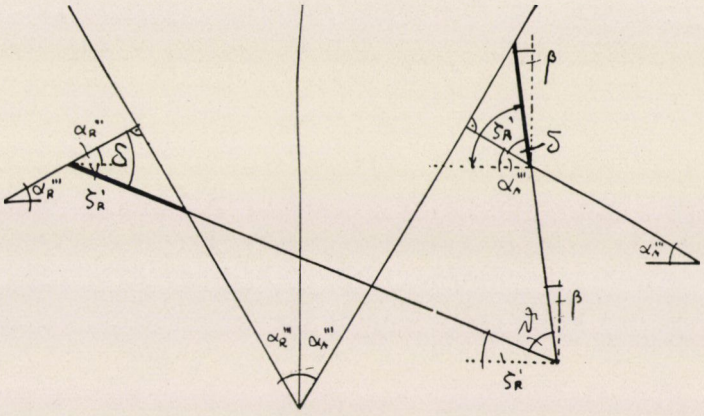
C) a szem megmunkálását hátlap végzi éllap ellen.

Ebben az esetben is az (5) egyenlőtlenség határozza meg a megmunkálás kezdetét, a ϑ értékét az 5. ábrából határozhatjuk meg.

$$\vartheta = 90° - (\zeta_R'' + \beta) = 90° - (\varepsilon + \alpha_R'' + 90° - \zeta_A') =$$
$$= -\varepsilon + \alpha_R'' + \zeta_A' = \alpha_R'' - \varepsilon + \delta + \alpha_A'' \approx 2\alpha'' + \delta - \varepsilon$$
$$\vartheta = 2\alpha'' + \delta - \varepsilon$$
$$\vartheta = \varrho$$
$$\alpha'' = \frac{\varrho - \delta + \varepsilon}{2} \tag{7}$$

D) a szem megmunkálását hátlap végzi hátlap ellen.

A megmunkálás kezdetét az (5) egyenlőtlenség határozza meg. A ϑ értékét a 6. ábrából levezetjük a megelőzőkhöz hasonlóan.



6. ábra

$$\vartheta = 90° - (\beta + \zeta_R') = 90° - (90° - \zeta_A' + \zeta_R') =$$

$$= \zeta_R' - \zeta_A' = \delta + \alpha_R''' - (\delta - \alpha_A''') = \alpha_R''' + \alpha_A'''$$

$$\vartheta \simeq 2\alpha'''$$

$$\varrho = \vartheta$$

$$\alpha''' = \frac{\varrho}{2} \tag{8}$$

A fenti módon a különböző szerszámelhelyezésekre megállapított $\alpha = f(\varrho)$ megszabja a 3. pontban levezetett (1) képlettel meghatározható α_0 felső értékét, s kell hogy

$$\alpha_0 \leqq \alpha \text{ legyen.} \tag{9}$$

5. A töretőhenger munkateljesítményének levezetése.

Az akciós és reakciós hengerek kerületi sebességének aránya

$$a_0 = \frac{v_A}{v_R} \tag{10}$$

Tehát ha a (2) képlettel meghatározott S_0 ívhosszat futja be a szem a megmunkálása alatt, akkor ez idő alatt a megmunkálást végző akciós henger S_0' ívhosszal fordul el

$$S_0' = a\, S_0 \tag{11}$$

A centiméterenkénti rovátkasűrűség r, tehát az S'_0 íven helyet foglaló megmunkáló rovátkák száma

$$\nu = a\, S_0\, r\, 10^2 \tag{12}$$

a (12) alatt megadott megmunkálási szám egyben megadja azt is, hogy a szemet az alatt az idő alatt, amig S_0 úton végig halad, mennyi megmunkálás éri. Ennek segítségével a hengerszék erő-, illetve teljesítményszükségletét meg lehet határozni. (Erre külön tanulmány keretében kitérünk).

A töretö hengerszék elméleti munkaképességét az a szemmennyiség határozza meg, amelyet a szemet szállító reakciós henger az időegységben a hengerpár közötti résen keresztül tud szállítani, vagyis

$$Q_{T_0} = 3600\, H l_0\, v_R\, \gamma \ \text{kg/óra} \tag{13}$$

képlettel jellemzett anyagfolyam mennyisége. E képletben H méter a hengerrés, l_0 méter a rovátka hossza, v_R m/mp a reakciós henger kerületi sebessége, γ kg/m^3 a szemeknek a megmunkálás állapotábani térfogatsúlya.

A (13) ideális képlet azonban csak addig érvényes, amig a szemek szállítását nem befolyásolja semmi sem. A képletben levő — egyelőre ismeretlen — γ megmunkálási állapotbani térfogatsúlyt kifejezhetjük a megmunkálásra kerülő szemek γ_0 térfogatsúlyának függvényében:

$$\gamma = K_1\, \gamma_0 \tag{14}$$

a képletben szereplő K_1 szorzótényezőre az alábbiakban kitérünk.

A K_1 szorzótényező figyelembe vételével a (13) képlet:

$$Q_T = 3600\, K_1\, H\, l_0\, v_R\, \gamma_0 \tag{15}$$

A

$$V = H\, l_0\, v_R \tag{16}$$

anyagfolyam-térfogattal való számításnál azt tételeztük fel, hogy a γ térfogatsúlyú anyag a V teret egyenletesen (kontinuálisan) tölti ki. A valóságban azonban az anyagfolyamban megszakítások vannak, mert az egymás mögött haladó egy-egy rovátkában ülő szemsorok alkotják az anyagfolyamot. Ha d_0 a szem hossztengelyirányú legnagyobb mérete, d_1 a szemnek — az előbbi irányra merőleges tengelybe eső — kisebb mérete, úgy az egy rovátkában ülő szemek térfogata

$$V_0 = d_1\, d_0\, l_0 \tag{17}$$

és az r centiméterenkénti sűrűségű ($p = \frac{100}{r}$ méter rovátkaosztású) szemsorozat folyómétersúlya

$$q = \frac{V_0 \gamma}{p} = d_0\, d_1\, l_0\, r\, \gamma\, 10^{-2}\ \text{(kg/m)} \tag{18}$$

Evvel a henger szállítóteljesítménye

$$Q = 3600\ q\ v_R =$$

$$= 3600\ d_0\ d_1\ l_0\ r\ \gamma\ v_R\ 10^{-2}\ (\text{kg/óra}) \qquad (19)$$

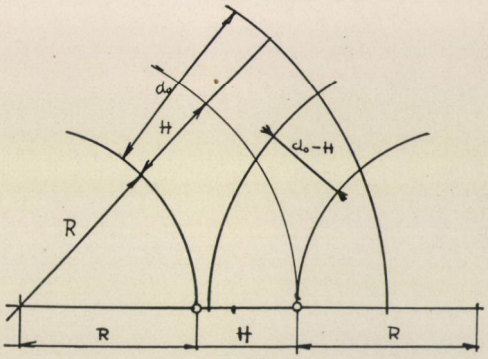
A (19) képlettel meghatározott teljesítmény is elméleti csupán, mert még mindig azt tételeztük fel, hogy a szemek szállítását nem akadályozza, illetve nem befolyásolja semmi sem. Az ideális teljesítmény megváltozik, amint a két hengert annyira közelítjük egymáshoz, hogy

$$H < d_0$$

lesz. Ennek bekövetkeztétől a v_R kerületi sebességgel forgó reakciós henger nem a (19) képlettel jellemzett mennyiséget, hanem csak

$$Q_1 = 3600\ H\ d_1\ l_0\ r\ \gamma\ v_R\ 10^{-2}\ (\text{kg/óra}) \qquad (20)$$

anyagmennyiséget szállítja. Ugyanakkor az időegység alatt a v_A kerületi sebes-



7. ábra

séggel forgó megmunkáló (akciós) henger szállítja a rovátkáival a szemről lemunkált mennyiséget :

$$Q_2 = 3600\ (d_0 - H)\ d_1\ l_0\ r\ \gamma\ v_A\ 10^2\ (\text{kg/óra}) \qquad (21)$$

A töretŏ hengerszék által feldolgozott anyagmennyiség :

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \qquad (22)$$

Megjegyezni kívánjuk, hogy a Q_1 és Q_2 anyagmennyiségek a két henger közötti térben *egyidejűleg* vannak jelen. Ez csak úgy képzelhető el (7. ábra), hogy az anyag eredeti állapotához képest tömörödik. E tömörödés adja magyarázatát annak a jelenségnek, hogy a hengerrés csökkentésével a hengereket egymáshoz szorító erőnek növekedni kell.

A tömörödésnek másik hatása abban nyilvánul, hogy a mindkét henger által szállított anyagmennyiséget csökkenti, mivel a tömörített anyagnak a szemek közé hatoló szemekkel szemben nagyobb az ellenállása mint a tömörítetlennek.

Ugyancsak ez az oka, hogy a (14) képletben szereplő K_1

$$K_1 > 1$$

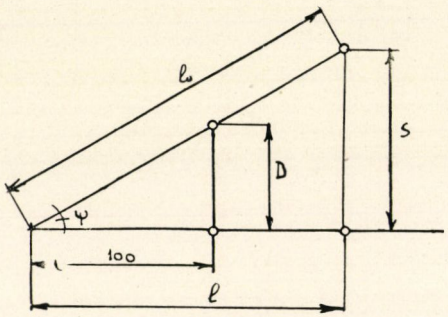
A (22) egyenletbe a (20) és (21) értékeit helyettesítve :

$$Q_T = 3600\, d_1\, l_0\, r\, \gamma\, [H\, v_r + (d_0 - H)\, v_A]\, 10^{-2} \tag{23}$$

A (10) képletben levő összefüggésnek figyelembe vételével, a kellő rendezés után nyerjük :

$$Q_T = 3600\, d_1\, l_0\, r\, \gamma\, v_R\, H \left[1 + a \left(\frac{d_0}{H} - 1\right)\right] 10^{-2} \tag{24}$$

Ez a képlet a gyakorlat számára használhatóbbá tehető, ha az l_0 rovátkahosszat



8. ábra

a könnyebben mérhető l hengerhosszal és a v_R henger kerületi sebességét n_R fordulatszámmal helyettesítjük.

A 8. ábra az egyik hengert síkba kiterítve ábrázolja.

A geometriai összefüggések alapján írható :

$$\frac{s}{l} = \frac{D}{100} = \operatorname{tg} \psi$$

$$\text{és } l_0^{\,2} = s^2 + l^2$$

a két összefüggésből :

$$l_0 = l \sqrt{1 + \left(\frac{D}{100}\right)^2} \tag{25}$$

ahol D a gyakorlatban használatos elhajlás százalékos értéke.

Lévén továbbá

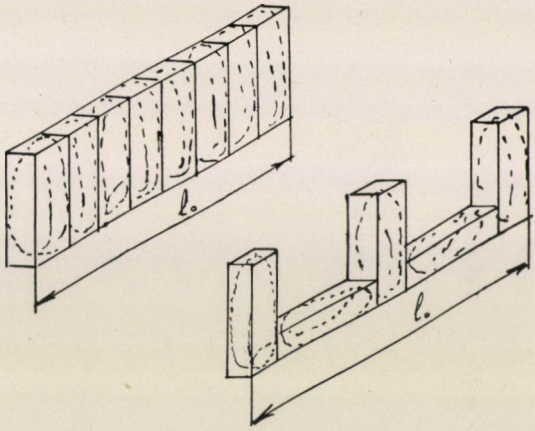
$$v_R = \frac{n_R \pi}{30} R \tag{26}$$

A (14), (24), (25) és (26) képletekkel írható :

$$Q_T = 3600 \frac{\pi}{30} K_1 d_1 l r \gamma_0 n_R R H \left[1 + a \left(\frac{d_0}{H} - 1\right)\right] \sqrt{1 + \left(\frac{D}{100}\right)^2} 10^{-2} \tag{27}$$

6. A töretŏ henger valóságos teljesítménye.

Az előző fejezetben levezetett (27) képlet a következő feltételek teljesítését feltételezi :



9. ábra

a) a rovátkában helyet foglaló szemek mind d_0 hosszúságúak;

b) mindegyik szem sugárirányban helyezkedik el;

c) a rovátkán belül a szemek szorosan egymás mellett vannak;

d) minden egyes rovátkában helyet foglal egy-egy szemsorozat.

A felsorolt feltételek a jelenlegi hengerszékkonstrukcióknál nem teljesülnek teljes mértékben. Ugyanis :

a) a $V_0 = d_0 d_1 l_0$ térfogat ezen értéknél kisebb, mert a valóságban $d_0' = K_2 d_0$ az átlagosszemhosszúság;

b) a V_0 térfogat azért is kisebb, mert a szemek egy része a rovátka irányában helyezkedik el (lásd 9. ábrát), s így a valóságos térfogat

$$V_3 = K_3 V_0;$$

c) a térfogatot csökkenti továbbá az a tény, hogy a rovátka nem kap teljes töltést, vagyis egyes szemek hiányoznak

$$V_4 = K_4 V_0;$$

d) további térfogatcsökkenést okoz, hogy nem minden rovátkába jut töltés, tehát a hatásos rovátkaszám nem r, hanem

$$r_1 = K_5 r$$

A hengerrovátkák töltését kifejező tényezőket összefoglaljuk egy $K_ö$ értékkel

$$K_ö = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \tag{28}$$

Ezzel a hengerszék valóságos teljesítményének számítására a következő képlet adódik :

$$Q_T = 1{,}2\,\pi K_ö d_1 l r \gamma_o n_R R H \left[1 + a\left(\frac{d_o}{H} - e\right)\right] \sqrt{1 + \left(\frac{D}{100}\right)^2} \text{ kg/óra} \tag{29}$$

Méréseink szerint $K_ö$ értéke változik :

a) a hengerek összeszorításának mérőszámával;

b) az aprított anyag nedvességtartalmával;

c) az aprított anyag hőfokával;

d) a hengerszéken alkalmazott rovátkák alakjával és elhelyezési módjával.

Vizsgálatainkat egyelőre csak az *a*) alatti független változó befolyásának megállapítására korlátoztuk. E vizsgálatok azt mutatták, hogy a $K_ö$ értéke a hengerek közötti rés (H) függvényében lineárisan változik. Azonban különböző értékeket kaptunk aszerint, hogy a henger az első, a második, vagy a harmadik járatban volt beépítve. (A többi járatokon nyert eredmények a $K_ö$ értékére ezideig nem nyujtottak lehetőséget matematikailag kifejezhető összefüggések felállítására). Az első három járaton a $K_ö$ értékére nyert összefüggés

$$K_ö = b H - c \tag{30}$$

ebben az összefüggésben b és c a járatszámtól függő állandók, H a hengerrés mm-ben.

az első járatban $b = 600$; $c = 870$

a második járatban $b = 830$, $c = 255$

a harmadik járatban $b = 450$, $c = 125$.

7. *A szerző képletének összehasonlítása a világirodalom vonatkozó eredményeivel.*

Az összehasonlítást igen megnehezíti az a körülmény, hogy a világirodalomban publikált számításmódokkal a szerzők nem közölték egyidejűleg azokat a tényezőket, amelyek véleményünk szerint befolyásolják a hengerszék teljesítményét. Ilymódon a többváltozós függvény egy-, legfeljebb kétváltozósra degradálódott.

Az alábbi táblázatban összefoglaltuk a különböző szerzők számításmódjai alapján kiadódó értékeket, és mellette feltüntettük a (29) képlet szerint nyert értékeket. A táblázatban zárójelben írt adatokat mint feltételezéseket felvettük.

Sorsz.	p	∅	H	r	n_A	a	γ_0	l	d_0	d_1	D	Q_T kg/óra a számítás szerzője Dedrick	Dr. Rada
1	2	254	(0,6)	(5)	406	2,5	800	100	(6,0)	1,58	(10)	275	189
2	2	228	(0,6)	(5)	450	2,5	800	100	(6,0)	1,58	(10)	230	182
3	2	178	(0,6)	(5)	580	2,5	800	100	(6,0)	1,58	(10)	167	189
4	2	152	(0,6)	(5)	676	2,5	800	100	(6,0)	1,58	(10)	146	182
												L. Smith	Dr. Rada
5	1	254	(2,0)	4	300	2,5	(750)	100	(6,5)	(3,0)	(10)	198	227
												L. Hopf	Dr. Rada
6	1	(220)	(2,0)	(4)	(300)	(2,5)	(750)	100	(6,5)	(3,0)	(10)	99	196
												W. Baumgartner	Dr. Rada
7	1	250	(2,0)	(4)	(300)	(2,5)	(750)	100	(6,5)	(3,0)	(10)	120	196
												F. Kettenbach	Dr. Rada
8	1	250	(2,0)	4	300	2,5	(750)	100	(6,5)	(3,0)	10	96,4*	220
9	2	250	(0,9)	5	300	2,5	(550)	100	(3,0)	(2,0)	10	60	95
10	1	250	(1,7)	4,5	300	2,5	(750)	100	(6,5)	(3,0)	10	60**	210
11	2	250	(0,6)	6,5	300	2,5	(550)	100	(3,0)	(2,0)	10	40	65
												Dr. Varsányi	Dr. Rada
12	1	300	(2,0)	(4)	(300)	(2,5)	(800)	(100)	(6,5)	(3,0)	(10)	165	282
13	1	250	(2,0)	(4)	(300)	(2,5)	(800)	(100)	(6,5)	(3,0)	(10)	140	235
14	1	220	(2,0)	(4)	(300)	(2,5)	(800)	(100)	(6,5)	(3,0)	(10)	125	207

* magasőrlés, ** félmagasőrlés, p járatszám.

IRODALOM.

1. *Dr. Geleji Sándor* (1946): A hengerlésnél fellépő erők és a hengerlési munka kiszámítása az újabb kísérleti eredmények megvilágításában.
2. *Dedrick B. W.* (1924): Practical Milling.
3. *Smith L.* (1948): Flour Milling Technology.
4. *Hopf L.* (1938): Taschenbuch für Müllerei.
5. *Baumgartner W.* (1936): Lehr- und Handbuch für Müllerei und Mühlenbau.
6. *Kettenbach F.* (1922): Müllerei und Mühlenbau.
7. *Dr. Varsányi Emil* (1928): Malomgépek méretezése és teljesítménye.
8. *Dr. Rada István Tamás* (1949): A töretö hengerszék újabb elméleti vizsgálatainak összehasonlítása a gyakorlatban használt tapasztalati adatokkal.
9. *Dr. Rada István Tamás* (1949): A töretés és őrlés.
10. *Dr. Rada István Tamás* (1951): A búza malmi megmunkálása.

A SÚRLÓDÁS ANALÍZISE FOGASKERÉK SZEMPONTBÓL.

VIDÉKY EMIL

A fogaskerekek súrlódásáról ötven évvel ezelőtt körülbelül csak annyit tudtak, hogy van, és ezért a fogazást kenni kell.

A súrlódásról magáról, talán a világ legtöbb iskolájában, a mai napig is csak azt tanítják, hogy a súrlódási ellenállás (erő), a felszínre merőleges nyomóerő és a súrlódási tényező szorzata ; a súrlódási tényező pedig annak a bizonyos lejtőszögnek a tangensével egyenlő, melynél a csúszás megindul. Hasonló az ortodox definició a gördülés súrlódására is : vízszintes síkon nyugvó Q súlyú henger elgördítéséhez $Q.f_g$ nyomaték szükséges, ahol f_g a gördülő súrlódás tényezője. Egy r sugarú henger gurulni kezd, ha a síklapot egy oly γ lejtőszögig lassan megbillentjük, melynél : $tg\gamma = \frac{f_g}{r}$, ebből : $f_g = r.tg\gamma$.

Már ősidők óta tudták tapasztalatból, hogy a gördülő súrlódás jóval kisebb a csúszó súrlódásnál, azért görgőket tettek a teher alá, és kitalálták a kocsit. A kenőszer szerepe is az, hogy igen sok kicsi görgő olajmolekula a csúszást gördülésre váltja át.

A súrlódás régi irodalma igen gazdag. Rájöttek, hogy más az indulás súrlódási ellenállása és más a mozgási súrlódás ellenállása (sztatikus és kinetikus súrlódás), más a száraz és a nedves súrlódás, továbbá, hogy a súrlódás nem független sem az érintkező felszínek nagyságától, sem a csúszó sebességtől, sem a hőmérséklettől, mint ahogy azt az eredeti súrlódástörvény állította. Igen sok nagyértékű kutatás folyt a közelmultban és folyik napjainkban is a súrlódás viszonyainak kiderítése terén. E kutatások azonban majdnem kivétel nélkül vagy paralel felszínek súrlódásával vagy tiszta gördüléssel foglalkoznak. Két konvex felszín vegyesen csúszó és gördülő súrlódásával, mint amilyen a fogkapcsolódás, beható analízist sehol sem végeztek. A közelmult főképen a csúszó csapágyakkal (különösen értékes eredményekkel, a talpcsapágyakkal) foglalkozott. Ujabban éppen ellenkező célzattal — ugyanis a súrlódás fokozására, illetve állandósítására — folytatnak értékes kutatásokat a fékezésproblémák terén. Mindez az anyag azonban csak kevéssé használható fel konvex felszínek súrlódásánál, ahol a felszínek egymásba be is hatolnak, és elmozgásuknál anyagot terelnek el, gyúrnak, simítanak, felszíni vibrációkat keltenek, nagy felszínfeszültségek keletkeznek és magas hőmérséklet áll elő kicsiny, pontszerű helyeken. Az ilyen súrlódásnak más természete van, mint paralel felszínek súrlódásának: sokkal bonyolultabb viszonyokkal kell szembenézni, s ezek csak részben tesznek matematikai kezelést lehetővé, nagyobb részükben csupán kvalitativ vizsgálati eredményekkel kell megelégednünk.

A fogaskerekek teljesítőképességéhez füződő igények ötven év alatt oly rohamosan megnövekedtek, hogy a tervezőnek a régi súrlódási törvények már nem adnak kellő képet és használható adatokat. Ez általában minden súrlódási problémánál így van, a tervező kénytelen a súrlódástényezőre bő határokat felvenni, hogy csak némileg biztonságban lehessen szerkesztésének üzemi viselkedése felől.

Hogy a viszonyokba jobban belássunk, és azokat céljainknak megfelelő módon irányíthassuk, lépésenként kell haladnunk : előbb a száraz súrlódást — annak sztatikus és kinetikus változatait — kell sorra vennünk konvex felszínek csúszó, gördülő és vegyes elmozgásánál, csak azután térhetünk át a nedves súrlódásra.

