A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

GELEJI SÁNDOR

XXII. KÖTET 1—3. SZÁM

AKADÉMIAI KIADÓ BUDAPEST

1958

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XXII. KÖTET 1—2. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST V. NÁDOR UTCA 15.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST V. ALKOTMÁNY UTCA 21.

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. Nádor utca 15.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi 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 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest V. Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 05-915-111-44), külföldi megrendelések a „Kultúra" Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest VI. Népköztársaság útja 21., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegen nyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. Cikkeket magyar, vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest V. Nádor utca 15.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

GELEJI SÁNDOR

XXII. KÖTET

AKADÉMIAI KIADÓ BUDAPEST

1958

TARTALOMJEGYZÉK

Avramescu A.: Tranziens szkin-effektus 57

Avramescu A.: Tranziens jelenségek időállandója 157

Bognár Géza: Mikrohullámú rádióösszeköttetések 367

Hozzászólások:

Winter Ernő 374
Sárkány Tamás 376
Magyary Endre 377
Bognár Géza válasza 377
Magyary Endre 378

Csonka Pál: Süveghéj derékszögű négyszög alaprajz felett 21

Csonka Pál: Egyenes tengelyű rudak kihajlása a rugalmas pontok módszerével tárgyalva (kivonat) 35

Csonka Pál: Adalékok az izotróp anyagú testek rugalmasságtanához (kivonat) 75

Csonka Pál: A tiszta csavarás de Saint Venant-féle elméletének általánosítása 77

Endrei Walter: Az óbudai selyemfilatórium 233

Fáy Csaba: A Vízgépek Tanszékének kavitációs csatornája 187

Geleji Sándor: Beszámoló a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának munkájáról az MTA 1957. évi Nagygyűlésén 279

Hozzászólások:

Verő József 300
Bognár Géza 300
Széchy Károly 302
Hevesi Gyula 304
Geleji Sándor válasza 306
Verő József 307

Gillemot László és *Sinay Gábor:* A kontrakciós munka mint anyagjellemző 343

Hozzászólások:

Fáy Csaba 364
Gillemot László válasza 364
Réti Pál 365
Boczor Ede 365
Vassel Róbert 365
Gillemot László második válasza 365

Horváth Aurél: Az alkotók aktivitásának kiszámítása kétalkotós fémoldatokban 135
Ignácz Pál: Transzformátorok terhelhetősége aszimmetrikus üzemben (kivonat) 17
Kerekes Pál: A Magyar Tudományos Akadémia 1956. és 1957. évi műszaki tudománytörténeti pályázatának eredménye 267
Kerpely Kálmán: Emlékbeszéd id. Kerpely Antal halálának 50. évfordulójára 217
Lecznar F. és *Tarján G.:* Lengyel vasércpörkölési kísérletek 79
Lévai Imre: Adatok a fogaskerekek anyagtakarékos méretezésére 99
Schleicher Aladár: Nagyolvasztó és hozzátartozó fúvógép terve 1816-ból 91
Széchy Károly: Csőcölöpökkel végzett kísérletek 309

Hozzászólások:

Kézdi Árpád 335
Biczók Imre 337
Széchy Károly válasza 340

Szőke Béla: A retesz felületi nyomása 117
Tambovcev Sz. P.: A fémek forgácsolásának vizsgálata gyorsított filmfelvétellel 165
Tarján Gusztáv: A hidrociklon tangenciális közegáramlását kifejező $v_t r^n = C$ képlet n kitevőjének meghatározása 195
Tetmajer Alfréd: Id. Kerpely Antal, a kohómérnök 227
Tóth Géza és *Waigand Ferenc:* Gépszíjbőr szilárdsága tartós igénybevételkor 107
Verebély László: Tőrei Tóth László 1876—1956 215
Zolnay László: Vízművek a magyar középkorban 1
Zorkóczy Béla: A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem I. Mechanikai Technológiai Tanszéke kutatásainak legújabb eredményei 37

Könyvszemle

Vaskohászati Enciklopédia IV. Tarján Gusztáv és Vécsey Béla: A vasércek és a nagyolvasztó elegyének előkészítése 273
Borbíró Virgil és Valló István: Győr városépítéstörténete 275
Szurovy Géza szerk.: A kőolajkutatás és feltárás módszerei Magyarországon 276

VÍZMŰVEK A MAGYAR KÖZÉPKORBAN*

ZOLNAY LÁSZLÓ
BALASSI BÁLINT MÚZEUM, ESZTERGOM

[Beérkezett 1953. november 13-án]

A középkor technikai emlékeinek kutatása a hazai régészetnek eddigelé elhanyagolt területe volt. E téren tiszta munkát szinte csak építészet- és fegyvertörténészeink végeztek; művészettörténeti érdeklődésű régészeinket kevéssé érdekelték a középkori műveltség technikai részletkérdései. Középkori műveltségünk gazdasági és technikai emlékeinek anyagi ismerete tekintetében hatalmas hézagok tátonganak; ez indított arra, hogy a középkori vár- és városélet egyik legfontosabb közművét, s azzal együtt a vízellátás kérdését vizsgáljam.

A középkor gravitációs, vagy