Konvex felszínek egymáson való — nyomás alatti — elmozgásánál, (ide számítva a konvex és sík érintkezést is, sőt a belső fogazásnál fellépő különböző görbületű konvex-konkáv érintkezést is) a súrlódási ellenállásnak kétféle részét kell megkülönböztetnünk. Az egyik az, amely a felszínek egymásbahatolásából és az abból eredő anyagelterelésből keletkezik, ezt makrosúrlódásnak fogjuk nevezni ; a másik rész a közönségesen értelmezett sík, illetőleg paralel felszínek között fellépő súrlódási ellenállás, amely az érintkezés nyomfelszinében, ahol a felszínek már párhuzamosra deformálódtak, egyidejüleg szintén fellép. Ez utóbbi súrlódást megkülönböztetésül mikrosúrlódásnak fogjuk nevezni ; ez azonban egyáltalában nem azt jelenti, hogy ez a súrlódás okvetlenül kisebb lenne a makrosúrlódásnál ; az elnevezést azért választottuk, mert előidéző okai sokféle mikroméretű tényezők, melyek különféle együttese a súrlódási ellenállást nagyon könnyen a duplájára növelheti, vagy a felére csökkentheti : ilyenek az intermittens rétegek, kémiai elváltozások, oxyd-, páralerakódás, tisztátalanságok stb.

1. A száraz sztatikus makrosúrlódás.

Két konvex felszín nyomás alatt való — elmozgás nélküli — érintkezésnél deformációk keletkeznek ; ezek alakja és a keletkező feszültségek a HERTZ egyenletekkel vannak meghatározva, amennyiben :

1. az anyagok izotropak,
2. a nyomfelszín igen kicsiny a testek méreteihez képest.
3. a terhelés sztatikus,
4. valamennyi keletkező feszültség az elasztikus határon alul marad,
5. külső tangenciális erő nem lép fel.

Fogfelszínekre gondolva, e feltevések közül csak a 2. van valóban kielégítve, mindazonáltal a gyakorlatban jól használható közelítő értékeket adnak az egyenletek, ha a feltételek nagyjából be vannak tartva. Az egyenletekből való további derivációk közelítése bizonyára rosszabb lesz, de legalább is kvalitative helyes képet fog nyujtani.

Két párhuzamos, r_1 és r_2 súgarú hengerfelszín alkotómenti érintkezésénél,

melyeket a tengelyek síkjában a tengelyekre merőleges Q normálterhelés szorít egymáshoz egyenletesen eloszolva, egy hengerköpenysáv alakú nyomfelszín keletkezik, melynek görbületi sugara : ϱ-ra (relativ görbületi sugárnak is szokás nevezni) *Hertz* szerint :

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}}{2}, \text{ vagyis másképp írva :}$$

$$\varrho = 2\,\frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \ldots \qquad (1)$$

ahol $r_1 \leq r_2$. Ha tehát $r_2 = \infty$ (síkká alakult), akkor : $\varrho = 2 \cdot r_1$ és ha $r_1 = r_2$, akkor : $\varrho = \infty$, vagyis a nyomsáv síkká alakult.

A nyomsáv szélességének fele : a a következő egyenletből adódik :

$$a = 1{,}52 \cdot \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}} \ldots \qquad (2)$$

ami, ha $r_2 = \infty$: $a = 1{,}52 \sqrt{\frac{p}{E} \cdot r_1}$; és ha $r_1 = r_2 = r$, akkor :

$a = 1{,}52 \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{r}{2}}$, ahol: $p = \frac{Q}{B} = \frac{\text{normálterhelés kg.}}{\text{hengerhossz cm.}}$ = az érintkezéshossz (B) egy folyó cm-ére eső terhelés = vonalnyomás kg/cm-ben.
(Egyenlő anyagokat feltéve, melyek elaszticitásmodulusa : E.)

A két henger egymásba hatol: a kisebb sugarú a nagyobb sugarúba a nyomsávok közös húrján túl, a hozzájuk tartozó h ívmagasság mértékéig (*1 ábra*),

$$h = \varrho \cdot (1\text{-cos } \chi)$$

Mivel : $\sin \chi = \frac{a}{\varrho}$, tehát :

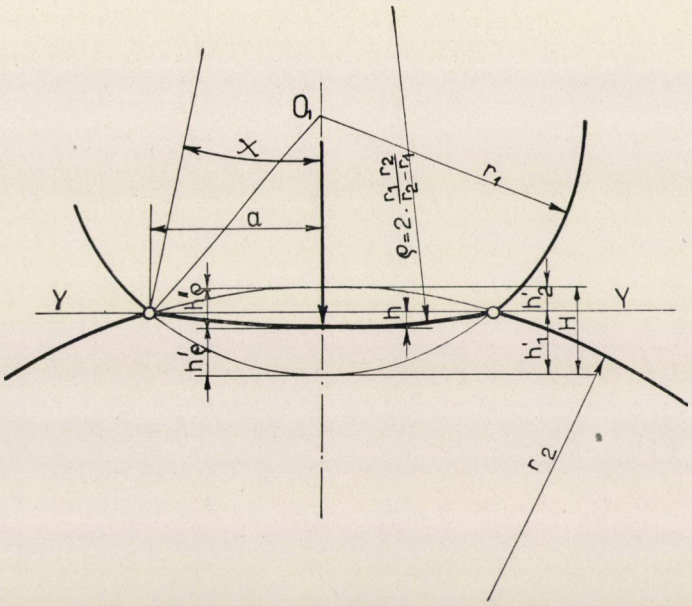
$\cos \chi = \sqrt{1 - \frac{a^2}{\varrho^2}}$, és ha a^2 nagyon kicsiny ϱ^2-hoz képest, ami nagyon is fennáll, akkor :

$\cos \chi = \frac{1}{\varrho} \cdot \sqrt{\varrho^2 - a^2} \simeq 1 - \frac{a^2}{2 \cdot \varrho^2}$-nak vehető : ezzel pedig :

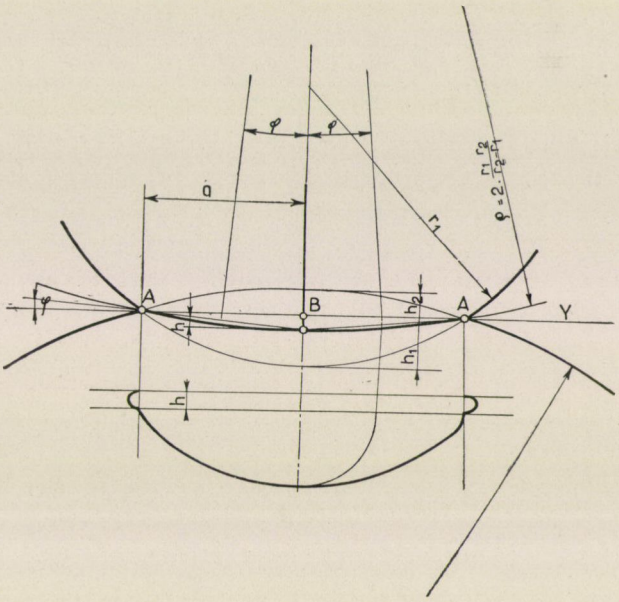
$$h = \frac{a^2}{2 \cdot \varrho}, \text{ és az (1), valamint a (2)-vel :}$$

$$h = 0{,}577 \cdot \frac{p}{E} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_1 + r_2} \ldots \qquad (3)$$

vagyis, ha $r_1 = r_2$, akkor $h = 0$; és ha $r_2 = \infty$, akkor $h = 0{,}577 \cdot \frac{p}{E}$.


O1
X
a
r1
ρ=2·r1r2/r2−r1
Y
h'e
h
h'2
H
h'1
Y
h'e
r2

1. ábra


φ
φ
a
r1
ρ=2·r1r2/r2−r1
A
B
A
Y
h2
h1
h

2. ábra

Nyugalmi helyzetben az összeszorított felszínekben a feszültségek szimmetrikusan oszlanak el. A nyomófelszínre merőlegesen keletkező radiális feszültség — differenciál a szélektől a középig : 0-tól a maximumig növekszik .A terhelésirányú összetevők (XX irány) eredője p-vel tart egyensúlyt és vele egyenlő. (1 cm hengerhosszról beszélünk.) A p-re merőleges összetevők (YY irány) fele jobbra, fele balra hat és egymással tartanak egyensúlyt. A nyomfelszínre merőleges feszültségelem nagysága a megfelelő radiális irányú deformációval arányos (*2. ábra*).

$$p = \int_{o.}^{x=2\cdot a} \sigma_x \cdot dx \; ; \pm s_y = \int_{o}^{y=h} \sigma_y \cdot dy$$

A radiális feszültségelemek nyomó igénybevételek. Az X és Y irányú összetevők nyírást idéznek elő.

HERTZ szerint az XY szimmetria-síkban a főfeszültségek :

$$\sigma_X = \frac{2 \cdot p}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}} \; ; \; \sigma_Y = \frac{2 \cdot p}{\pi \cdot a^2} \cdot \left\{ \frac{(\sqrt{x^2+a^2} - x)^2}{\sqrt{x^2+a^2}} \right\}$$

A nyomsáv középvonalában : $\sigma_{X\,max} = 0{,}418 \sqrt{p \cdot E \frac{r_1 + r_2}{r_1 \cdot r_2}} \ldots$ (4)

A nyomfelszín-feszültségek középértéke :

$$\sigma_{X\,közép} = \frac{p}{2 \cdot a} = \frac{\pi}{4} \cdot \sigma_{X\,max}$$

A fogfelszín rendes típusú hibásodása megindulásának (gödrösödés) kriteriumául a maximális nyíróigénybevételt szokták tartani. A kipattogzási felszínromlást ellenben a nyomsáv területén kívül keletkező maximális huzó feszültség okozza. E húzófeszültségek meghatározása nincsen módunkban. *Hertz* szerint a feszültségek az anyag belső, ismeretlen molekuláris energiáitól függenek és hogy ott a kinetikus és potentiális energiák egymásból miként alakulnak, azt eddigi ismereteink alapján megállapítani nem tudjuk ; keletkezhetnek ottan egészen óriási értékű feszültségek is.

A nyírás a σ_X és σ_Y különbözetétől függ mégpedig acélanyagnál felvehető Poisson viszonyszámnál :

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_X - \sigma_Y)$$

Behelyettesítések útján :

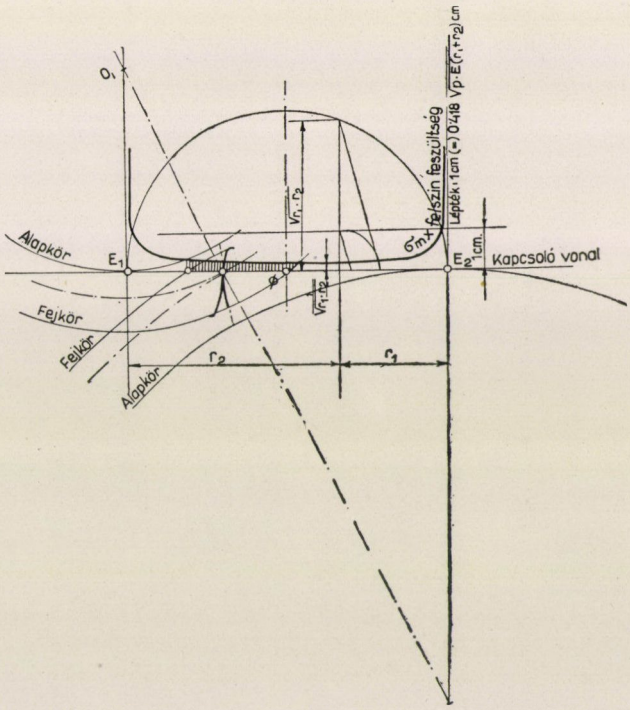
$$\tau = \frac{p}{\pi \cdot a^2} \cdot \left(x - \frac{x^2}{\sqrt{x^2+a^2}} \right)$$

amit a legnagyobb nyírófeszültség helyének meghatározására differenciálva :

$$x = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right) \cdot a$$

adódik, vagyis a legnagyobb nyírófeszültség a nyomfelszín alatt körülbelül $0{,}8 \cdot a$ mélységben keletkezik és a gödrösödés ott indul meg.

Evolvens fogprofiloknál a felszínek görbületi sugarai r_1 és r_2 a kapcsolás



3. ábra

mentén folyton változnak, azonban $r_1 + r_2 = T \cdot \sin \alpha$ állandó marad. (T = a tengelytáv és α = a kapcsoló szög.)

$\sigma_{X\ max}$ -nak minimális értéke ott lép fel, ahol $r_1 = r_2 \cdot$ E helyen :

$$(\sigma_{X\ max})_{min} = 0{,}418 \sqrt{p \cdot E \cdot \frac{4}{T \cdot \sin \alpha}} = C \cdot \frac{1}{\sqrt{T}} \cdots \qquad (5)$$

$\sigma_{X\ max}$ -nak legnagyobb értéke akkor lép fel, ha r_1 vagy $r_2 = 0$ és ekkor :

$$(\sigma_{X\ max})_{max} = \infty$$

Ha az (5) egyenletet p-re megoldva írjuk :

$$p = \frac{(\sigma_{max})^2_{min} \cdot \sin \alpha}{0{,}7 \cdot E} \cdot T \ldots \tag{6}$$

ami a megengedhető vonalnyomás megállapításánál kiinduló alapul szolgálhat- $\sigma_{X\ max}$ változása a teljes lehetséges kapcsolóvonal mentén diagrammban fel. rajzolható a :

$$\sigma_{X\ max} = \text{Const.} \frac{1}{\sqrt{r_1 \cdot r_2}} \ldots \tag{7}$$

összefüggés alapján, (*3. ábra*)

Látható ebből, hogy a *Hertz* feszültséggörbe abban a közben, melyet a fejkörök kimetszenek, aránylag igen keveset változik.

Általában elfogadott és bevált módon a centrális pontban fellépő értékkel szokás számítani, mely nagyobb, mint a minimum.

E helyre : $r_1 = \frac{D_1}{2} \sin \alpha = T \sin a \frac{1}{(1 + A)}$ (ahol A = az áttétel $\geqq$ 1) (D_1 = kiskerék osztóátmérő)

$r_2 = A \cdot r_1 \cdot$ Ez értékkel és $\frac{\sigma_H{}^2}{E} = K$ jelöléssel

a 4. egyenletből :

$$p = \frac{\sin \alpha}{0{,}175} \cdot K \cdot T \cdot \frac{A}{(1+A)^2} \text{ ; és ha } \alpha = 20°$$

akkor $\frac{\sin \alpha}{0{,}175} \simeq \frac{0{,}342}{0{,}175} \simeq 2$ kerekített értékkel (a szilárdsági számításoknál ez jelentéktelen)

$$p = 2 \cdot K \cdot T \cdot \frac{A}{(1 + A)^2}$$

Ha még a $K = \frac{\sigma_H{}^2}{E}$ tényezőt $K = \sigma_H \cdot \frac{\sigma_H}{E} = \sigma_H \cdot \lambda$ alakban

írjuk, ahol λ %-a fajlagos deformáció (belapulás), úgy a K tényező értékét az anyagok és hőkezelésük szerint kísérleti alapon táblázatokba foglalva és az esetenként kívánatosnak mutatkozó biztonsági tényezővel lecsökkentve, megkapjuk a megengedhető vonalnyomás értékét. Ennek részletesebb fejtegetése azonban kívül esik jelen keretünkön.

A sztatikus súrlódástényező az elcsúszás megindulását akadályozó ellenállásra vonatkozik. Ennek az ellenállásnak tekintélyes része az az ellenállás, melyet

a nyomsáv egyik féloldala, mint lejtő, fejt ki a laterális (nyomsáv hosszirányra merőleges) elmozdulás ellen. A lejtő ugyan körív alakú, de tekintve az igen kis méreteket, azt az AB húrral, melynek a vízszintessel bezárt szöge φ, gondolhatjuk

helyettesítve, ahol: $tg\ \varphi = \frac{h}{a} = \frac{a}{2 \cdot \varrho}$. Síklap és henger esetében:

$$tg\ \varphi = \frac{a}{4 \cdot r_1} = 0{,}38 \sqrt{\frac{p}{E \cdot r_1}} \ldots \tag{8}$$

a kifejtett ellenállás pedig:

$$S_y = \frac{p}{2} \cdot tg\ \varphi \ldots \tag{9}$$

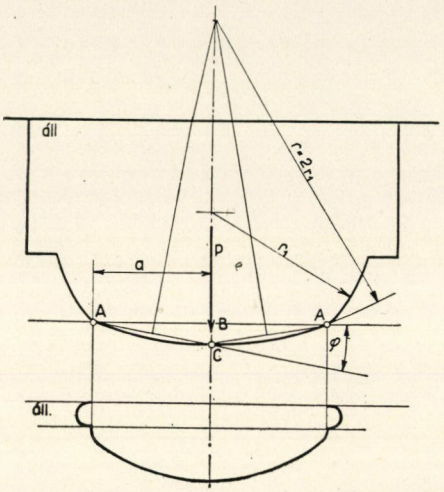
Ezt az ellenállást egy i indítóerőnek kellene legyőznie, mely 0-tól fejlődik, míg eléri az s_y értékét, mikor is a csúszás megindulhat. Ha csak ez a, felszíndeformációból származó, ellenállás lépne fel egyedül, akkor a sztatikus súrlódástényező pusztán ez a $tg\varphi$ volna, (ez némileg az ortodox felfogáshoz hasonlít).

Következőkben a sztatikus súrlódástényezőnek ezt a részösszetevője makrosúrlódástényezőnek fogjuk nevezni, szemben az egyéb összetevőkkel, melyek a kohéziótól, a karcolástól stb. származnak és melyeket együtt mikrosúrlódásnak fogunk nevezni. Elemzésükre később térünk rá, most csak annyit jegyezünk meg róluk, hogy együtt nagyobb értéket is tehetnek ki, mint a makrosúrlódás.

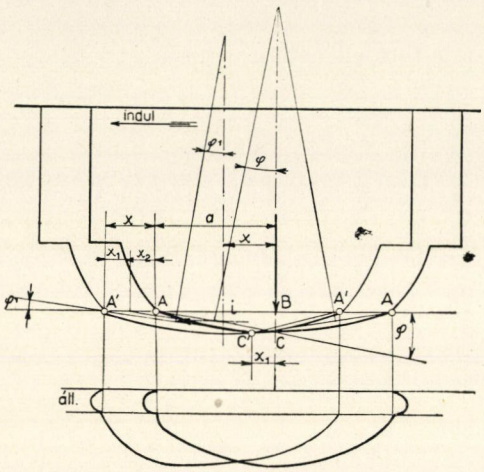
A makrósúrlódási ellenállásnak a mozgás megindulásáig tartó kifejlődési szakaszában egy a testek belsejében lejátszódó mikroelmozdulás keletkezik, épen úgy, mint az a testek összenyomása folyamán is fellépett, mikor azok egymáshoz a belapulásuk folytán közeledtek. A viszonyok egyszerűbb áttekintése céljából maradjunk egy síklap és egy henger eseténél, melyek azonos anyagból, azonos hőkezeléssel, megmunkálásmóddal stb. készültek. A síklap fixen áll, a henger pedig nem foroghat tengelye körül, hozzá van kötve valami nagy, meg nem billenő testtömbhöz, mely csak laterális elmozdulást végezhet valami vezetékben, merőlegesen a nyomsáv hosszirányára, mikor egy ily irányban fellépőerő azt eltolni igyekszik. A henger hossza nagy, végtelennek tekintjük és $p \frac{l\,g}{c\,n}$ vonalnyomás alatt áll. Feltevéseink nem is olyan egyszerűek, mint látszanak, de elképzelésük könnyű és felment a nyomatékokkal való foglalkozás szükségétől. Az elcsúsztatni induló i erő a vízszintes síklappal párhuzamos és az érintkezés-vonalra merőleges; támadó pontját S_y-nal szemközt képzeljük és nekitámad az AB lejtőnek, 0 értéktől növekedve; a lejtő rugalmasan ellenáll. Az i erőnek a lejtőre merőleges komponense növeli a vele szemközti nyomsávfélben a nyomófeszültségeket és nyírófeszültségeket, a háta mögötti nyomsávfélen ellenkezőleg feloldani igyekszik őket folyton növekedő mértékben. Az i erő fellépése előtti szimmetrikus feszültségelosztás fokozatosan eltorzul és i

irányában duzzad. Mikor i eléri az $S_y = \frac{P}{2} tg\, \varphi$ értéket, a csúszás megindul (*4.* és *5. ábra*).

A folyamatnak ilyetén elképzelése természetesen, csak igen nyers közelítés mind a geometriai egyszerűsítés, mind a feszültségeloszlás elképzelése tekintetében. Henger és síklap esetében például, ha csak azt gondoljuk meg, hogy a



4. ábra



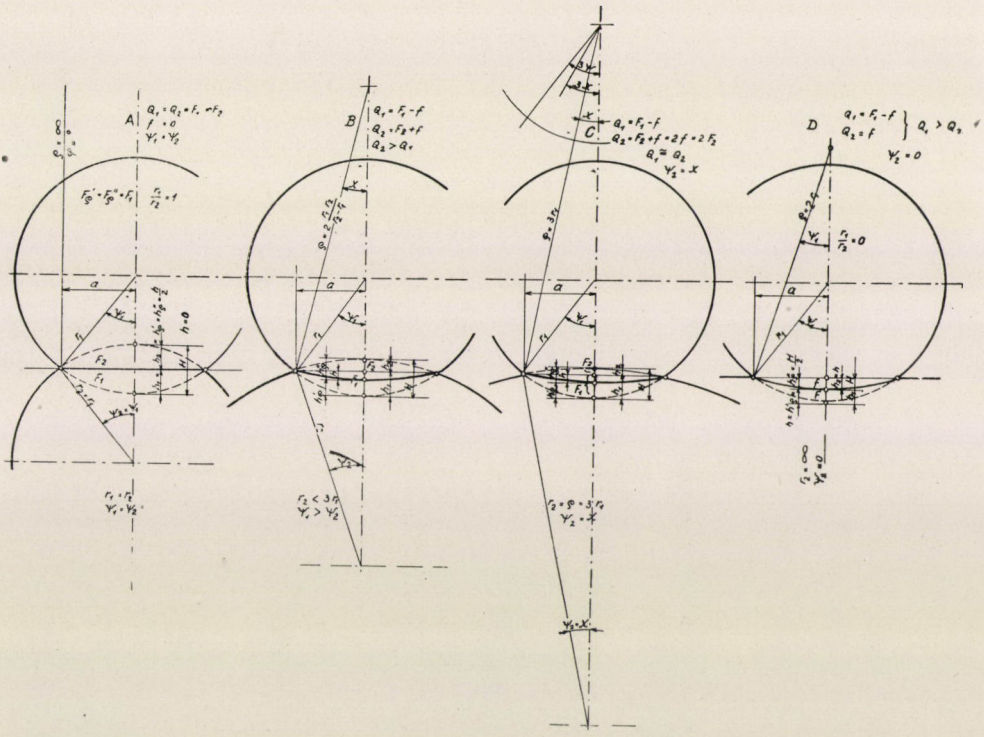
5. ábra

Translaterális elmozdulás

hengerfelszínnek egy $2 \cdot a$ húrhosszhoz tartozó eredeti ívhossza $2 \cdot r_1 \cdot \psi_1$, a p vonalnyomás hatása alatt a nyomsávban megrövidült — ellenkezőleg a síklapnál a megfelelő $2 \cdot a$ eredeti hossz a nyomsávban megtágult — máris láthatjuk, hogy a nyomsáv tényleges határszélvonalai nem egyezhetnek meg a geometriailag élesen kijelölt szélvonalakkal. Valóságos helyzetük megállapítása matematikailag egyelőre kilátástalannak tekinthető, mert az nemcsak a felszíngörbületségektől függ, hanem (eltekintve az anyagminőségtől) még a testek csatlakozó tömbalakjától is meglehetősen befolyásolva van ; más lesz például, ha a henger egy csőtest, mintha a henger tömör, de még inkább más lesz, ha — mint fogaskerékfogaknál — a profil a fogtest és koszorútesthez csatlakozva, egészen különleges testtömböket alkot. Meggondolásaink csak kvalitatív érvényűek, és ha belőlük további következtetéseket vonunk le, azok még inkább csak kvalitatíveknek tekintendők. Mindazonáltal a nyomsáv közvetlen környezetében használható tájékoztatást kaphatunk bizonyos valószínű feltevések mellett.

Legyen két, r_1 és r_2 sugarú hengernél az a fél húrhosszhoz tartozó eredeti ívhossz geometriai zsugorodása a nyomsávban λ' és λ'' és a változott ívhosszak különbözete $\lambda' - \lambda'' = \triangle\lambda \cdot$. Az elterelt anyagmennyiségek (1 cm henger-

hosszra területben kifejezhetően) $= Q_1$ és Q_2. A benyomuló anyagmennyiség (területben) $= f \cdot$ Akkor a *6. ábrában* (állandó r_1-hez) kövessük a következő eseteket :



6. ábra

A) $r_1 = r_2$; *B*) $r_1 < r_2 < 3 \cdot r_1$; *C*) $r_2 = 3 \cdot r_1$; *D*) $r_2 = \infty$

Feltevéseink : a = const., r_1 = const., ψ_1 = const., F_1 = const.

$$\text{Ekkor : } F_2 = \frac{r_2^2}{2} \cdot (2 \cdot \psi_2 - \sin 2 \cdot \psi_2)$$

$$f = \frac{\varrho^2}{2} \cdot (2 \cdot \chi - \sin 2 \cdot \chi)$$

A 6. ábránkban az utolsó *D*) esetben például :

$\lambda' = r_1 - \psi - \varrho \cdot \chi$ a hengeren, és :

$\lambda'' = \varrho \cdot \chi$ a síklapon. Bevezetve a számításokba a

súrlódásszöget, mivel: $\chi = 2 \cdot \varphi$; $\varrho = 2 \cdot r_1$;

$$a = r_1 \cdot \sin \psi_1 = 2 \cdot r_1 \cdot \sin \chi =$$

$$= 2 \cdot r_1 \cdot \sin 2 \cdot \varphi$$

így:

$\lambda' = r_1 \cdot (\psi_1 - 4 \cdot \varphi)$ és $\lambda'' = 2 \cdot r_1$

és az eltolódás a nyomsáv egyik oldalfelében:

$$\lambda' - \lambda'' = \triangle \lambda = r_1 \cdot (\psi_1 - 8 . \varphi) \ldots \qquad (10)$$

Általában, két henger összenyomásánál, ha azonos a méretre vonatkoztatjuk az összehasonlításokat és ugyancsak azonosan megmaradó r_1 kis hengersugár mellett az $r_2 = r_1$ szélső esettől az $r_2 = \infty$ (síklap) másik szélső esetig változó *nagy-henger* sugárnál vizsgáljuk a viszonyokat, akkor a *6. ábra* sorrendjét követve, a következőket figyelhetjük meg (pusztán geometriailag):

A) az $r_1 = r_2$ szélső esetben $h = O$; az eredeti ívhosszzsugorodások egyenlőek ; a nyomsávban nincsen eltolódás ; a komprimált anyagmennyiségek: $Q_1 = Q_2 = F_1 = F_2$, vagyis egyenlők a közös húr feletti mennyiségekkel ; a behatolási terület (köbtartalom) $f = O$.

B) az $r_1 < r_2 < 3 \cdot r_1$ esetekben : az eredeti ívhosszak a nyomsávban mindkét hengeren zsugorodtak, de nem egyenlő mértékben. A kiinduló $r_1 = r_2$ esethez viszonyítva, melynél az eredeti ívhosszak $2 \cdot a$-nyira zsugorodtak mindkét hengeren, most, r_2 növekedtével (a nagy henger behorpadt) a nyomsáv ívhossza $2 \cdot a$-hoz képest tágult és hasonlóképen tágult az állandó r_1 sugarú kishenger nyomsávbeli ívhossza is. Az eredeti ívhosszakat tekintve : $r_1 \cdot \psi_1 > r_2 \cdot \psi_2$; különböztük : $\triangle \lambda = r_1 \cdot \psi_1 - r_2 \cdot \psi_2$, vagyis az eltolódás > 0, mert

$$r_1 \cdot \sin \psi_1 = r_2 \cdot \sin \psi_2 \cdot$$

A komprimált területek (köbtartalmak) : $Q_1 = F_1 - f$; $Q_2 = F_2 + f$, ahol $Q_2 > Q_1$. Az oldallagos kiduzzadásra vonatkozóan, azok az előbbi

A) esethez viszonyítva mindkét hengeren csökkentek, az elterelendő anyag kevesebb. A nagy hengernél megfigyelendő, hogy a kiduzzadás gátolva van, mert a nyomsáv rajta behorpadt és zárolja a duzzadást, vagyis a duzzadás nem oly szabad, mint a kis hengeren és ennélfogva a p vonalnyomásra merőleges irányú (laterális) kompresszió nagyobbnak feltételezhető és a geometriailag adódó tágulás is nagyobb lesz, mint a valóságos, mégpedig a behatolásmélységgel, h-val (tehát r_2-vel) arányosan.

C) az $r_2 = 3 \cdot r_1$ esetben a nagy hengeren a behorpadt nyomsáv ívhossza egyenlő az eredeti ívhosszal (annak tükörképe) ; az eltolódás a fél nyomsávban : $\triangle \lambda = r_1 \cdot (\psi_1 - 3 \cdot \psi_2)$; a komprimált területek: $Q_1 = Q_2$ körülbelül egyenlőek a két hengeren.

D) az $r_2 = \infty$ esetben (síklap) : a síklaphoz tartozó eredeti hossz : a a

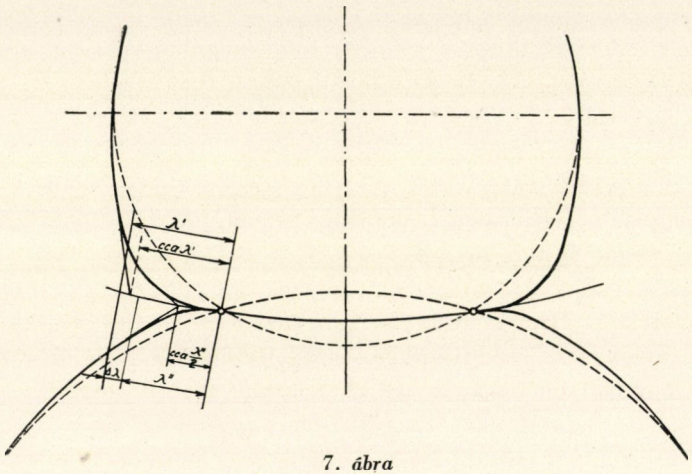
nyomsávban megnyúlik, a megnyúlás maximális lesz, míg a kis hengerhez tartozó eredeti ívhossz csökkenése a minimumot éri el. Igy az eltolódás a maximum lesz: $\triangle\lambda = r_1 \cdot (4 \cdot \chi - \psi_1)$. Ugyancsak maximális a behatolásmélység: h, valamint a behatolásterület: f is.

A komprimált területek: $Q_1 = F_1 - f$; $Q_2 = f$; $Q_1 > Q_2$.

Tágulások és zsugorodások csak úgy képzelhetők el, hogy az anyagrészecskék részben a p vonalnyomás irányában, részben erre merőleges irányban közelednek egymáshoz, és hogy elférjenek, kétoldalt ki kell egymást tolniok. Nem ismerjük, hogy a nagyhenger behorpadt, homorú nyomsávalakja milyen befolyással van a kiegyenlítődésre, vagyis, hogy mennyire közelednek és mennyire tolják szét egymást az anyagszemcsék, csak azt feltételezhetjük, hogy a nagy henger nyomsávjának környezetében a sűrűség átlagosan nagyobb lesz, mint a kishengernél. A kiduzzadások méreteit tehát nem tudjuk megállapítani, azonban kvalitatív megitélhetjük, hogy a geometriailag megállapított méretnél nagyobb vagy kisebb várható-e és hogy körülbelül milyen határok között mozoghat a módosulás. Ennyivel be kell érnünk, de már ez is nyujt némi segítséget a gyakorlat számára. Most ugyan pillanatnyilag nem térhetünk rá a felszínromlások fajtáira, azonban röviden rámutathatunk, hogy a hibásodás rendes okai kétféle jellegűek: vagy a p vonalnyomás nő meg túl nagyra túlterhelésnél, vagy egy közvetlenül hibásodást még nem okozó p érték túl gyakran ismétlődve, lassan kifárasztja az anyagot a folyamatosan összegeződő, parányi, maradó deformációk következtében. (Helyi anyaghibák, közbeszorult idegen testek, kóbor elektromos áramok, stb. rendkívüli okoktól eltekintünk.) Az ütközések tulajdonkép hirtelen túlterhelések, melyekkel külön fogunk foglalkozni. Maga a romlás általában szintén két fajtáju: ha nyomó- és nyíróigénybevételtől származik, akkor elgyúródás, folyás a jellege, ha húzóerőktől keletkezik, akkor mint berepedés, hámlás jelentkezik. Fogkapcsolódásnál (azonos anyagok és hőkezelés esetén) rendesen a kiskerék hibásodik hamarabb, ha anyagkifáradás az ok, mert itt az igénybevétel frekvenciája az áttevés arányában nagyobb. Mindamellett a tapasztalás szerint, elég gyakran előfordul, hogy a nagyobb görbületi sugarú nagykerékfogakon áll elő hamarább a romlás. Ha a kiskerékfog keményebb (ez a rendes eset), akkor a nagykerékfogon folyás, a kiskerékfogon inkább hámlás szokott előállni, A hámlási berepedés az oldalkiduzzadás hirtelen görbültségű könyökében, tehát a geometriai nyomsáv határszélen kivül áll be, és igy a repedés mutatta látszólagos nyomsáv szélesebb a valóságnál. A folyás a nyomsávközépen kezdődik gátolt folyás alakjában, mégpedig túlterhelésnél egyszerre nagyobb kiterjedésben, kifáradásnál parányi kis helyen, ahol rögtön újra megfagy, és igy újra meg újra felengedve és megfagyva, lassan kilágyítja az egész profilt, a lágy anyag elgyúródik és bizonyos kinetikusan meghatározott irányban terelődik egy plasztikus gerincél formáját öltve a kapcsolás centrálisa táján. Erre a kinetikus súrlódás elemzésénél bővebben kell majd kitérnünk. A 7. *ábránkban*

az oldalkiduzzadások valószínű alakulása van erős torzítással feltüntetve, azzal a feltevéssel, hogy a nagy henger kiduzzadása, tekintettel a nagyobb sűrűsödésre, a geometriailag adódónál kisebb, talán csak a fele, míg a kis hengernél közel a teljes mértéke.

Vizsgálataink további feladata a mikroelmozdulás hosszára vonatkozik. E tekintetben a súrlódás orthodox felfogása jól felhasználható kiindulást nyujt: a csúszás akkor indul meg, ha a vízszintes síklapot fokozatosan billentve elérjük a súrlódásszöget. Ha már most fordítva úgy képzeljük, hogy (*5. ábra*) a *B* pontot a *p* vonalnyomás ellenében *h* magasságig emelnők, akkor a nyomsávlejtő az *A* pont körül vízszintesre billene és ezzel a lejtőellenállás megszűnnék és a csúszás megindulásának akadálya többé nem lenne. Ha a művelet helyett az *i* vízszintes



7. ábra

erő alkalmaztatik, akkor *i*-nek munkája ugyanannyi vagy legalább is arányos a *p* vonalnyomásnak a *h* benyomulásmélységnyi úton végzett munkájával:
$i \cdot x = \nu \cdot p \cdot h$, ahol *x* a mikroelmozdulási hossz, és ν egy arányossági tényező, mely közel 1-nek tételezhető fel, miért azt el is hagyjuk.

Mivel $i = S_y = \frac{p}{2} \cdot tg\ \varphi$ és $tg\ \varphi$ a (8) és (9) egyenletünk szerint:

$$tg\ \varphi \simeq \sin \varphi \simeq \varphi = \frac{h}{a};\ i = \frac{p \cdot h}{2 \cdot a}$$

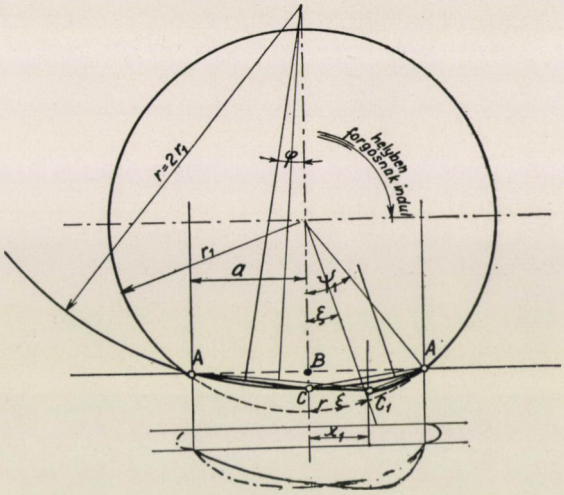
$$x = \frac{p \cdot h}{i} = 2 \cdot a \text{ volna.}$$

φ helyett (*7. ábra*) tulajdonképpen φ' irandó, ahol $\varphi' < \varphi$, eszerint a mozgás megindulásától kezdve a $tg\ \varphi' < tg\ \varphi$ a súrlódástényező csökkent. Ez egyezik az ortodox felfogással is; kis terheléseknél a különbség elenyésző, nagy terhe-

léseknél azonban már fölötte tekintélyes. A nagyteljesítményű hadihajó propulzió hajtóműegységekkel végzett befeszített torzió alatt megindított hatásfokmérési kísérleteknél (Transactions of the ASME, 1949. július) az indulás ellenállása háromszor is akkora volt, mint a futásközbeni.

Az elcsúsztató i erő felléptével a nyomsáv szimmetrikus alakja fokozatosan eltorzul, mélypontja i irányában eltolódik; az i-vel szemközti kiduzzadás feltorlódik, mögötte pedig felenged. A kis hengeren fordítva i előtt felenged és elnyúlik a kiduzzadás, mögötte meg fokozódik. A $2 \cdot a$-nyi mikroelmozdulás befejeztével a nyomsáv eltorzult alakja állandósul a további elcsúszás folyamán.

A másik határesetet tekintve: a síklap áll és a p vonalnyomással terhelt henger egyhelyben maradva, egy tiszta forgató nyomatéktól elforogni indul.

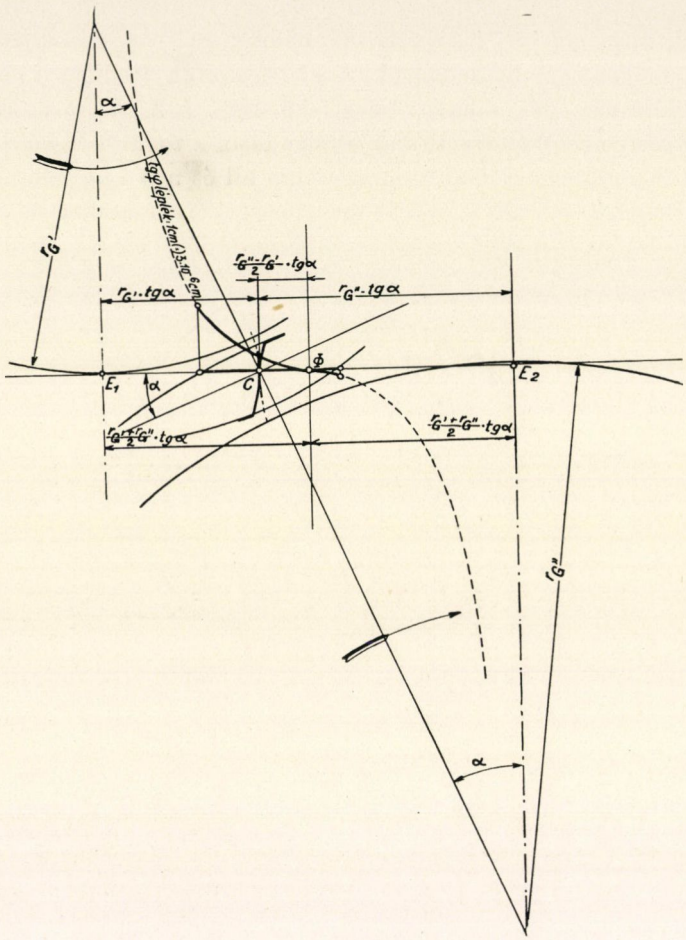


8. ábra

(Tiszta forgató nyomaték alatt értve, hogy azt minden csapágysúrlódás közrejátszása nélkül képzeljük.) (A sínkerék-vontatás nem jelen analízishez tartozik. E kérdésekkel a M. M. és É. E. Közl. 1922. évi 10. sz-ban: »Gördülő csapágyak újabb fejlődése« értekezésemben foglalkoztam behatóbban.)

A hengerben torzió-feszültség és egy mikroelcsavarodás keletkezik, mely a nyomsávot az előbbi esethez hasonlóan torzítja el, de a mikroelfordulási szakasz — tekintve azt, hogy a hengersugár igen nagy a deformációmérethez viszonyítva — körülbelül azonos lefolyású, mint a translaterális elmozdulásnál volt. Az indítónyomaték: $i \cdot r_1$, melynek munkája: $i \cdot r_1 \cdot \xi = p \cdot h$, ahol: $\xi = a$ mikroelcsavarodási szög és ahol $r_1 \cdot \xi$ egyenesnek vehető és azonosnak az x translaterális mikroelmozdulási hosszal, eszerint: $r_1 \cdot \xi = 2 \cdot a$, és $\xi = \dfrac{2 \cdot a}{r_1}$ $= 2 \cdot \sin \psi_1 = 4 \cdot \sin 2 \cdot \varphi$. A nyomsáv-eltorzulás mindenesetre kissé más, mint a translaterális elmozdulásé és körülbelül a *8. ábra* szerint alakulhat. A

közbülső esetek, mikor az egyik henger áll és a másik forgásnak indul, némi eltérést mutatnak : ugyanis nem egészen közömbös, hogy a nagy henger áll-e vagy a kis henger ; ez fogkapcsolás szempontjából érdekel, mert ott a momentán



9. ábra

csúszásoknál az eset az egyikről a másikra vált át, és ez az átváltás egyik lényeges megkülönböztetője a beharapás és nyitás szakaszainak. Közelebbi vizsgálatát ennek a kinetikus súrlódás elemzésénél fogjuk sorra venni.

A mikroelmozdulási hossz ismerete a csúszásnál keletkező hang magasságának megállapítására szolgálhat, sőt esetleg azokra a kritikus fordulatszámokra is engedhet következtetni, melyeknél rezonancia folytán a hang tűrhetetlenné válhatik. A hangrezgések ugyanis a felszabaduló nyomsávfelszín vibrációiból keletkeznek, legalább is ez valószínűen a legszámottevőbb ok. (A fogkonzol

behajlásának felszabadulása bizonyára sokkal alacsonyabb hangot kelt. Jól ismerjük a tányéron megcsúszó villa sívító hangját, mely nem a villából, hanem a tányér zománcából jön.)

A makrosúrlódás tényezőjét eddig csak henger és síklap esetére írtuk fel, de azt általánosabb formában is meg kell adnunk.

A (9), (2) és (3) egyenleteinkkel:

$$tg\,\varphi = 0{,}38 \cdot \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{1}{r_1 + r_2} \cdot \frac{r_2 - r_1}{\sqrt{r_1 \cdot r_2}}}$$

Evolvens fogprofiloknál $r_1 + r_2 = \text{const} = T \cdot \sin \alpha$ lévén:

$$tg\,\varphi = 0{,}38 \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{1}{T \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{r_2 - r_1}{\sqrt{r_1 \cdot r_2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

tehát: $r_1 = r_2$ esetében $tg\,\varphi = 0$; ez a hely a centrálistól $\frac{r_{G''} - r_{G'}}{2} \cdot tg\,\alpha$ távolságban van (*9. ábra*), vagyis a teljes lehető kapcsolóhossz felező pontjában, Φ-ben. ($r_{G'}$ és $r_{G''}$ az alapkörsugarak.) $r_1 = O$, vagy $r_2 = O$ esetében: $tg\,\varphi = \infty$; ezek a helyek az evolvensek gyökpontjainál vannak, vagyis a teljes kapcsolóhossz két határpontjánál E_1 és E_2-nél. A $tg\,\varphi$ változását a kapcsolóvonal mentén épúgy, mint $\sigma_{X\ max}$ változását a *3. ábra* diagrammjában, felrajzoltuk a *9. ábrában.*

Az *I. táblázatban*, néhány görbületi sugarú hengerpárosításnál, $p = 100$, — 200 és 500 kg/cm vonalnyomásra, $E = 2 \cdot 10^6$ elaszticitásmodulusnál, azonos anyagú és hőkezelésű és megmunkálású felszíneknél a következő értékek vannak összeállítva: a, h, $\sigma_{X\ max}$, $\sigma_{X\ közép}$, $tg\,\varphi$, továbbá: $\sigma_{X\ max} - \sigma_{X\ közép}$. A viszonyszám $\sigma_{X\ max} : \sigma_{X\ közép} = \frac{4}{\pi}$ Az értékek számszerű képet kívánnak adni. A táblázat alján igen kis r_1 értékekre vonatkozó számok csak egészen bizonytalan közelítések, és csak a nedves súrlódásnál kívánnak némi tájékozásul szolgálni. A táblázat adataiból azonban látható, hogy $tg\,\varphi$ értéke 0,015 és 0,002 között mozog.

Ortodox mérési adatok szerint a száraz sztatikus súrlódástényező $0 \cdot 2$ körül van. Ebből az következnék, hogy a makrosúrlódás az egész súrlódásnak csak egy elenyésző töredéke lehet, az oroszlánrész a mikrosúrlódás különféle összetevőire esnék.

Már most előrebocsáthatunk azonban annyit, hogy a nedves, olajozott kinetikus súrlódásnál ez a viszony egészen másképp alakul. Jobb kivitelű fogaskerékpár hatásfoka mérések szerint 98%-nál is nagyobb lehet, vagyis a teljes

súrlódási veszteség 2%, mégpedig a fognyomás több fogra is eloszolván, ez is javulásként könyvelhető el. A teljes súrlódástényező következéskép 0,02 alatt marad. Mivel a makrosúrlódási tényező a nedves kinetikus súrlódásnál sem csökken lényegesen, mit azt látni fogjuk, így tehát kiviláglik, hogy itt megfordítva, a mikrosúrlódás lesz az elenyésző rész és a makrosúrlódás marad a főösszetevő. A nedves súrlódás vizsgálata előtt természetesen csak durva képet adhatunk.

A HERTZ egyenleteknek ferde fogazásokra való alkalmazása már nagyon eltérne érvényességi feltételeiktől. Ismeretes, hogy a ferde fogra normális metszetben a fogprofil nem az a profil, mely a kapcsolási elmozgást és annak munkáját végzi; ezt a keréksíkmetszetben fekvő profil hajtja végre. Az is ismeretes, hogy a keréksík fogprofil görbültségi viszonyai jóval előnyösebbek, mint a normál metszésbeli fogprofiloké, mégpedig a fogferdeségszöggel javulnak.

Ha a keletkező felszínfeszültségeket egy, a keréksíkba eső és egy axiális komponensre bontva képzeljük, akkor (sztatikus állapotban is) az axiális összetevő magával szemközt összefüggő tömör anyagot talál, mely kitérni nem tud és végeredményben az axiális csapágyban talál reakcióra. A keréksíkbeli összetevő ellenben két konvex görbe érintkezésén át áll egyensúlyban. A *Hertz* egyenleteket tehát legfeljebb a keréksíkbeli előnyösebb görbültségi viszonyokra vonatkozásban lehetne alkalmazni és a vonalnyomás ez esetben, függetlenül a fogferdeségtől, a kerékszélesség 1 cm-ére eső kerületi erőkből volna számítandó. Hajlítási számításoknál hasonló természetű meggondolás alapján, végezzük az ellenőrző számítást. A *Hertz* egyenletek ily felhasználhatóságára nincsenek bizonyítékaink, és igy, kivált a kinetikus folyamatoknál a belőlük levezethető következtetéseket szigorúan csak kvalitatíveknek kell tartanunk.

2. *A száraz kinetikus makrosúrlódás.*

Csak két konvex henger (határesetben síklap és henger) esetére terjeszkedünk ki. A belső fogazás esetét közel hasonlónak tekinthetjük a sík-konvex esethez.

Mind a tiszta csúszásnál, mind a tiszta gördülésnél elegendő lesz csak a határesetekkel foglalkoznunk, melyek:

Tiszta csúszásnál: *a*) álló síklap és rajta csúszó henger,
b) álló síklap és rajta egyhelyben forgó henger,
Tiszta gördülésnél: *c*) két különböző átmérőjű henger, ideértve a sík és henger esetét is,
d) két egyenlő átmérőjű henger.

A sztatikus súrlódás mikroelmozdulási szakasza után a kinetikus folyamat megkezdődésénél még egy oly átmeneti szakasz is következik, amelynél a tömeggyorsítás is szerepel. E szakasz elemzésébe nem bocsátkozunk, hanem feltételezzük, hogy a mozgás már egyenletes sebességű, és ez a sebesség nem haladja meg a 20—25 m/sec értéket; máskép kifejezve: a sebesség befolyásától eltekintünk, és így bizonyos értelemben még sztatikus elgondolási alapon maradunk.

A dinamikus hatások befolyását a nedves súrlódás tárgyalása során fogjuk vizsgálni. Meggondolásaink elasztikus határon alul maradó terhelésekre vonatkoznak.

a) *Álló síklap és rajta csúszó henger.*

A mikroelmozdulás befejeződésével kialakult eltorzult nyomsáv a hengerfelszínen egyhelyben marad, és elől megnyúlt, hátul megduzzadt alakját megtartva, csúszik tovább. A síklapon a nyomsáv ellenkezően elől duzzadt meg és hátul megnyúlt ; rajta a nyomsáv eltorzult alakját megtartva, folyton megújulva vándorol tovább a hengerrel. Elől torlasztja, maga után simítja a felszínt. A torlasztás ellenállását állandóan le kell győzni. A mögöttes elmaradó felszín ugyan elasztikusan felenged, de ez a felengedés fázisban elmaradván, a felszín vibrációba lép, melynek a sikra merőleges irányú amplitudója a h behorpadásmélység, mozgásirányú (tangenciális) amplitudója pedig az a hosszkülönbség, mely a nyomsáv-ívhossz és a $2 \cdot a$ húrhossz között keletkezett. A frekvenciára is következtethetünk az előzőkben tárgyalt mikroelmozdulási hossznak a síklapra eső x_2 hosszából, mert ennek befutásához szükséges idő a csuszósebességből kiszámítható. A frekvencia ilymódon legalább is megközelíthető és ezzel a keletkező két hangmagasság is; egyik, amely a radiális, másik, amely a tangenciális vibrációból ered. Még a hangteljesítmény mértéke is megközelíthető az elterelt anyagmennyiségek kapcsán.* A vibrációk lassan, vagy gyorsabban csillapulnak az anyag belső szerkezete szerint. A csillapodással a hangon kívül más szóródó energiák, elsősorban a meleg, is elvezetődnek. Minél nagyobb a csúszósebesség, annál magasabb a hang és nagyobb a fejlődő meleg. Igen nagy sebességnél (például egy tányéron megcsuszamló villa) sivító éles hang léphet fel, és a meleg, ha levezetése nem elég gyors, hőkoncentrációt, oxidálást, esetleg folyást, mindenesetre anyagszerkezeti elváltozást, okozhat ; a maradó deformáció növekedik és gyakori ismétlődés esetén az anyag felszíne kilágyul, vagy tömörül (megkeményedik), a hőelvezetés sebessége és az anyag tulajdonsága szerint. Rendes, mérsékelt sebességnél ez egy igen lassú folyamat ; anyagkifáradásnak nevezik.

Vizsgálataink, mint már említettük, nem terjeszkednek ki a nagy sebességekre. Ez egy későbbi analízis feladata, melyhez most csak kiinduló alapot szeretnénk teremteni. A kinetikus makrosúrlódási tényezőre vonatkozóan mérsékelt sebességeknél azt lehet feltételezni, hogy az állandó marad, és körülbelül azonos a sztatikus makrosúrlódástényezővel.

b) *Álló síklap és egyhelyben forgó henger.*

Az előbbitől ez az eset csak annyiban tér el, hogy itt nem a behatolást szenvedő, hanem a behatoló nyomsáv az, mely folytonosan megújúl, megnyúlt,

* Ilyen irányú kísérletekre az a mód kínálkozik, hogy egy fogfelszínre a kapcsoló vonal irányában különféle magasságból golyókat ejtünk és analytikus méréssel meghatározzuk a fogfelszínből keltett hangot.

támadó oldalával elől, és megduzzadt, elmaradó oldalával hátul vándorol a henger kerületén körülkergetve. Szemben vele az elől megtorlasztott és hátul felszabadult síklap-nyomsáv egyhelyben áll. A hengerfelszínen a nyomsáv minden fordulatnál, minden helyen megismétlődik. A keletkező vibrációk amplitudója h a radiális irányban, a tangentiálison pedig a $2 \cdot a$ húrhosszhoz tartozó eredeti ívhosz és a nyomsáv-ívhossz különbözete. A frekvenciára $r_1 \cdot x$ befutási ideje mértékadó. Különös figyelmet érdemel, hogy ha az egy fordulat alatt még le nem csillapult vibráció frekvenciája a fordulatszámmal rezonanciába kerülne, akkor a megújuló impulzusoktól a vibráció felerősödik. Nagyobb fordulatszámnál a csillapodásra kevesebb idő áll rendelkezésre, és rezonancia esetén a hang nagyon felerősödhetik, esetleg a hőmérséklet is veszedelmessé válhatik. Megvan a mód a kritikus fordulatszámok megállapítására is, de ez kívül esik keretünkön.

Vizsgálati feltételeink határán belül a makrosúrlódás tényezője, úgy mint az előző esetben, állandónak feltételezhető. Értéke tekintetében valószínűleg valamelyest kisebb, mint az *a*) esetben és ez gyakorlatilag is észlelhető.

c) *Henger tökéletesen gördül álló síklapon.*

Gördülésnél a p vonalnyomás alatt sztatikusan keletkezett nyomsáv nem torzul el, illetőleg a torzulás elenyésző kisméretű, és így a mikroelmozdulás is végtelen kicsiny, ha lehető tökéletesen elasztikus testekről van szó. A nyomsáv eredeti alakját megtartva mindkét felszínen folytonosan megújul, és a gördülés alig fogyaszt makrosúrlódási munkát. Az a forgatónyomaték, mely a gördülési ellenállás legyőzésére állandóan szükséges, oroszlánrészben a mikrosúrlódástól származik ; erről később tárgyalunk. Valamelyes makrosúrlódásnak mégis kell lennie, mert az anyag sohasem tökéletesen elasztikus, és így a nyomsáv gördülés közben, ha még oly keveset is, de eltorzul. Ezt azonban a p vonalnyomás nem közvetlenül, hanem csak a mikrosúrlódáson át közvetve létesíti.

Ha semilyen súrlódás nem volna, akkor egy p vonalnyomás alatt álló henger tiszta forgatónyomatéktól nem gördülni, hanem egyhelyben forogni indulna. Hogy gördülés állhasson elő, szükség van a később tárgyalásra kerülő mikrosúrlódásra az indítási szakaszban.

Ortodox elmélet szerint a gördülés megindításához $M = Q \cdot f_g$ nyomaték kell, és : $f_g = r \cdot t_g \gamma$, ahol γ az a lejtőszög, melyre a vízszintes sík megbillentendő, hogy a gördülés meginduljon.

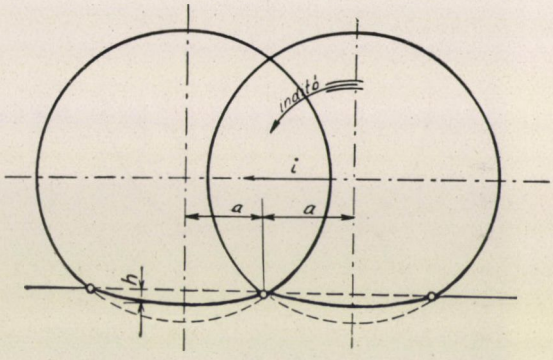
Eddigi jelöléseinket használva Q helyébe p az r hengersugár helyébe $2 \cdot r = \varrho$, vagyis a nyomsávhenger sugara irandó, mert ez a hengerfelszín az, mely valójában gördülni indul :

$$M = p \cdot f_g ; f_g = 2 \cdot r \cdot tg\ \gamma.$$

A nyomsávhenger kerületén i kerületi erő indít :

$$M = i \cdot 2 \cdot r = p \cdot 2r \cdot tg\ \gamma ; \frac{i}{p} = tg\ \gamma.$$

Az i erő szerepe az, hogy a gördülést elindítsa. Az $i \cdot 2 \cdot r$ nyomatéknak két paralel (konvex és konkáv) nyomfelszín közötti, általunk mikrosúrlódásnak (vontatás-technikában adhesionak) nevezett ellenállást kell legyőznie, mely p-vel arányos, és annak valami 0,01 — 0,1 rendű számmal, vagyis a száraz mikrosúrlódási tényezővel : $tg\ \xi$-val való szorzata. Ennek az i indítóerőnek az elindulásig végzendő munkája $= i \triangle \lambda$ ahol $\triangle \lambda$ az előzőkben (10) egyenlettel megadott nyomsávbeli tágulás és zsugorodásnak (síklapon és hengeren) a különbözete. Acélanyagoknál ez egy igen kicsi, 0,001-nél jóval kisebbrendű távolság. Gördülés alatt az állandóan végzendő munka feltehetően még kisebb. A makrosúrlódási rész teljesen elhanyagolhatónak látszik mérsékelt sebességeknél, mert elasztikus felengedésében a fáziselmaradás csak végtelen kicsiny lehet. Ha ezt a kis gördülő makrosúrlódási részt valamikép érzékelni próbáljuk, akkor egy való-



10. ábra

színű feltevésből indulhatunk ki. A nyomsáv $2 \cdot a$ legördülésút alatt teljesen megújul, (*10. ábra*). Az $i \cdot 2 \cdot a$ munkát arányosnak vehetjük a p vonalnyomás h úton végzett munkájával :

$$i \cdot 2 \cdot a = \nu \cdot p \cdot h\ ;\ \text{de} : \frac{h}{a} = tg\ \varphi,\ \text{és így :}$$

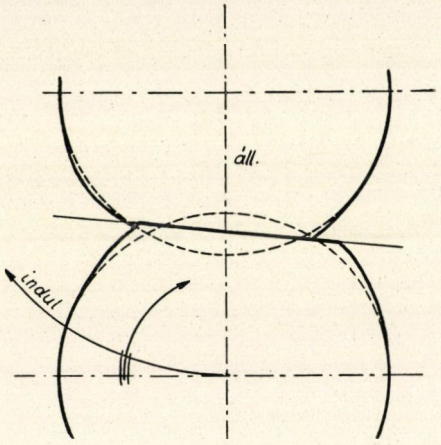
$$i = \nu \cdot p \cdot \frac{tg\ \varphi}{2}$$

A ν arányossági faktor igen kicsi, jóval 0,001 rendű szám alatti értékű lehet csak, de ha nagyon túlzottan 0,1-re vennők, a gördülési makrosúrlódás tényező akkor is csak egy huszadrésze volna a csúszási makrosúrlódás tényezőnek. (Elasztikus, de gyorsan fáradó anyagoknál, mint például rossz minőségű guminál a ν értéke talán közel juthat a felvett 0,1 értékhez, vas- és acélanyagoknál azonban igen távol lesz tőle.) Az elasztikus visszarugódás ideje az anyagok szemcsestruktúrájával áll összefüggésben. A szemcsék bizonyos

határozott vibráció-rendszerű molekuláknak a kohézióval összetartott csoportjai. Az idő folyamán külső behatolások alatt a molekulacsoportosulások átalakulhatnak, nem asztronómiai idő, hanem a saját relaxáció-idejükkel meghatározott folyamatban. Ez a relaxáció-idő nemcsak anyagok szerint különböző, hanem az anyagok előélete szerint is más. Pihent anyag másként viselkedik, mint sokszor terhelt anyag (eltekintve külső körülményektől, mint hőmérséklet, stb.)

Egészen elasztikusnak tekintett anyagoknál is van hiszterézis, ezt renyheségnek nevezhetjük.

Ezekkel a folyamatokkal egy egészen új keletű, a kolloid fizikával és kémiával kapcsolatos tudomány, a rheológia foglalkozik. (V. D. I. 1950 Jan. 21 Ing. H. Umstatter). A nagyértékű kutatáseredmények a száraz és nedves súrlódás megvilágításához nagyban hozzájárulnak.



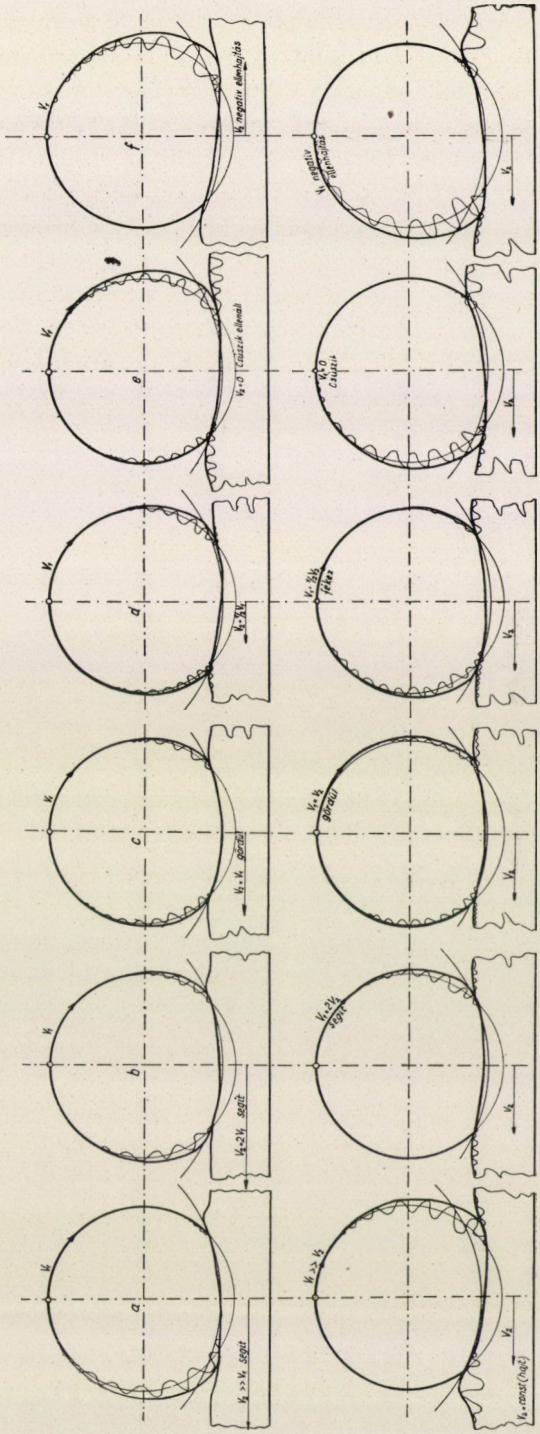
11. ábra

Nagyon meglehet, hogy mind e feltevések erősen eltérnek a valóságtól, de előre bocsátottuk, hogy csak kvalitatív képet van módunkban nyujtani. A kis gördülési makrosúrlódás igen gyönge vibrációkat, halk hangot és csekély meleget fejleszt.

Ha két nem egyenlő sugarú henger gördül egymáson, akkor a viszonyok lényegesen nem változnak, csak azt lehet megjegyezni, hogy itt vibráció-erősödés nemcsak a kis hengeren, hanem a nagy hengeren is felléphet, mind a fordulatszámmal, mind a kis henger vibrációival való rezonancia esetében. Ilyesmi fogkapcsolódásnál is elképzelhető.

d) *Két egyenlő sugarú henger gördül egymáson.*

Ez a határeset azért érdemel különös figyelmet, mert itt a nyomsáv síkalakú és a behatolás = 0 ; eszerint a gördülő makrosúrlódás is = 0. Teljesen ez sem állhat, mert a sík nyomfelszín a hajtónyomatéktól valami keveset mégis


a
b
c
d
e
f
V_1
V_2
$V_2 \gg V_1$ segít
$V_2 = 2V_1$ segít
$V_2 = V_1$ gördül
$V_2 = \frac{1}{2}V_1$
$V_2 = 0$ Csúszik ellenáll
V_2 negatív ellenhajtás
$V_1 \gg V_2$
$V_1 = 2V_2$ segít
$V_1 = V_2$ gördül
$V_1 = \frac{1}{2}V_2$ fékez
$V_1 = 0$ Csúszik
V_1 negatív ellenhajtás
$V_2 = const$ (hajt.)

12. ábra

el fog torzulni és a *11. ábrában* torzítva feltüntetett, végtelen kis hajlásszögű, középen inflexiós alakot fogja ölteni. A hosszú ideig való gördülés után tapasztalható felszíntömörülés és anyagkifáradás ezt bizonyítja.

Többé-kevésbbé plasztikus anyagoknál a gördülés egészen más képet ölt. Csak a havas, jeges úton járó kerékre, vagy a vashengerlésre kell gondolnunk, hogy a különbség szembeszökő legyen, de az ilyen gördülés elemzése egészen más lapra tartozik.

3. *Vegyes elmozgások.*

Rátérhetünk ezekután az oly elmozgásokra, melyeknél csúszás és gördülés együtt lépnek fel. Ha az elmozdulások sebessége mérsékelt, akkor a makrosúrlódástényező állandó marad. A súrlódásokozta teljesítményveszteség természetesen arányos a sebességgel, maga a tényező azonban változatlannak tekinthető, ha az anyagok igénybevétele az elaszticitási határon belül marad. A vegyes elmozgás száraz makrosúrlódási tényezője a csúszó és gördülő makrosúrlódások összege volna, de mivel az utóbbi érték viszonylag is igen kicsiny, bátran elhanyagolható, és marad csak a transzlaterális elmozgás makrosúrlódási tényezője egyedül, mint számbaveendő érték.

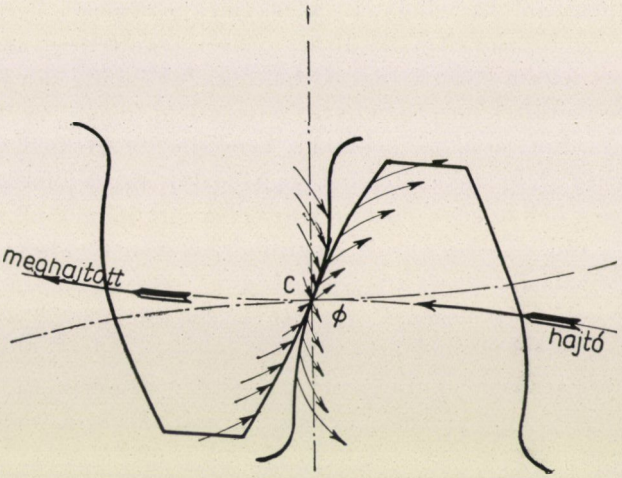
Tanulságos lesz torzítva rajzolt képekben követni a nyomsáv és a kiduzzadások alakulását a csúszási és gördülési sebességek különféle összetételénél, legegyszerűbben a síklap és henger vegyes elmozdulásainál. *A 12. ábrákban* a hajtóhengert állandó fordulatszámmal forogva képzeljük. A hajtáshoz a síklap segítségképpen csak azesetben járulhat hozzá, ha sebessége nagyobb, mint a hajtóhenger kerületi sebessége ; ha egyenlő lesz vele, akkor beáll a tökéletes gördülés (*c* kép), míg, ha kisebb, nulla vagy ellenkező értelművé válik, akkor fékez, ellenállást fejt ki. Fogkapcsolódásra gondolva, a képsorozatot fordított sorrendben kell követni : az *f* kép a hajtó beharapására vonatkozik, utána az *e* és *d* fázison át érünk a tiszta gördüléshez *c*-ben, tovább utána a *b* fázison át a nyitás befejeztéig *a* -ban. Ha a nyomsávok és duzzadások változásait nézzük, megfigyelhetjük azt, hogy a tiszta gördüléstől (*c* kép) jobbra és balra eső fázisokban a nyomsávok és duzzadások körülbelül egyenlő tükörképei egymásnak.

Nagyobb sebességeknél a duzzadások bizonyára növekednek, és velük növekednek a felszín felszabadulási vibrációk amplitudói és frekvenciái is, vagyis a hangnyomás-szint. A képekbe berajzolt vibrációcsillapodás természetesen kvalitatív elképzelésnek tekintendő. A *12. ábránk* felső képsorozatában a hajtó tag a henger, vagyis fogkapcsolási vonatkozásban a lassító áttevés viszonyait mutatja fogasrúd és kiskerék esetében. Az alsó képsorozatban fordítva, a síklap a hajtótag, ami a felgyorsító hajtásnak felel meg. Ha a viszonyokat különböző sugarú hengerekre (két konvex fogprofil) akarnánk kivizsgálni, a variáns esetek száma igen nagy lenne, aszerint, hogy melyik a hajtótag, és hogy a folytonosan változó sugarak folyamán hova esik a görbületi sugarak egyenlőségének helye, a Φ váltópont, melytől a behatolás egyik hengerről átmegy a

másikra. Lassító áttevésnél ez a váltópont a centrális után következik (a teljes kapcsolóhossz felező pontjában) (*9. ábra*), míg gyorsító áttevésnél ez a Φ pont megelőzi a C centrális pontot. Viszont 1:1 áttevésnél a Φ és a C összeesnek.

A relatív elcsúszások O-pontja, vagyis a tiszta gördülés, minden esetben a C centrális pontban áll elő.

A profil-felszinekben az anyagelterelések iránya és nagysága a *13. ábránkban* van sematikusan ábrázolva, 1 : 1 áttevésnél. A hajtófogon az anyag a C ponttól el-, széjjelterelődik, a meghajtott profilon ellenkezőleg a C pont felé torlasztódik.



13. ábra

A hajtó profilon C pontban egy két oldalról vájt él keletkezik, a meghajtott profilon ellenkezőleg egy két oldalról domborított púp duzzad ki, ennek következtében a centrális pontban a görbületi viszonyok a felszineken nem az evolvensek görbületei többé, az egymásbahatolás nem $= O$, hanem megromlott, a hajtó profil mintegy beleszúr a meghajtottba, a makrosúrlódás hirtelen megnő, mikroméretű helyen nagy felszínfeszültségek keletkeznek éppen akkor, mikor ezeken az éleken a tiszta legördülés áthengerlődik. Ha nem 1 : 1 áttevés, hanem lassító áttevés van, akkor a keletkező él és púp a centrális után, tőle

$$\frac{r_{G'} - r_{G''}}{2} \cdot tg\ \alpha$$

távolságban, a nyitási szakaszban keletkezik és a simító kapcsolás kifelé tereli az anyagot. Gyorsító hajtásnál ellenkezőleg a púp és élképződés a Φ pontban, a centrálisba való beérkezés előtt kulminál és az anyag a centrális felé, befelé gyúródik, a centrálisban az él és púp még jobban kiélesedve kerül lehengerlés alá és a makrosúrlódást momentán még sokkal erősebben növeli, mint 1 : 1 áttevésnél. A felszínfeszültségek e növekedése a centrálisban — ez a pont különben is rendesen az egy-fog-hordási zónába esik és egyedül

viseli a p vonalnyomást — könnyen okozhat folyást vagy kipattanást. Véleményem szerint a centrális körüli gödrösödésnek legtöbbször ez az oka.

A kinetikus makrosúrlódás tényezőnek a sebességtől való függésével a nedves súrlódás tárgyalásánál fogunk még foglalkozni.

4. *A mikrosúrlódás.*

A régi felfogás súrlódáson csak az általunk mikrosúrlódásnak nevezett összetevőt értette, vagyis a simán megfekvő paralel felszinek közötti súrlódást, melyek egymásba be nem hatolnak, illetőleg csak a felszíndurvaság kis kiálló élecskéi behatolásaitól karcolódnak. A felszinek egészének deformációi és az ebből eredő anyagelterelés ellenállását nem vették tekintetbe, valószínűleg azért, mert két konvex felszín közötti vegyes elmozdulások, amilyen a fogkapcsolódás, egyáltalán nem kerültek megfigyelésre. A figyelem simán megfekvő felszinek súrlódása felé fordult, amilyen például a keresztfej vezetéknél, derék- és talpcsapágyaknál, vagy fékpofáknál lép fel. Foglalkoztak ugyan a felszín-deformációk problémáival elég behatóan a gördülő csapágyaknál, de ezeknél tiszta gördülésről lévén szó, a csúszással párosult elmozdulások nem kerültek súrlódás szempontjából kivizsgálásra.

A fogkapcsolás súrlódásának szerepét először Büchner (Z. d. V. D. I. 1902) világította meg, megkülönböztetvén a beharapási szakasz torlasztó, fékező jellegét a nyitási szakasz simító, vonó jellegétől; azonban az anyagelterelési ellenállásról, vagy fémpor és más kemény tisztátalanságok terelődéséről nála még nincsen szó.

Sokat foglalkoznak napjainkban fékezésproblémákkal a súrlódás állandósítása és biztos szabályozhatósága jegyében. Nagyértékű vizsgálatokat eszközöltek, különösen a csúszó talpcsapágyak nedves súrlódása terén. Sajnos, az eredményeknek a fogkapcsolás esetében kevés — inkább csak negatív — hasznát vehetjük.

A súrlódás a legrégibb felfogás szerint (Amontong, 1699) pusztán és egyedül a normál terheléssel arányos. Ma is azt tanítják, bár mindenki tudja, hogy ez a tétel milyen korlátolt érvényességű. A kézikönyvekben megadnak mindenféle anyagokra fix súrlódástényezőket, melyek igen korlátolt feltételű kísérletekből származnak. A gyakorlat kénytelen úgy segíteni magán, hogy e tényezők használatánál igen tág tűréshatárokkal dolgozik, de ez igen gyenge segítség. A régiek is tudatában voltak, hogy nehéz terheléseknél az érintkező felszinekben elváltozások állhatnak elő; az öntöttvas-fékpofa megolvadhat, és a súrlódástényező felugrik a 4—5-szörösére, más esetben ellenkezőleg leesik a felére. Azért, ha a súrlódástényezőt kísérletileg megállapították és az arányossági szabálytól eltérés mutatkozott (például ha a felszinek összekarmolódtak), abba is hagyták a kísérletezés folytatását.

A makrodeformációk külön vizsgálata soha nem is merült fel. Mindössze egy egyetlen ilyes irányú kísérletről tudok, amelyet 1946-ban *Dokos* végzett

egy álló kishengerrel, és egy hozzászorított, igen lassan forgó nagyhengerrel. Azt tapasztalta, hogy a terhelésnek ötszörösre való fokozásánál a súrlódástényező körülbelül a kétszeresre emelkedett. A kísérletben természetesen a makro- és mikrosúrlódás együttesen szerepelt. Ez a mérésadat igen jól egyezik az előzőkben kifejtettekkel, vagyis a (8) egyenletünkkel, mivel $tg\ \varphi$ a $\sqrt{p}$-vel arányos, ugyanis : $\sqrt{5} \cong 2{,}23$ és így a súrlódástényező kétszeresre való emelkedésének megfelel.

Amontong a súrlódást csak a kohéziónak tulajdonította. *Coulomb* ezzel szemben (1875) csak a kiálló élecskék ellenállásának tartotta azt. *Hardy* (1936) a sztatikus súrlódást ismét csakis a kohéziótól eredőnek állítja, még olajos felszínek között is, és ezt igen gondos kísérletekkel igazolta, tekintetbe véve a kémiailag tiszta felszíneket és az intermittens rétegek befolyásának különbözőségeit, valamint az igen nagy nyomásokat, melyek alatt a felszinek egyes kiálló helyein hideg hegedés állott elő. Ezek a kísérletek igazolni látszanak azt, hogy simán megfekvő (makrodeformáció nélküli) felszineknél a súrlódás legrégibb felfogása, mely azt a molekulák gravitációs vonzásával, a kohézióval egyértelműnek tartja, a helyes. Ugyanis az érintkezés csak a kiálló részeken létesül, és így kisebb, mint a látszólagos érintkezés területe és ennek következtében már kisebb terhelésnél is nagy helyi felszínnyomások léphetnek fel. A tényleges érintkezésfelszín arányos a normál terheléssel és független a látszólagos érintkezésfelszín kiterjedésétől.

Ezzel a felfogással szemben azonban sokan mégis a felszíndurvaságból eredő karcolásának, elnyíródási ellenállásának tulajdonítják a sztatikus mikrosúrlódást, sőt formulákat is állítottak fel a súrlódástényezőre, melyekben az anyagok folyáshatárának és nyíróhatárának viszonya szerepel. Legújabban *R. C. Parker* (Engineering 1949. III. 4.) kísérleteivel világosan kimutatta, hogy a súrlódástényező a felszinek előzetes igénybevételétől erősen függő, és idővel sok esetben állandósulásra hajlandó. Ez a régi »bejáratás« fogalmával egyezik, és mutatja a karcoló élek lekopását, vagyis azt, hogy a súrlódás egy része mindenképpen karcolódásból áll, míg egy másik része a kohézió következménye. Volt olyan eset, melynél a súrlódás az ismételt használat után növekedő irányzatot mutatott ; ez nyilvánvalóan felszíni elváltozásokra utal. Mindezekért nem lehet általánosítani, hanem külön kell az egyes változók befolyását tanulmányozni a különféle anyagoknál. E független változók legfontosabbjai : a normál terhelés, a relatív csúszósebesség, a látszólagos érintkezésfelszín területe, a simasági fok, az intermittens rétegek és a keletkező hőmérséklet. Mind e tényezők között a legbonyolultabb a hőmérséklet befolyása, ez tulajdonképen nem független változó, hanem a normálnyomás (makrodeformáció esetén a maximális felszínfeszültség), a csúszósebesség, az anyagok hővezető képessége és lehetőségei, az intermittens rétegek stb. függvénye. Ezért egyelőre kapcsoljuk ki meggondolásainkból a hőmérséklet befolyását, feltételezve, hogy épúgy, mint az elasztícitás tökéletlensége és a maradó deformációk, a hőmérséklet sem érezteti még

befolyását túlságosan nagy mértékben: más szóval terhelés és sebességek mérsékeltek és ütközés nincsen. A hőmérséklet befolyásával a nedves, kinetikus súrlódásnál lesz szükséges közelebbről foglalkoznunk. A súrlódás felszínromlásokat idéz elő: lassú kopást, de súlyosabb, hirtelenebb romlásokat is, melyek fajtáit az American Gear Manufacturers Association fotografikus ábrákkal kísérve, szabványosított megnevezésekkel jelölt meg. (Ily megnevezések szabványosítása az eszmecserék és levelezés megkönnyítésére nálunk is kívánatos volna.) A romlásfajták jól széjjelválaszthatók aszerint, hogy okozójuk makrosúrlódás-e, vagy mikrosúrlódás; bár a mikrosúrlódás maga sem független a makrosúrlódástól. Vannak a felszínromlásoknak primitív okai is: hibás szerelés, hanyag kezelés stb. Ezekkel különöskép nem foglalkozhatunk; befolyásuk megítélésére a helyesen szerelt és kezelt kerekek hibásodása ad elegendő alapot.

Megkülönböztetnek: 1. rendes kopást, 2. kezdő gödrösödést, 3. előhaladó gödrösödést, 4. horzsolást, 5. karcolást, 6. rágódást, 7. fokozott rágódást, 8. elégést, 9. kihengerlődést vagy kiverődést, 10. berepedést, 11. repedezést, 12. kipattanást és pikkelyeződést, 13. tőben való megszorulást, 14. túlterhelési törést, 15. fáradási törést. Az utóbbi kettő nem felszínromlás. Ha ezzel az osztályozással nem minden tekintetben lehetünk is megelégedve, jobb híján elfogadhatjuk azt.

A gödrösödés, rágódás, kihengerlődés, repedés és kipattogzás, tőben való megszorulás (ezen valószínűleg a hajtó foggyök és a meghajtott fejél találkozásánál fellépő ütközést értik), általában a makrosúrlódásból erednek.

A mikrosúrlódástól származik a karcolódás, horzsolás, valószínűen legtöbbször az elégés, néha a kezdő gödrösödés is.

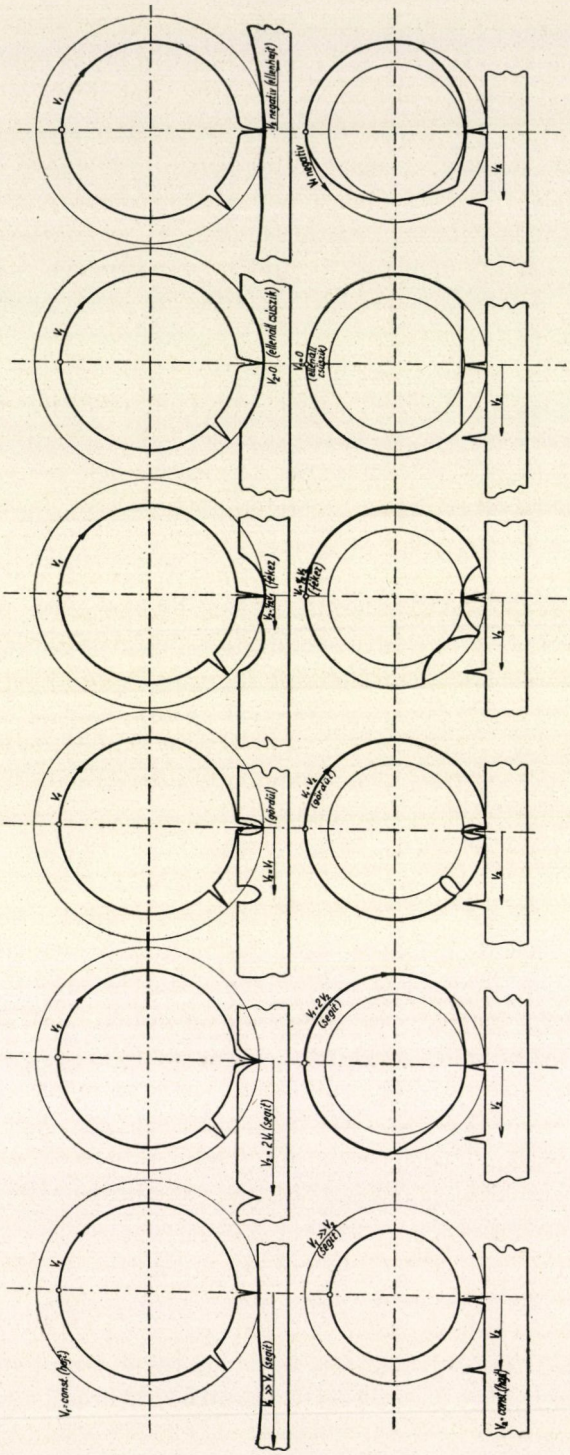
A mikrosúrlódást előidéző okok (ha felszínromlást még nem is eredményeznek), a következő két csoportba oszthatók: *A)* a felszíndurvaságok és idegen tisztátalanságok, *B)* a kohézió és vele összefüggésben az intermittens hártyák: oxidáció, atmoszférikus páralerakódások, zsírosodás, mágneses hatások stb.

Ami a magas hőmérsékleteket illeti, amitől elégés származhatik, az lehet a mikrosúrlódás következménye, de többnyire a makrosúrlódásé, illetőleg a nyomsáv maximális feszültségéé. A gödrösödés ritkábban előforduló oka a kisfeszültségű kóbor elektromos áramok megszakítási ívfénye, de ez nem tartozik vizsgálódásaink körébe.

a) *A felszíndurvaság.*

A felszíndurvaságot elsősorban az a rétegvastagság jellemzi, melyen belül a felszínek apró, kiálló anyagszemcsél, elszórt csúcsai és élecskéi foglalnak helyet, vagyis a beszántási mélység. Nem ismerjük az élek és csúcsok méreteit, keménységét, elasztikus ágyazódásukat, még kevésbbé az élek görbültségi viszonyait és eloszlásuk homogénitás-fokát. Viselkedésük terhelés alatt (behatolásmélységük a szemközti nyomfelszínbe), némileg hasonló a makrodeformáció-

hoz, azonban elszórt, mikroméretű nyomokban. Nagyon meglehet, hogy behatolási mélységük nagyobb, mint a konvex felszínek makrobehatolása, azonban anyagelterelésük együttesen feltehetően jóval kisebb és rendszerint nem is elasztikus anyagelterelés, hanem forgácsolásszerű karcolás. Rendes körülmények mellett az élecskék gyorsan lekopnak, vagy elfekszenek, bizonyos mértékben besimulnak. Ha, legalább a nyomfelszín keresztmetszetének határvonalát megfelelő nagyításban vizsgálhatnánk és valamelyes tájékozódást szerezhetnénk a kiálló részecskék görbületi viszonyairól, keménységükről, főképen eloszlásuk homogenitásfokáról (v. ö. cikkíró: Bestimmung des Homogenitätsgrades, Z. d. Ö. I. u. a. V. 1924, No 51—54), akkor talán lehetne a mikrosúrlódás e részét, mint a makrosúrlódást kezelve, számszerűen is megközelíteni, bár még akkor sem sokat érnénk el, mert a viszonyok nem függetlenek a makrodeformációtól, az ott uralkodó feszültségektől és hőmérséklettől; azonfelül az egyik nyomsáv tágul, a másik zsugorodik, a pórusok tágulnak vagy szűkülnek, ami tovább bonyolítja a viszonyokat. Az egyetlen méret, amelyhez hozzáférhetünk, a felszíndurvaság rétegvastagsága, máskép nevezve: a simasági fok, mely elektromos úton jól mérhető (Taylor—Hobson, Leicester: Electric Thikness Gauge). Van optikailag sima felszín, mely nem mutat fény-interferenciát, ennek rétegvastagsága 0,1 mikron aluli. Igen jó simaság még a 0,6 mikronig terjedő, de már durva, azonban még mindig finoman köszörült felszín a 2 mikron rétegvastagságú. A felszíndurvaság rétegvastagsága egymagában csak igen hiányosan jellemzi a simaságot. Megmunkálási mód szerint különféle hőmérséklet és szerszámnyomás a felszín alatt különféle mélységig hatoló anyagi elváltozásokat okoz. Forgácsoló megmunkálásnál ez talán kisebb jelentőségű, de például egy cca 0,1 mikron símasági fokú köszörülésnél a köszörűlő mód szerint változóan 5-től 10 mikron mélységig terjedő anyagelváltozás is áll elő, a felsőbb rétegben a melegtől (100 C° körüli) és a szerszámnyomástól meleg gyúródás, — az alsóbb rétegben már csak hideg gyúródás keletkezik. A meleg gyúródásnál egyes kemény és éles kristályszemcsék a felszín fölé protuberálnak és az ilyen felszín (még bejáratás után is) erősen karcoló maradhat, dacára a jó simasági fokának. Ezért előnyös az olyan köszörülésmód, mely az anyagot pontszerűen távolítja el és alig van szerszámnyomása, továbbá csak mérsékelt hőfokot kelt. Fogprofilok generáló köszörülésére tehát csakis a tányérköszörűkorongos módszer alkalmas. Nem köszörült fogazásnál, mint említettük, a jelenség kevés fontosságú és a hántolásnál a behatás mélysége 2 mikronon aluli maradván, ez igen előnyös simításmód. Az apró élecskék közötti völgyek fészkei a tisztátalanságoknak, főleg a lekopó kemény fémpornak, de másfelől kívánatos apró tartányai is a kenőanyagnak. Túlzott símaság ezért néha nem is előnyös, amiről még a nedves súrlódásnál szó lesz. A felszíndurvaság bejáratás után javulni szokott, ami egyezik az ortodox felfogással. Kísérjük figyelemmel a 14. *ábra* nyomán a kiálló részecskék karcolásának alakulását. Ábránk erősen leegyszerűsített esetre vonatkozik: síklap és henger állandó vonalnyomás alatt vegyes



14. ábra

elmozdulásokkal mozog egymáson (hasonlóan, mint már 12. *ábránkban* a makrodeformációk alakulását ábrázoltuk). Az ábra felső képsorozatában a hengerből, az alsó sorozatban a síklapból állanak ki élecskék ; valójában a két eset együtt lép fel.

Ha ezeket az ábrákat evolvens-külsőfogazás kapcsolása szempontjából követjük, ahol általában egy kisebb és egy nagyobb sugarú felszín mozdul el egymáson és a sugarak folyton változnak, csak az összegük marad állandó, akkor az ábrázolt karcolásnyomok (leszámítva a mélységet, és természetesen csak qualitatív értelemben), oly képet nyujtanak, mely a valódi folyamat elképzelését megkönnyíti. Tökéletes gördülés a centrálisban van csak, és ott általában nem egyenlő hengersugarak találkoznak. Az egyenlő sugarak találkozási helye — melynél a makrobehatolás egyik fogról a másikra vált át — általában más helyre esik, ugyanis a teljes kapcsolóhossz felező pontja Φ csak 1 : 1 áttevésnél esik össze a centrális ponttal. A karcolások éles pora ennélfogva lassító hajtásnál a kapcsolásból kifelé terelődik, míg gyorsító hajtásnál ahol a Φ váltópont a beharapási szakaszba esik, a fémváladék a centrális felé terelődik, ott a tiszta gördülés alatt bennszorul, sőt ottragad, esetleg heged is és minden kapcsolásnál szaporodik, fokozva azt az él- és púpalakulást, amit a makrosúrlódásnál tárgyaltunk és elősegítve a centrális táji gödrösödés megindulását. Lassító hajtásnál, mikor az élecskék lekoptak vagy pályájukat szabadra vágták és azokba mindig visszatalálnak (hacsak nem irracionális az áttétel viszonyszáma), hamar enyhül a karcolódási, nyíródási ellenállás, mert a fémpor és idegen tisztátlanság a nyitási szakaszban eltávolíttatik. Gyorsító hajtásnál ellenben ezek bennszorulnak és szaporodnak. Ebben áll a gyorsítóhajtás ismeretes kedvezőtlen viselkedésének magyarázata.

b) *A kohézió.*

Vegytiszta egynemű, optikailag sima felszinek nagy nyomás alatt hidegen is összehegedhetnek a kohéziónak nevezett molekuláris gravitáció erő hatása alatt. Azonos anyagok molekuláris vibrációi is azonosak lévén, ha a molekulák elég közel jutnak egymáshoz (különösen akkor, ha nincsen valamely kristálytengelyirányú szálasodási orientációjuk, vagy ha az ilyen irány a két nyomfelszínben éppen összeesik), könnyen jutnak teljes harmóniába. A kohézió, tapadás, ragadás tehát függ a felszíndurvaságtól is, mivel erősebben csak a kiálló részeken érvényesül, vagyis a valóságos érintkezési területben. Konvex hengerfelszínek érintkezésénél legerősebb lesz a σ_{Xmax} középvonalban. Függ azonban nagymértékben az intermittens vegyi, vagy egyéb lerakódási hártyáktól, tisztátlanságtól, melyek a felszíneket egymástól elválasztják. Meglehet az is, hogy egy ilyen réteg nemhogy csökkenti, hanem növeli a tapadást, például az elgyantásodott olaj, vagy az odafagyott víz is, ha az ily intermittens anyag nagyobb kohéziót támaszt a felszinekkel, mint azok egymással és talán bensőbben is érintkezik a felszínekkel.

Az eredeti *Amontong* felfogást valószínűleg az a tapasztalat váltotta ki, hogy idegen anyagok súrlódási ellenállása rendszerint kisebb, mint azonos anyagoké.

A mikroelmozdulási szakaszban a kohézió feltehetően nem változhatik sokat és egy viszonylagosan kis indítóerő sem fog számottevő változást létrehozni. Vegytiszta és optikailag sima felszineknél kísérletileg meg lehet állapítani az elcsúszás elleni kohézió-ellenállást, azonban intermittens réteg esetén az ilyen meghatározás teljesen bizonytalan. A száraz kinetikus súrlódásnál az intermittens rétegek rendszerint nagyrészben elvesztik befolyásukat, mert a bejáratás alatt lekopnak. Elmozgás közben a kohézió feltehetően állandó marad, talán valamelyest csökken a csúszó sebességgel. Nagy sebességeknél való viselkedéséről nem igen bírunk képet alkotni. A terheléssel a kohézió arányosan növekedik: mérsékelt hőfok befolyása jelentéktelen reá. Érdekes lesz megjegyezni, hogy amíg a makrosúrlódás kedvezőtlen felszíngörbületeknél elvileg végtelen értéket vehet fel, addig a kohézió (leszámítva a teljes összehegedés valószínűtlen esetét), nem vesz fel oly nagy értéket. Másfelől azonban, kedvező görbültségi viszonyoknál (például a konvex-konkáv belső fogazásnál), (vagy csap és csapágy esetében), a kohézió ellenállása jóval nagyobb lesz a makrosúrlódásnál. A kohézióval való vonatkozásban a fogkapcsolás beharapó és nyitó szakasza feltehetően nem sok különbséget mutathat; amennyi a fékező veszteség a nyitásnál, annyi térül meg alighanem a közeledésnél. Felszíndurvaság, kohézió és a teljes mikrosúrlódás annyi független változótól van befolyásolva, hogy a matematikai tisztázása a kérdéstömegnek kizártnak tekinthető, de még a kísérleti mérések adatai is csak korlátolt érvényűek és nagy elővigyázattal használandók.

Összefoglalva eddigi meggondolásainkat a száraz kinetikus súrlódásról, azt látjuk, hogy annak alkotó elemei:

1. a makrosúrlódás, vagyis az anyagelterelés munkája; ez igen nagy sebességeknél feltehetően rohamosan nő, mérsékelt sebességeknél azonban állandónak tekinthető; növekszik továbbá a terhelés négyzetgyökével arányosan, ha még az elaszticitás határán alul maradunk.:

2. a mikrosúrlódás, ennek két része:

a) a karcolási (horzsolási) nyírómunka; a bejáratással enyhülni szokott,

b) a kohézió; a sebességgel alig változhatik, a terheléssel arányosan nő. Nagy terhelés (felszínfeszültség) a hőfejlődéssel kapcsolatosan folyást idézhet elő, s ettől a kohézió jellege teljesen megváltozhatik. Nagy sebességeknél viselkedése ismeretlen.

Száraz kinetikus súrlódásnál, mérsékelt sebességeknél és terhelésnél valószínűleg a kohézió ellenállása a legnagyobb összetevő. Súlyos feltételek mellett, kivált konvex felszinek érintkezésénél, a makrosúrlódás léphet előtérbe.

Konvex felszinek súrlódásánál bevezettük a makrosúrlódás fogalmát a *Hertz* egyenletek alapján. Mérsékelt feltételeknél ezek az egyenletek teljesen

érvényeseknek tarthatók gyakorlatilag és a belőlük levont következtetések is minden valószínűség szerint kvalitatív helyesek. Fokozott követelményeknél, melyeknél a *Hertz* által megadott érvényességi határok már erősebb mértékben túl vannak lépve, következtetéseink eltorzult képet adhatnak csak. Mikroméretű helyen a nyomsávközepén a folyáshatárt jóval meghaladó feszültségnél körülzárolt, gátolt folyás léphet fel gömbmolekulákkal anélkül, hogy gyors felszínromlást okozna, mert a folyásnak indult parányi rész a terhelés megszűntével azonnal megdermed ; ebből csak az anyag lassú elváltozása következik a sok ismétlődés folyamán. A megdermedő mikromennyiség esetleg más kristálytengelyek szerint alakul és más molekuláris vibráció-parameterek állanak elő, mint a folyás előtt volt, változik a kohézió, a belső nyírásfeszültségek, lassú anyagkifáradás indul meg és idővel kilágyulás, elgyúródás, vagy kipattogzás a következmény. A külső elasztikus felszín-vibrációk, bár viszonylagosan makroméretűek a molekuláris vibrációkhoz képest, maximális sebességeik révén e jelenségre szintén befolyással vannak.

Hertz hengerfelszineknél nem ad a normálterhelésre merőleges síkban keletkező feszültségekről oly tájékoztatást, mint amilyent a polárisan szimmetrikus golyóknál adhatott. A tangenciális sík feszültségei, melyek a kipikkelyeződést, repedést okozzák, nem megállapíthatók. (Timoshenko, Theory of Elasticity, 1934. *Hertz* Ges. Werke III.) A repedések a valóságos nyomsávszélen kívül, a legkisebb görbületi sugarú duzzadás-könyöknél állanak elő, ahol a belső feszültségek az anyag ismeretlen belső energiáinak átalakulásai (kinetikus energiából potenciális energiává és viszont), bármely nagy értéket is vehetnek fel.

Hangsúlyoznunk kell, hogy eddigi meggondolásaink — még a kinetikus súrlódásnál is — alapjában tulajdonkép sztatikus jellegűek, mert nincsen bennük a tömegértéknek a sebességgel való megváltozásáról szó, illetőleg végső elemzésben az idővel való kapcsolatról. Ez a sztatikus szemlélet nagy sebességeknél már nem kielégítő, sőt már a mai fogaskerékgyakorlat igényeinél is kezdi a hiányosságot éreztetni. Sajnos, egyelőre nincsen elég kísérleti adatunk és tapasztalatunk ezirányban, már pedig ily tapasztalatok ellenőrzése nélkül, tisztán elméleti spekulációkba elmerülni céltalan. A matematika, mely csak korlátolt számú független változóval operálhat, gyakran egy képzelt valóságba vezet és félrevezet. Ugyanez áll a kísérletekre is, melyek sohasem reprodukálhatják teljesen a valóságot. A gyakorlat a valósággal áll szemben. Célhoz csak lassú, váltakozó lépésekkel érhetünk. Elmélet, kísérlet, tapasztalat, apránként támogatják, ellenőrzik egymást. Ez az analízis is kénytelen beérni annyival, amennyi némi biztonsággal elérhető.

5. *A nedves kinetikus súrlódás.*

A súrlódási ellenállás eddigi elemzése látszólag csak azt tette jobban szemlélhetővé, amit a tapasztalás ősrégen tudott és amit bevezetésünkben is mondottunk : vagyis azt, hogy a gördülő elmozgás ellenállása jóval kisebb

mint a csúszásé, és így a gömbmolekulájú kenőanyag a csúszást gördülővé alakítván át, a legjobb mód a súrlódási ellenállás csökkentésére.

Valójában azonban a vizsgálatok lehetővé tették, hogy tisztán feltehessük a fennmaradó kérdéseket, melyek közül legfontosabb az, hogy miképen lehet az összeszorított konvex felszinek között a kenőanyagot benntartani és kellőképpen szabályozni.

Ennek a feladatnak elérésére vezető út a következő állomásokon vezet át:

a) mikép alakul az erőátadódás az olajfilmen át, összefüggésben a mozgás sebességével, különösképp az ütközés érkező sebességével és energiájával és hogyan alakul a nyomsáv?

b) milyen feszültségek és hőmérsékletek keletkeznek az olajfilmen át való ütközésnél és hogy oszlanak el az olajban és a nyomsáv környezetében? Milyen átalakuláson megy át az olaj a hőmérséklet és nyomás behatása alatt, és milyenek az olajkiszorulás sebességei?

c) Milyen tulajdonságokat kívánjunk meg a kenőanyagtól és a fémfelszinektől, és mennyiben lehet ezeket kielégíteni?

E főkérdések és a velük kapcsolatos viszonyok azok, melyeket át kell tanulmányoznunk, hogy eleve kijelölt céljaink elérésére a jelenleg megvalósítható módszereket megtalálhassuk.

Napjainkban igen beható kutatás folyik e téren, és az elért vizsgálati eredmények már jól felhasználhatók a fogkapcsolódás szempontjából. Megkísérlem a főbb, hasznosítható eredményeket lehető röviden ismertetni.

a) Az ütközési idő $\sqrt[5]{v}$-vel arányos, ahol v = az ütközés érkező sebessége. A felszinek újraelválásának pillanatában a feszültség középértéke $\sigma_{közép}$ *Hertz* szerint $v^{2/5}$-del arányos. Egy m tömegű, r sugarú acélgolyó, mely H magasságból esik egy igen nagy tömegű, síklapú acéllüllőre, a következő egyenletből adódó középfeszültséget idézi elő a nyomfelszínben:

$$\sigma^5_{közép} = \frac{1}{26{,}6} \cdot \frac{m \cdot g}{r^3} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)} \cdot H. \qquad (12)$$

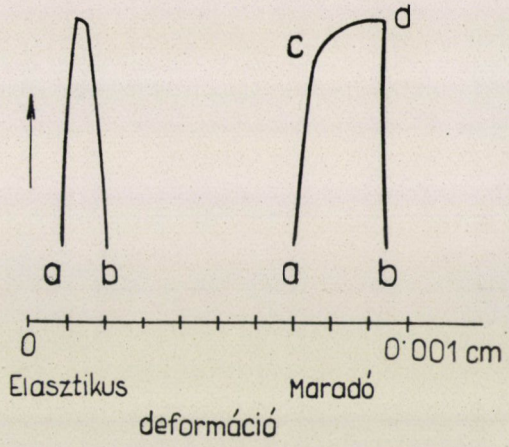
Ha $r = 0{,}5$ cm; $m \cdot g = 4$ gr; $E_1 = E_2 = 2 \cdot 10^6$; és csupán $H = 1$ cm mindössze az ejtőmagasság, akkor is már $\sigma_{közép} = 16\,000$ kg/cm^2.

Ismeretes, hogy a dinamikai folyáshatár magasabb, mint a sztatikus és némileg növekedik is az ütközés sebességével (bár számrendileg azért még nem változik). Ha ez a dinamikus folyáshatár 14 000 kg/cm^2-re volna feltehető, akkor máris túlléptük azt és maradó deformáció (folyás) keletkezett már ilyen kis ejtőmagasságnál is. Sztatikus terhelésnél ugyanily méretű deformációhoz mintegy 10 kg nyomóerő kellene. Kísérletek tanulsága szerint már igen csekély ütközésnél a deformáció nagyobb részben maradandó.

Nem elasztikus (irreversabilis) deformációkra $\sigma_{közép}$ értéke (*Tabor* 1949 szerint) :

$$\sigma_{közép} = \frac{h_2^4}{\left(h_1 - \frac{3}{8} \cdot h_2\right)^4} \cdot \frac{m \cdot g}{109 \cdot r^3} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}\right)^4} \tag{13}$$

ahol : egy r sugarú, m tömegű golyó h_1 magasságból esik síklapú üllőre és h_2 magasságig ugrik vissza. A $\sigma_{közép}$ már folyást idéz elő az üllő felszínén. E_1 és E_2 a golyó és az üllő anyagának elaszticitás-modulusa. Ha $h_1 = h_2$ (teljes elaszticitás esetében), akkor a (13) egyenlet a (12)-be megy át.



15. ábra

Hogy a dinamikus folyáshatár nagyobb, mint a sztatikus, annak valószínűleg az a magyarázata, hogy a folyásnak indult anyag viszkozitását kell előbb legyőzni, amikor az a nyomfelszínben széjjelterül.

Az ütközés okozta feszültség azonban hamarosan túllépi a dinamikus folyáshatárt is. Az ütközés lefolyásának tanulmányozására egy, a nyomfelszínen keresztülvezetett elektromos áramot használtak fel. (*E. P. Bowden—Tabor* 1941.) A nyomfelszín területe 0-tól egy maximumig nő és onnan (megállástól elválásig) ismét 0-ra változik vissza teljes elaszticitás esetében. A kemény acélgolyót vékony fémszállal kapcsolták össze és egészen kis ütközősebességgel 0,05 cm ejtőmagasságból (vagyis 10 cm/sec érkező sebességgel) ráejtették egy sík acéllapra. A fémszálon — a golyón és a nyomfelszínen át — a síklapüllőbe és azon át záródó vezetőkörbe iktatott katód-oscillográf regisztrálta a vezetőképesség változását az ütközés lefolyás alatt. Ebből a kísérletből egyszersmind kitűnik az érintkezési területnek változása is. *(15. ábra.)*

Amíg a deformáció teljesen elasztikus (első görbe), addig a diagramm szimmetrikus lefolyású. Nagyobb érkező sebességnél (második görbe) a diagramm

már jelzi a folyást: *a* ponttól *c*-ig még elasztikus a deformáció, innen *d*-ig már folyás van; a megállástól visszafelé haladó ág, *d*-től *b*-ig, már ismét elasztikus; a *b* pont a teljes elválást jelöli. A második görbe ütközésfolyamata után már észlelhető volt a maradó belapulásnyom.

Ha minden deformáció maradó volna és a deformációt előidéző erőt is állandónak vehetnénk a folyamat alatt, akkor az ütközési idő *Andrew* (1924) szerint független az ütközés sebességétől; és így, ha r a két egyenlő, ütközőgolyó sugara, melyek tömege m, akkor az ütközési idő: t a következőkép volna számítható:

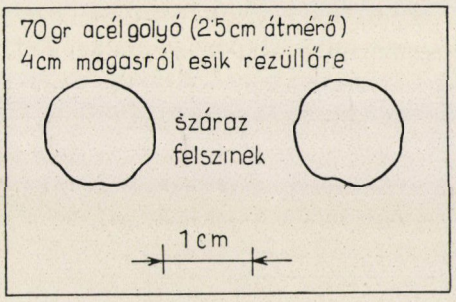
$$t = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{\sigma_{közép} \cdot \pi r}} \tag{14}$$

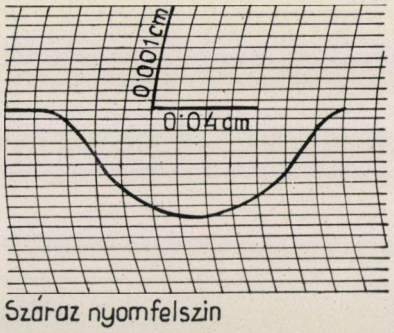
ahol $\sigma_{közép}$ a (13) egyenlettel van megadva. Megvilágításul szolgálhat a következő táblázat, melyben kísérletileg megfigyelt és számított ütközésidők vannak egymás mellett megadva száraz felszínekre:

Ütközésidő mikorszekundákban.

	Számítva	Megfigyelve
Acélgolyóknál	120	200±50
Ólomgolyóknál	500	700±50
Kemény félgömb rézüllőn	80	100

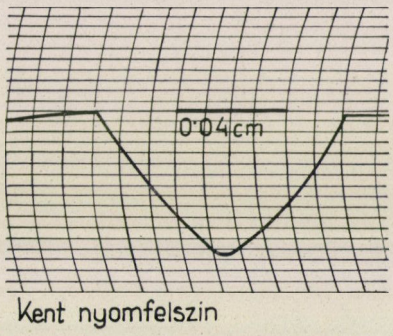
Mikor a felszíneket vékony (cca 6 centipois viszkozitású) szappanréteggel bevonva ütköztették, semmi változás nem mutatkozott a diagrammon. A vezetőképesség tehát azonos maradt, a szappanfilm azonnal kiszorult és az áram a fémi érintkezésen változatlanul folyt át. Már ha 120 centipois viszkozitású finom paraffinolaj-kenést alkalmaztak, nem jött létre ugyan fémi érintkezés, áram nem folyt át a nyomfelszínen, de belapulásnyom a lágyacélgolyókon észlelhető volt. Eszerint az olajfilmen át maradó deformáció keletkezett. Újabb kísérletek (Rabinowitz, 1949) azt mutatják, hogy száraz ütközésnél a belapulásnyom körvonala éles, megkent felszineknél azonban elmosódott; ez azt jelenti, hogy egy olajlencse közbül záródott. Már 100 centipoisnál nagyobb viszkozitású olajnál a belapulásnyom nem éles többé. Az olajfilmben addig fokozódik a feszültség, míg a centrumban a fém folyásnak indul és enged, ezáltal az olaj tért nyer és terjed, tovább terjeszti a folyás területét, de egyszersmind oldalt ki is szorul. Kisebb viszkozitású kenőszernél ez a folyamat gyorsabb és ekkor a belapulásnyom még határozott körvonalú; nagyobb viszkozitásnál azonban a belapulásnyom alakja közeledik a behatoló fémfelszín eredeti alakjához, de a középen egy jellegzetes pont lesz láthatóvá (*16.-tól 19. ábrák*).





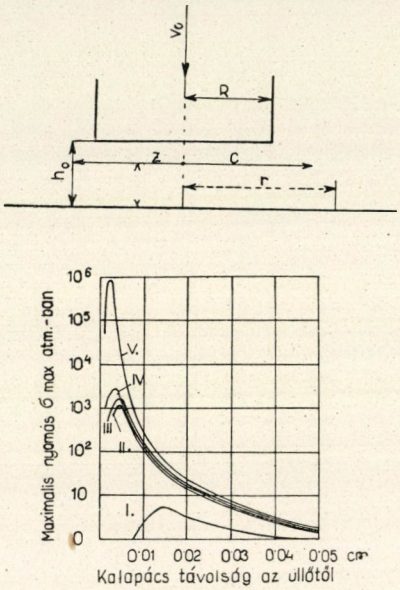
16., 17. ábra





18., 19. ábra

b) A viszkozitás erősen befolyásolja az ütközés lefolyását. Az olaj kiszorulásának folyamatát kivizsgálandó, egy lapos köralakú kalapács, melynek sugara R és tömege M, és egy síklapú nagytömegű üllő ütközésviszonyait vették kísérleti alapul, valamint a számítással való megállapításhoz, összehasonlítás céljából. Az ütköztetendő felszínek között h_0 vastagságú olajfilm van, melynek viszkozitása : μ, sűrűsége : ϱ és az ütközés érkező sebessége : V_0. A számítási eljárásnál feltételeztetik, hogy : a felszinek teljesen ridegek és hogy az olaj viszkozitása



20. ábra

a keletkező hőmérséklettől, nyomástól és nyírástól nem változik ; mely feltételek természetesen nincsenek kielégítve a valóságban, de azért a viszkozitási ellenállás közelítő felbecsülésére tájékoztatásul felvehetők. Ha valamely fázisban a kalapács sebessége V, az olajfilmben a feszültség σ, és az olaj kiszorulásának sebessége a film valamely z rétegsíkjában : c, akkor (inercia-erők elhanyagolásával) fennállana, hogy : *(20. ábra)*

$$\frac{\delta c^2}{\delta z^2} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{d\sigma}{dr}; \text{ amiből}$$

$$c = \frac{1}{2 \cdot \mu} \cdot \frac{d\sigma}{dr} \left(z^2 = \frac{h^3}{4} \right) \tag{15}$$

vagyis a kiszorulási sebesség görbéje parabolikus. A záróló nyomhatáron át elömlő folyadéktérfogat minden fázisban a kalapács által kiszorított térfogattal

egyenlő, ebből a sugárirányú kiömlés középsebességére : c_k -ra felírható, hogy :

$$c_k = \frac{r \cdot V}{2 \cdot h}$$

és ezzel a (15) egyenletet integrálva :

$$\sigma = \frac{3 \cdot \mu \cdot V (R^2 - r^2)}{h^2} \tag{16}$$

A feszültségmaximum tehát a középen van és kifelé parabolikusan csökken és a maximum :

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot \mu \cdot V \cdot R^4}{h^3}; \tag{17}$$

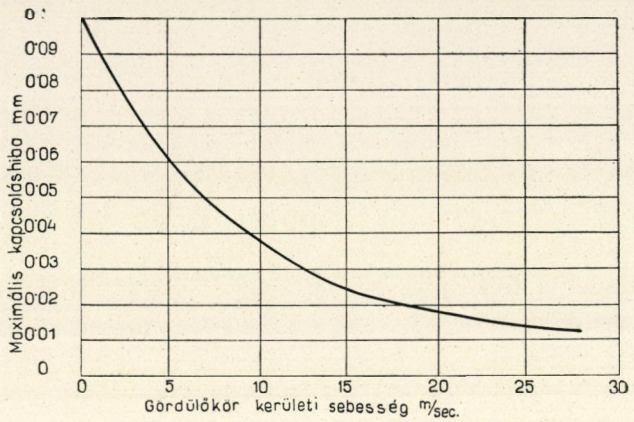
A kalapács sebessége bármely fázisban abból számítható, hogy a kinetikai energiaveszteségének differenciálja $= M \cdot V \cdot dV =$ a folyadék által végzett munka differenciáljával $= dh \int 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot dr$. Ennek a differenciálegyenletnek a megoldása :

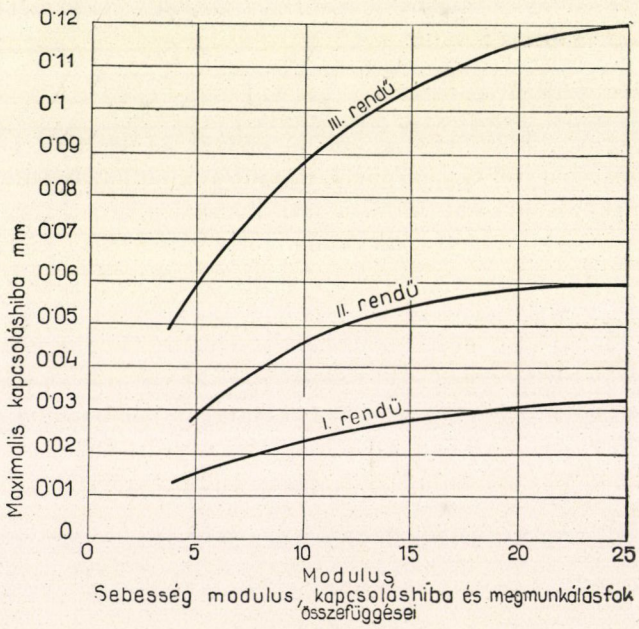
$$V = V_0 - \frac{3 \cdot \pi \cdot \mu R^4}{4 \cdot M} \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{h_o^2} \right) \tag{18}$$

amit behelyettesítve a (16) egyenletbe, kiszámítható lesz az olajfilmben uralkodó feszültség az ütközésfolyamat minden fázisában.

A 21. ábrában jellegzetes diagramm-görbék láthatók, melyeket $\mu = 25$ centipois viszkozitású könnyű gépolajjal való kísérleteknél nyertek. Kitűnik belőlük, hogy σ_{max} rohamosan nő az olajkiszorulás mértékével egy maximumig, ahonnan 0-ra esik vissza, mikor a kalapács megáll. További számítások azt mutatják, hogy a radiális elömlés sebessége : c_k és a nyírás : τ-nek differenciálja a film egyes rétegeiben szintén egy maximumig növekedve 0-ra esik vissza a kalapács megálltával. A nyírásmaximum mindig közvetlen a fémfelszínen fekvő rétegben áll elő és pedig a kalapács lapjának külső határszélén, vagyis, ahol : $z = \pm \frac{h}{2}$ és $r = R$. Meghatározhatók σ_{max}, c_k és τ_{max} általános egyenletei is (bővebben lásd : D. Tabor, Engineering, 1949. II. 18.), melyek szerint valamennyi maximális érték csökkenő kalapács-sugárral és $\frac{1}{\sqrt{\mu}}$ vel arányosan növekedik. Leginkább figyelemreméltó azonban, hogy a maximumok oly filmvastagságnál lépnek fel, ami cca a felszíndurvaság rétegvastagságával egyezik.

A 21. ábra kísérleti görbéivel kapcsolatos számítások adatait mutatja megvilágításul az alábbi táblázat :


Maximális kapcsolóshiba mm
0·09
0·08
0·07
0·06
0·05
0·04
0·03
0·02
0·01
0
0
5
10
15
20
25
30
Gördülőkör kerületi sebesség m/sec.


Maximális kapcsolóshiba mm
0·12
0·11
0·1
0·09
0·08
0·07
0·06
0·05
0·04
0·03
0·02
0·01
0
III. rendű
II. rendű
I. rendű
0
5
10
15
20
25
Modulus
Sebesség modulus, kapcsolóshiba és megmunkálásfok összefüggései

21. ábra

Sorsz.	A kalapács		σ_{max} atm.	ck m/sec	τ_{max} cm/sec per cm
	tömege	sebessége cm/sec			
I.		150	21	30	$12 \cdot 10^6$
II.	100	200	1360	142	$20 \cdot 10^6$
III.	300	300	2240	226	$35 \cdot 10^6$
IV.	856	200	4210	207	$44 \cdot 10^6$
V.	6000	600	1000000	2860	$2800 \cdot 10^6$

Erősebb ütközésnél a legkeményebb anyag is maradó deformációt szenved. Az ütközésfolyamat elején a deformáció túlnyomó részben elasztikus, mert a visszavonuló olaj csökkenti a maximális feszültséget. A feszültség *Cherry* (1945) szerint még a legsúlyosabb természetű ütközésnél sem érhet el 7000 atm. rendű értéknél többet. Azonban ez a határ messze túl van a folyáshatáron. Tény az, hogy olajozott felszinek ütközésénél, ha az olaj elfolyása nincsen gátolva, nagyobb feszültségeket is lehet megengedni, mint a folyáshatár. Ha azonban az olaj bennszorul, akkor már enyhe ütközésnél is igen nagy feszültség és folyás is állhat elő.

A kenőszer viszkozitásának legyőzésére elemésztődő energia hővé alakul és széjjelszóródik. Szilárd felszineknél a maximális hőfejlődés a $z = \pm \frac{h}{2}$ filmrétegben és pedig az $r = R$ külső nyomhatárszélnél lép fel, ahol a nyírás a legnagyobb. A viszkozus folyás H energiájának szóródó differentál eleme per folyadék térfogategység meghatározható a következő összefüggés alapján:

$$\frac{dH}{dt} = \mu \cdot \left(\frac{dc}{dz}\right)^2 \tag{19}$$

A (15) egyenletből betéve $\frac{dc}{dt}$ értékét és:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{dH}{dh} \cdot \frac{dh}{dt} = -\frac{dH}{dh} \cdot V \text{ átalakítással:}$$

integrálunk a kalapács megálltáig. Ekkor:

$$H = \frac{0 \cdot 31}{R^4} \cdot \left(\frac{M^3 \cdot V_0^5}{\mu}\right) \tag{20}$$

A H hőszóródás tehát gyorsan nő a kalapács sugarának csökkenésével. Ha a viszkozitás a hőfejlődés következtében erősen csökken, akkor H valószínűen még növekszik. Eltekintve a konvexiótól (a folyadékkal távozó hőmennyiségtől), valamint a kondukciótól (a fémtömegekbe levezetődő hőmennyiségtől), kiszámítható a hőmérsékletemelkedés az olaj fajmelegéből és H-ból. Alábbi

táblázat számeredményeket ad 1,6 gr/cm³ sűrűségű és 1,8 cal/gr per C° fajmeleg olaj esetére, megmutatva, hogy enyhébb ütközéseknél a hőmérsékletemelkedés 2°-tól 300° között jár. *Cherry* szerint konvexió és kondukció az értékeket mintegy 50%-kal csökkenti.

Kalapács	T hőmérséklet C°-ban
I.	1,5
II.	98
III.	174
IV.	300
V.	88000

Az ötödik eset igen hatalmas ütközésénél a felette nagy hőmérsékletet valójában óriási mértékben csökkenti az üllő deformációja, mely *Cherry* szerint — egy speciális analízis alapján — azt mintegy 3000 C°-ra redukálja.

c) A levonható következtetés az, hogy az olajviszkozitás állandó megmaradása a legtávolabbról sem feltételezhető. A legtöbb olajfajtánál a viszkozitásfok már 10°—20°-nyi hőmérséklet emelkedésnél a felére csökken. Így tehát különösképp nagy a viszkozitás csökkenése éppen a kiszorulási határkörvonalnál, ahol a hőmérséklet a legmagasabb. Más oldalról, *Everett* és többek szerint, a fellépő nagy nyomás viszont növeli a viszkozitást és ez a növekedés visszahat a nyomás kifejlődésére, valamint a nyírási diferenciálelemre is.

Mind e bizonytalanságok ellenére az eddig kifejtettek legalább is az enyhébb ütközéseknél kvalitatív helyes képet adnak az ütközési folyamatról. Láttuk, hogy az olaj nagy nyomásokat bír közvetíteni és hogy az olaj viszkozitásának változása tekintélyes hőmérsékletváltozással van egybekötve. Láttuk, hogy a száraz ütközés ideje igen rövid, csak 10^{-4} sec.-rendű érték és a nyomfelszínben már enyhe ütközésnél is a folyáshatárt meghaladó feszültség állhat elő.

Ilyesmi például golyóscsapágyaknál valami hirtelen rázkódásnál veszedelmessé is válhat ; szállításnál lehetnek zökkenések, vagy leejthetik őket, és akkor a futófelszín Brinell-nyomást kap.

A (12) egyenletünk szerint a maradó deformációt okozó energia : m. g. h. az ütközésnél a görbületi sugár harmadik hatványával arányos ; eszerint a megromlás veszedelme nagyobb golyók esetében kisebb, feltéve, hogy a golyószám csökkenésétől az egy golyóra jutó terhelésrész még nem növekszik túlságosan. Meggondolásaink még rendes csúszó csapágyakra is fennállanak, bár ezeknél az érintkezés felszíne hasonlíthatatlanul bővebb, és így az elasztikus deformációk vannak túlsúlyban. Kifejtettük az olaj minőségének fontosságát ; a kiszorulási folyamatnak általában nagy befolyása van az ütközésnél fellépő viszonyok alakulására. Folyást előidéző felszínfeszültség olajon át való terheléseknél általában már csak erősebb ütközésnél fog fellépni hengeres felszínek esetén ; golyóknál a helyzet már jóval veszedelmesebb. Olajfilmen át a sérülés is kisebb, átmenetesebb határszélű, mint száraz ütközésnél, mert az olaj elfolyása az ütközési energia tekintélyes részét elemészti. A nagyobb viszkozitású

olaj megóvhat a maradó deformációtól, mert a keletkező maximális nyomfelszín feszültség $\frac{1}{\sqrt{\mu}}$-vel arányos. Fogaskerékkapcsolásnál az olaj viszkozitásának fokozottan fontos szerepe van és fontosabb, mint a kenőképessége. Ezért olyan kenőanyag választandó, melynél a viszkozitás emelkedik, ha a feszültség nagy és az olajkiszorulás pillanatnyi mennyisége is nagy.

A hőmérsékletet illetően láttuk, hogy száraz ütközésnél a maradó deformáció csak csekély hőemelkedést okoz, és a meleg a viszonylag nagy nyomfelszínen át hamarosan levezetődik. Ha azonban a felszíndurvaság élecskéi nagyon kemények, vagy ha fémpor kerül a felszínek közé, akkor az ütközési energia ezeknek az élecskéknek a beverésére emésztődik fel nagyobb részben, és ezáltal számottevő hőmérséklet fejlődhetik, tehát síma felszín ajánlatos.

De durvább felszineknél is, ha olajfilm van közbül, a hőemelkedés sokkal csekélyebb lesz, sőt alig is jelentkezik, ha csak nem viszkozitási hő alakjában. Súlyos ütközésnél, mint láttuk, néhány ezer C° is előáll a nyomfelszínben, a kenőszer viszkozitása erősen lecsökken, és a folyadékon át maradó deformáció, sőt fémi érintkezés is áll elő, továbbá a nyomfelszín elveszti olajzáróló képességét és így az ütközés folyamata váltakozva gátolt olajelfolyás és vibráció között olyan erős viszkozus fűtést kap, hogy az olaj teljesen szétszalad. Az ilyenfajta jelenséget csúszó csapágyaknál régóta ismerik és megfigyelték ; az olajban fellépő nyírás igen magas hőmérsékletet hozhat létre.

Fogkapcsolásnál, ha nagyfrekvenciájú vibrációk lépnek fel, például helytelen fogalakítástól vagy gyártási hibáktól, még kisebb kerületi sebességeknél is nagy hőemelkedés keletkezhetik minden egyéb káros következményeivel.

Másfelől azonban nagy sebességnél az olajozás a hidrodinamikus hatás következtében megjavulhat megfelelő olajminőség esetén. Egy bizonyos olajfilmvastagságnak a megszakadás elleni ellenállóképessége függ az illető olaj viszkozitásától és egyéb különleges tulajdonságaitól. A felszínek között egy minimális vastagságú olajfilm megmaradása biztosítható mozgás közben akkor, ha a külső terhelést egyfelől a keletkező sztatikus *Hertz* feszültség, másfelől a mozgásból származó járulékos hidrodinamikus nyomás együtt ellensúlyozni képesek. Ha feltehető, hogy a keletkező hőmérséklet még nem változtatja meg lényegesen az olaj viszkozitását és egyéb tulajdonságait, akkor a sztatikus és a hidrodinamikus nyomások összege a külső terhelést felveszi és egy minimális vastagságú olajfilm fog maradni a felszínek között mozgásközben, bizonyos feltételek mellett.

Ha a *Hertz* egyenletekből adódó sztatikus nyomás kisebb, mint a használt olaj szakadáshatára, akkor a minimális olajfilm már álló állapotban is megvan és mozgásközben is megmarad. Ha azonban a terhelés nagyobb, és az olajfilm a *Hertz*-feszültség alatt álló helyzetben megszakadna is, de a hidrodinamikus nyomásjárulék mozgásközben elegendő nagy a még hiányzó olajnyomás kiegészítésére, akkor mozgásközben előáll egy maradó minimális olajfilm a felszínek

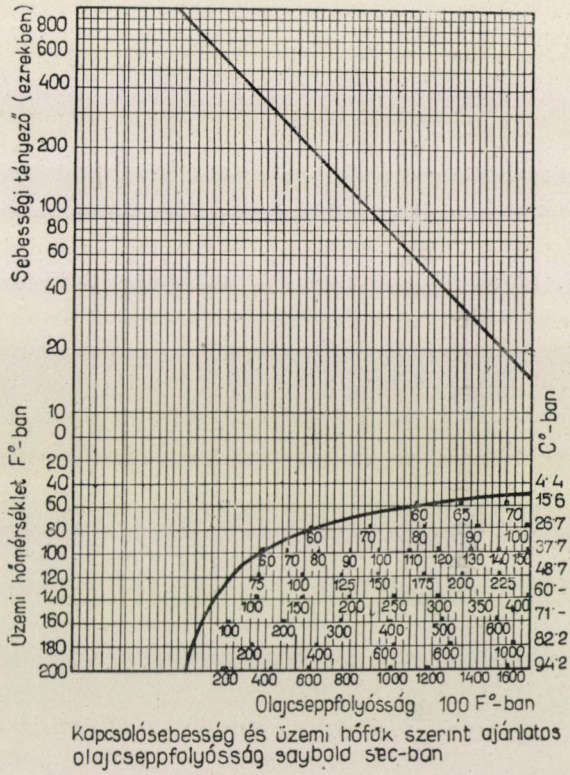
között. A hidrodinamikus nyomásjárulék nagysága függ a sebességtől, az érintkező felszinek terjedelmétől és alakjától, valamint a mozgás sajátosságától. (M. *Cavé*, Revue Général de Mechanique, 1949. XII. 503—508.) A matematikai levezetés azt mutatja, hogy a maradó minimális olajfilm keletkezéséhez szükséges sebesség kisebb, ha az érintkező felszineknek terjedelme nagyobb és a felszínek simasági foka is nagyobb. Oly olajnál, melynek szakadáshatára elenyészően kicsiny a hidrodinamikus hatáshoz képest, maradó olajfilm nem keletkezhetik, ez csak akkor lehetséges, ha a szakadáshatár tekintélyesebb érték (ha nem is éri el a *Hertz*-feszültséget). Elegendő nagy sebességnél a hidrodinamikus járulék még kifejlesztheti a minimális filmet, mely álló helyzetben megszakad.

Nagyobb kapcsolósebességeknél a fogak deformálódása következtében a kapcsolásba lépésnél a fogfejél ütközik és megszakíthatja az olajfillmet. Ennek elkerülésére az evolvens profiloknak »fejvisszavágás« és »gyökfelpótlás« útján való módosításával sokat próbálkoztak. E módok azonban legfeljebb csak egy bizonyos terhelésnél, illetőleg deformáció-értéknél felelhetnek meg, akkor, mikor a módosítás éppen egyenlő a deformációval. Így minden terheléshez külön drága, speciális szerszám kellene és az sem lenne megfelelő, mert a terhelés rendszerint (legalább is indításnál és leállásnál) nem állandó. Az olajfilm megszakadásának elkerülésére profilmódosítás nem is szükséges, ahhoz elegendő a fejél közvetlen környezetének kis visszavágása, amit egyszerűbb módon igen pontosan lehet eszközölni* bármely terhelésre a kívánatos mértékben. Így csupán a maradó olajfilm keletkezését kell biztosítani. Egyébként az evolvens profilokat elegendően szigorú — úgynevezett elsőrendű — tűrésekkel kell készíteni (21. ábra). Ezen túlmenő tűrésszigorítás előírása azonban nem szükséges és haszon nélkül drágítaná az előállítást. A maradó olajfilm biztosítja a nyugodt járást. Mintegy 50 m/sec. kapcsolósebességig tehát, ha nem lép fel kritikus fordulatszám, — 0,012 mm tűrés elegendő pontosságú. A 21. *ábránk* diagrammja mutatja, hogy a tűrés nagyságát hogyan befolyásolja a kerékátmérő és a modulus, következésképp nagy sebességnél csak kis modulus alkalmazható, amit a gyakorlat már régen tud tapasztalásból. Minél kisebb a modulus és minél nagyobb a fogferdeség, annál jobb. Kisebb sebességeknél 20° fogferdeség és legalább 1,75 osztásnyi fogugrás, nagyobb sebességeknél már nagyobb, 45°-ig terjedő fogferdeség és 10—15 (sőt több) osztásnyi fogugrás és lehetőleg nyilas elrendezés tudja csak az egyenletes terheléselosztást és nyugodt járást megfelelően biztosítani. A kívánatos elsőrendű gyártási pontosság megtartása nem okoz nehézséget és jól ellenőrizhető ; ilyen tűréssel már 160 m/sec kapcsolósebességgel járó fogaskerekek is alkalmaztattak kielégítő eredménnyel. (Westinghouse Laboratories, Machine Design, 1950. IV. 174. oldal.)

Az alkalmazandó olaj folyósságára (a viszkozitással ellentétes értelmű mérték) a New Departm. Div. *General Motor* Corp. kísérleti eredményeiből

* Vidéky-Mauler eljárás

összeállított diagramm (bár az csapágyakra van szerkesztve), megfelelő átszámítással jól felhasználható adatokat ad *(22. ábra)*. A diagrammban egy »sebességi« tényezőből kiindulva találjuk meg az üzemi hőfokunknak megfelelő folyóssági fokot Saybold sec.-ban (100 F° = 37,8 C°-ra vonatkoztatva). Az ordináta tengelyen fent a : $d \cdot n$ sebességtényező értékek skálája van felvive, ahol : d = a csapágyfurat átmérő mm-ben és : n = a percenkénti fordulatszám. Fogazásnál a maximális csúszósebesség : v_{cs} a mértékadó, melyet grafikusan



22. ábra

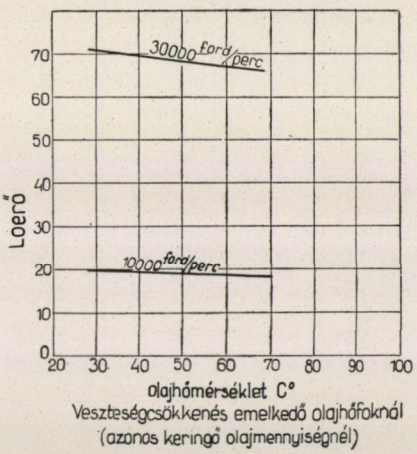
könnyen megkaphatunk, és ha v_{cs} és a : V osztókörsebességnek : $\varkappa = \frac{v_{cs}}{V}$ viszonyszámával megszorozzuk a : D mm osztókörátmérőt, akkor a diagramm sebességtényezőjében szereplő : d érték helyébe csak $d = \varkappa \cdot D$ helyettesítendő és a diagramm már felhasználható fogkapcsolás esetére. A $\varkappa$ viszonyszám függ a fogszámtól, a modulustól és a fogazás korrekciójától, értéke rendszerint kisebb mint 0,5 és ha (kis modulus és nem túlkis fogszámnál) egyszerűen 0,5-tel számítunk, nem sok hibát követünk el, legfeljebb valamivel kisebb Saybold sec. értéket kapunk, mint (csapágyaknál) optimális volna, de ez fogazás esetében

nem árt. A diagramm használata a következő : legyen például a sebességtényező $d \cdot n = \varkappa \cdot D \cdot n = 200\,000$; ennek megfelelő vízszintes metszi a diagramm ferde vonalát, innen függélyesen elérünk az ordináta tengelyen alul felvitt hőfokskála azon vízszinteséhez, mely üzemi hőfokunknak (például 70 C° = 160 F°) megfelel. E vízszintesen a Saybold sec.-ák számsora van ráírva. Metszéspontunknál, megfelelően interpolálva, példánkban 250 Saybold sec. adódik mint ajánlatos folyóssági fok. A diagrammban csak egy körülhatárolt területen vannak beírva a Saybold sec.-ák értékei. Ha metszéspontunk e területen kívülre esnék (teljesen valószínűtlen), úgy mindenütt 60 Saybold sec. vehető.

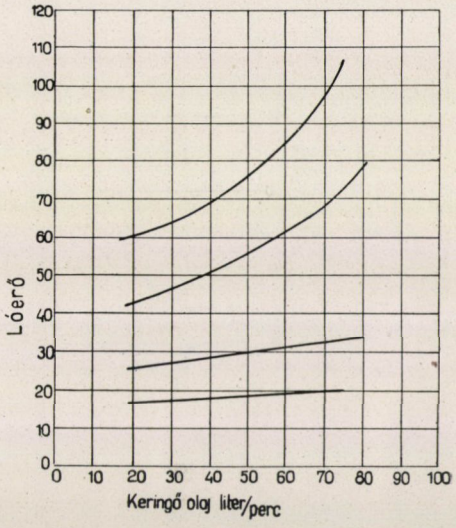
Szólnunk kell még az olaj adagolásáról. Nagysebességű kerekeknél az olajat nyomással fecskendik a fogfelszínekre, mégpedig a kapcsolás után, a nyitás oldalán. Ha a beharapásnál fecskendenének a fogakra olajat, akkor oly vastag film kerülne a felszínek közé, melynek nem lenne elég ideje a kiszorulásra és az ütközés ékszerűen széjjelfeszítené őket, fogtörést, tengelytörést vagy csapágytörést idézve elő, robbanásszerű hirtelenséggel. A nyitás oldalán a fogazásra fecskendett olajat ellenben a centrifugál erő leszórja és a fogakon csak egy vékony, egyenletes film marad, melyet az adszorpció tapaszt a felszínre. Az adszorpció annál nagyobb, mennél nagyobb a felszín és e szempontból egy durvább felszín látszanék előnyösebbnek. Azonban az olaj a felszínből kiálló helyekről behúzódhat a résekbe és ezért mégis a nagyobb simaságfok az előnyös. A gömbalakúnak képzelt olajmolekulákat közel inkompressibiliseknek tehetjük fel, nyomás alatt ugyan ellipszoidokká alakulnak és oldalt terelik egymást, hőmérsékletemelkedésnél azonban térfogatuk is növekedik és ezzel kohéziójuk csökkenése jár együtt.

Merítő olajozás nem felel meg nagy sebességeknél, csak a kisebb sebességű kommercionális hajtóműveknél használható, mert a teljesítményveszteség a sebesség négyzetével vehető arányosnak. Az olajnak a hajtóműben kettős feladata van : a kenőszereppel együtt a fejlődő meleg elvezetését is kell szolgálnia, ennélfogva az olajszivattyú és olajhűtőberendezés megfelelően szerkesztendő. Az olaj hűtőképességének gyakran ki kell pótolnia a hajtóműház hűtőkapacitását, mivel nagy sebességű hajtóművek háza rendszerint aránylag kis felszínterjedelmű az átvitt lóerőszámhoz viszonyítva. *23-ik ábránk* diagrammjának felvételénél a keringő olajmennyiség állandó volt és a hőfok méretett. A tapasztalás azt mutatja, hogy a teljesítményveszteség nagyobb viszkozitásnál nagyobb, következésképp, ha növekvő kapcsolósebességnél a fellépő hőmérséklet emelkedik, és ezzel a viszkozitás csökken, a teljesítményveszteség csökkenése is várható volna. Ezt a diagramm meg is mutatja : 30—100 C° hőmérsékletemelkedésig a veszteség csökkenése mintegy 7,5 % és igen nagy sebességeknél még jobb. Az említett hőfokemelkedésnél azonban a viszkozitás 119 centipoisról 14-re csökkent. Ennek folytán a javulást messze lerontja az az összefüggés, melyet a hajtóerőveszteség és a keringő olajmennyiség között a 24. ábránk diagrammja láttat. Nagyobb olajmennyiség-keringésnél (a csapágyaknál épúgy, mint a fogkapcso-

lásnál) az olaj elnyíródása és elgyúródása nagyobb munkát emészt el, következéskép a keringő olajmennyiség fokozása növeli a veszteséget. A diagramm-görbékből látható, hogy nagyobbodó kapcsolósebességnél a görbe mindig

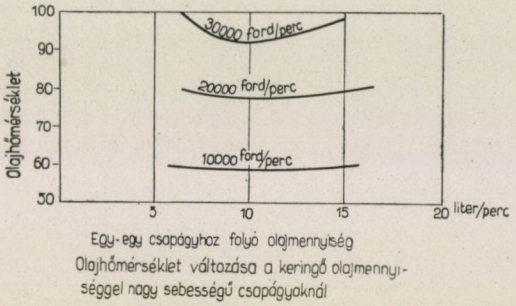


23. ábra



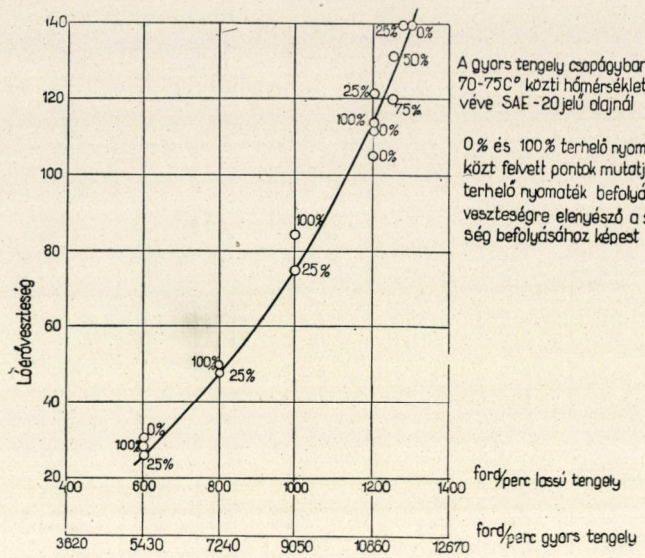
24. ábra

meredekebb, bármely betáplált olajmennyiség esetén. A teljesítményveszteség közel a keringő olajmennyiség négyzetével nő arányosan, mihelyt a viszkozitás már lecsökkent és ezzel az olajkeringés sebessége megnövekedett. A *23. és 24. ábrákból* az a végkövetkeztetés vonható le, hogy az olajadagolást egy észszerű

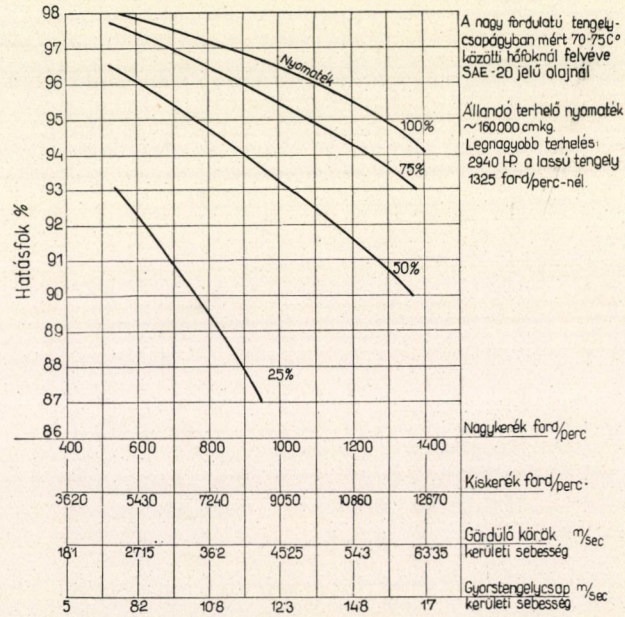


25/a ábra

minimumig kell csökkenteni, továbbá, hogy mindig előnyösebb a kismennyiségű hideg olaj, mint a nagyobbmennyiségű meleg olaj. A legmegfelelőbb olajmennyiség meghatározására mindenesetre csak a tényleges kísérlet az egyedüli mód. Erre igen tanulságos a *25. ábra* görbéjének megfigyelése, melynél könnyen meglátható, hogy az optimum mintegy 10 liter/perc, mert ezen innen vagy



25/b ábra



25/c ábra

túl, egyaránt hőemelkedés mutatkozik. Látható még a diagrammból, hogy nagyobbodó sebességgel relatív hőemelkedésnövelés is jár. Az olaj nyomását illetően azt tapasztalták, hogy 8—15 psi elegendő.

Igen fontos még a hathatós olajszűrés az olaj szívóvezetékében, mert nagy sebességeknél minden piszok és idegen anyag veszedelmes. Legjobb az emésztőgödrös szűrés, mert könnyen tisztítható és ez azért is fontos, mert ha az olaj ragadós lesz, akkor keringési ellenállása is megnő és rontja a szivattyú hatásfokát.

Nyilas elrendezésű ferde fogazásnál előnyösebb, ha a hajtó fogazás nyílhegye a beharapás irányában fut, mert ekkor az olaj befelé terelődik; sokan — nagy sebességnél — az ellenkezőt tartják előnyösebbnek és talán helyesen is, bár mindez függ az alkalmazott kenőszer viszkozitásfokától és a kérdést külön kellene kivizsgálni.

Fűződnek a kenőszerhez a viszkozitási kérdésen kívül egyéb kívánalmak is: kémiailag semlegesnek — főleg víz- és savmentesnek — kell lennie. Kisebb kerületi sebességeknél merítő olajozással szoktak megelégedni; ennek főhátránya, hogy levegőbuborékok kerülnek az olajba. Paralel csúszófelszinek esetében (csapágy) ez nem veszélyes, néha előnyös is lehet, mert csökkenti a hőemelkedést és ezért külön ilyen levegő-emulziós olajokat is állítanak elő, azonban fogkapcsolódásnál a nyomfelszín oly kicsiny, hogy a légbuborék mérete relatív már nagy méret hozzá képest. Ajánlatos fogkapcsoláshoz nem ugyanazt az olajat használni, mint például a turbinacsapágyakhoz; sajnos, a gépegységekben rendszerint nincsen különválasztott olajozórendszer a fogaskerekekhez. Újabban az olajok vizsgálatára nagyberendezésű kutató-laboratóriumokat rendeztek be, és az ott végzett kísérletek alapján az olajgyárak mindig tökéletesebb, a célnak megfelelő speciális olajfajtákat tudnak előállítani.

Rá kell térnünk még a súrlódáscsökkentésnek egy egészen más irányban haladó útjára, mely a fémfelszinek struktúráját igyekszik úgy megváltoztatni, hogy a kenőanyag kiszorulási viszonyai előnyösebbekké váljanak anélkül, hogy a felszínek alaki pontossága vagy keménysége kárt szenvedne. Kisebb terheléseknél régóta használatosak a nemfém-foganyagok, mint nyersbőr és textiliák. Ezek az olajat likacsosságuk adszorpcióképessége által magukba szívják, olajtartók, és magasnyomásnál azt kiizzadva kennek, mert a felszín deformációi viszonylagosan nagyok és elasztikusak. Nagyobb terhelésnél ily textiles anyagok a szükséges méretek és az előállíthatóság határai miatt nem használhatók már; erősebb, fémanyagokra van szükség, főképen acélokra, melyeknél a felszíne nem olyan mértékben olajszívó, különösképen nem, ha nagyon sima. Túlzott simaság rosszabbul tartja az olajat, nagysebességeknél azonban mégis sima felszín kell, nehogy esetleg a leváló fémpor karcolásainak melege (mint már szó volt róla), elrontsa az olaj viszkozitását. Újabban egy sokat ígérő kémiai eljárással a fogfelszinekben egy igen csekély mélységű és szélességű csatornaárokhálózatot létesítenek, melybe az olaj jól beletapad a megnagyobbodott

felszín adszorpció-képessége folytán, az árkokban három oldalról is megragadhat. Az árokhálózatba azonfelül a kopás fínom pora is eltemetkezhet. A felszínfeszültség hatása alatt az olaj kiemelkedik az árokból és jól ken, nem szalad széjjel, egyenletesen oszlik szét a felszínen, és ismét behúzódik a nyomás megszűntével. Az eljárás egy speciális mangán-vas-dihidrogénfoszfát-fürdőben való, 15—45 perc ideig tartó, 90°—100° C hőfoknál történő megmerítésből áll. A fürdő összetétele és hőfoka, valamint a merítési idő az acélnem szerint választandó, de a fürdő pontos kémiai összetétele nem lett eddigelé közzétéve. Előzetes zsírtalanítás és utólagos öblítésen kívül más eljárást nem igényel. Mikrofotografiák *(G. Black*, Product Engineering, 1949. IV.) mutatják, hogy a felszínt egy egyenletes mangánfoszfátréteg borítja, s ez minden fémi érintkezést kizár. A rétegvastagság 0,005—0,008 mm (0,01 mm-nél vastagabb nem is állítható elő). A fogfelszinek köszörülésétől hátramaradó megragadt fémpor a fürdőben feloldódik, és eltávozik a fürdővel. A bevonat nagy nyomásoknál és nagy kapcsoló sebességeknél kitűnően bevált. A keresztmetszet mikrofotográfiái tanuskodnak a csatornahálózat teljesen egyenletes mélységéről és szélességéről. Az *Automobil Research Commitée of Institution of Automobil engineers Great Britain* edzett fogaskerekeken végzett kísérleti mérései a mangánfoszfátbevonás után a következő javulásadatokat tartalmazzák :

Kezelés a fürdőben	Vonalnyomás kg/cm	Javulásviszonyszám a kezeletlen felszínhez képest
45 perc 97° C-nál	1350	2,05-szörös
30 perc 99° C-nál	1400	2,1-szeres
15 perc 90° C-nál	1370	2,08-szoros

Az eljárást bolygókerekeknél, differenciálműveknél, zsírral kent repülőgépfogaskerék hajtóműveknél alkalmazásra ajánlják. Újabb tapasztalatok szerint a bevonat idővel lekopik ; előnye inkább a bejáratásidő rövidítésében és veszélytelenítésében áll, de az is jelentős haladás egyelőre.

6. Végső következtetések.

A súrlódás analíziséből a fogkapcsolódásra vonatkozóan a következő alapelveket kell levonnunk :

1. Legfontosabb a felszínfeszültségek csökkentése. Erre szolgál az evolvens előnyös görbületű zónáinak használata ; a beharapási periódus lehető rövidítése és lehető nagy kerékszélesség alkalmazása. Nagyon előnyös a nyilas elrendezésű ferde fogazás, de az egyoldalas is. E kívánalmaknak a 20°-os szerszámszög és egy 30° körüli fogferdeség jól megfelel.

2. Minél nagyobb fogszámok és minél kisebb modulus alkalmazása a kapcsolószámot növeli, és a csúszósebességeket csökkenti, tehát fölötte aján-

latos. A gyakorlatban eddig is bevált fogmagasság egyenes fogazásnál általában megfelelőnek tartható, ferde fogazásnál esetleg előnyökkel járna a tömpefogazás alkalmazása.

3. Az ütközéses kapcsolásbalépés veszedelmének elkerülésére a legjobb ellenszer a kis modulusok alkalmazása. A visszametszés (kivált nagyobb modulusoknál) előnyös, de helyette megfelelőbbnek mondható csak egy kis fejélvisszavágás a nagykerékfogakon (illetve a meghajtott fogon), mert az sokkal kevesebbet ront a kapcsolószámon, olcsóbb és beállítható mértékű eljárás.

Ezek a pontok a tervezésre vonatkoztak.

A kivitelt illetően :

1. Lehető nagy gyártási pontosság és simasági fok, de nem a túlzásba menően, mert az már nem jár a költségekkel arányos haszonnal. A pontatlanságok kiegyenlítésére a helyes kenőszer, a felszinek olajszívóvá tétele, továbbá egy az eddigiekben nem tárgyalt, igen nagy kilátású szerkezeti megoldás szolgálhat, mely a fogkoszorúnak a keréktesthez való elasztikus kötésében áll, és feloldja az ütközések hirtelenségét. A rugalmas koszorú gondolata már régi keletű, de azok a próbálkozások, melyek ebben az irányban kivitelre kerültek, acélrugós közbeiktatott, bonyolult és terjedelmes szerkezetek voltak, és nem azért nem terjedtek el az általános használatban, mert nem teljesítették volna a várt ütközésenyhítő szerepüket, hanem inkább nehézkes, könnyen megromló, nagy térfogatot igénylő drága voltuk miatt bizonyultak alkalmatlanoknak. Ma azonban rendelkezésre áll az olyan gumianyag, melynek nem árt az olaj, nem alakul át kémiailag, és nem veszti el a tulajdonságait hosszú időn át sem, azonfelül a speciális kívánalmaknak megfelelő tulajdonságokkal is előállítható. A szintetikus gumi gyártása rohamosan tökéletesedik, és alkalmazása a fogkoszorú és keréktest közé egyszerű és kis térfogatot igénylő módon oldható meg. A London Midland Railway a legsúlyosabb feltételek mellett működő vasúti trakció nagykerekeinél kiváló sikerrel alkalmazott ilyen szerkezetet, mely az előadódó heves lökéseket kielégítő módon feloldja.

Szerkezeti megoldásmódok tárgyalása meghaladná keretünket.

Ily megoldás híján fokozott gondosság és nagy pontosság szükséges a szerelésnél, különösen a tengelyek parallelitása, koncentricitások tökéletessége és helyes anguláris beállítás tekintetében ; ez viszont a tervezésmódra is vonatkozik, mert a csapágyazás, a tengelybehajlások és a ház behajlásai odatartoznak.

A jó gumianyag felhasználása még egy más, igen kiadós segítségre nyujt lehetőséget nagyteljesítményű hajtóműveknél, mert az ikerhajtásra való bontást (attaque central) könnyíti meg ; ezek alkalmazásánál az eddigi megoldásmódok csak nehezen boldogultak a beiktatott torziós kiegyenlítő tagok nehézségei miatt. Ikerhajtásnál a fognyomás a felére csökken. Még nagyobb csökkentés érhető el bolygóműveknél, ahol régen háromnál több bolygót alkalmazni hiábavalónak kellett tartani, mert a teherviselésben való egyenletes részvétel semmiképp sem volt biztosítható ; a gumianyag felhasználása a bolygókerekek perse-

lyében ezt a nehézséget is megoldja, és ma már húszbolygós repülőgéphajtóműveket is készítenek, ez pedig igen tekintélyes férőhely- és súlymegtakarítást jelent, és a legváltozatosabb szerkezeti igényekhez való alkalmazkodást teszi lehetővé.

Ikerhajtásoknál és bolygóműveknél a felszínfeszültségek a fogakon felére, illetőleg tört részeire csökkennek az egy kerékpárral való hajtással szemben és így a súrlódás csökkentésének hathatós megoldásmódjai. Szerkezeti részletek tárgyalása szintén kívül áll keretünkön.

2. A felszínek kellő keménysége és az edzett réteg vastagságának a köszörülés után való egyenletes megtartása fontos követelmény. Nagy reményekre jogosít a felszíneknek kémiai kezeléssel való olajszívóvá tétele.

A kezelést illetően :

1. A megfelelő viszkozitású és egyéb tulajdonságú speciális kenőszer használata és helyes adagolása.

2. Por, savgőz, nedvesség távoltartása.

A fogsúrlódás csökkentésére a jövendő irányzata már nem annyira a gyártás pontosságának további fokozása, hanem az ütközések enyhítése, a jó kenőszer és a rugalmas nagykerékkoszorú a gumianyag felhasználásával, a felszínek olajszívóvá tétele, és nem utolsó helyen a lehető nagy fogszámok (minimálisan 18, de jobb, ha több) és kicsiny modulus alkalmazása. A fogsúrlódás csökkenése egyben jár a kerék élettartamának növekedésével és az ajánlott módszerek egyszersmind együtt járnak a férőhely és súlycsökkentés gazdasági előnyeivel.

JELÖLÉSEK

A = áttétel
= pontjelölés
B = kerékszélesség, cm
= pontjelölés
C = centrális (fő) pont
D = osztókörátmérő, cm
E = elaszticitási modulus kg/cm²
= kapcsolóvonal végpontok : E_1, E_2
F = terület, cm², egyszersmind köbtartalom per 1 folyócm
G = indexként = az evolvens alapköréhez tartozó
H = magasság, cm
= hőenergia, cal/gr
indexként = *Hertz* szerinti
K = üzemi tényező, kg/cm²
indexként = fejkörhöz tartozó
L = indexként = lábkörhöz tartozó
M = nyomaték, cm/kg
= tömeg, kg/g
M_W = szerszámmodulus
N = lóerőszám HP = 7500 cm,kg,sec
O = középpontjelölés
P = erő, kg
Q = normálterhelés, kg
= köbtartalom, cm³
R = sugár, cm
S_Y = translaterális ellenállás, kg
T = tengelytávolság, cm
V = sebesség, cm/sec
X, Y, Z = kordináta tengelyek
indexként : hozzájuk tartozó
Δ = különbözet jele
Σ = algebrai összegezés jele
Φ = váltópont jelölése
a = fél nyomsávszélesség
c = olajkiszorulási sebesség, cm/sec
d = átmérő a modulaegységre, cm
f = behatolásterület, cm²
f_g = gördülősúrlódástényező
g = nehézségi gyorsulás
indexként : = gördülő
h = ívmagasság ; ejtő és visszaugró magasság, cm
= olajfilmvastagság, cm
i = indítóerő, kg
k = indexként : = közép
m = méter
= tömeg, kg/g
n = percenkénti fordulatszám
p = vonalnyomás, kg/cm
q = vonalteljesítmény, HP/cm
r = hengersugár; görbületi sugár, cm
r_G = alapkörsugár a modulegységre, cm
t = ütközésidő, mikrosec
v = ütközés érkezéssebesség, cm/sec
v_{cs} = csúszósebesség, cm/sec
x, y, z = kordinátahosszak, cm
α = kapcsolószög
γ = lejtőszög ; gördülősúrlódásszög
δ = parciál-differenciáljel
λ = fajlagos nyúlás, belapulás, %
μ = viszkozitásfok, centipois
ν = arányossági tényező
ξ = mikroelcsavarodásszög
π = Ludolf-szám
ϱ = relatív görbületi sugár, cm
= olajsűrűség, kg/gcm³
σ = normálfeszültség, kg/cm²
σ_H = *Hertz*-feszültség, kg/cm²
τ = csúsztató (nyíró) feszültség, kg/cm²
φ = súrlódásszög
χ = szögjelölés
ψ = szögjelölés
ω = szögsebesség

TARTALOMJEGYZÉK

Verő József r. tag :	Rácsmaradványok fémolvadékban és hatásuk a szövetre	3
Vadász Elemér r. tag :	A földtan viszonya a műszaki tudományokhoz	21

Hozzászólások Vadász professzor előadásához :

Hevesi Gyula lev. tag :	.....	27
Szádeczky-Kardos Elemér r. tag :	.....	31
Kertai György :	.....	36
Káposztás Pál :	.....	41
Geleji Sándor lev. tag :	A hengerlésnél fellépő közepes alakítási ellenállás és a hengerlési munka kiszámítása	44
Szádeczky-Kardoss Elemér r. tag :	Új irányzat a kokszképződés elméletében	71
Tárczy-Hornoch Antal r. tag :	A mágneses deklináció kiszámításáról	78
Domony András :	Al-Cu-Mg nemesíthető könnyűfémötvözetek néhány tulajdonságának változása	104
Heller László :	Hazai gőzerőművek hűtővíz problémái	118
Rada István :	Malmi hengerszék teljesítőképességének kizsámítása	133
Vidéki Emil :	Surlódás analízise fogaskerék szempontból	146

Ara 25·— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, VI., Sztálin-út 31.) — Felelős: Mestyán János

Budapest nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 9156 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc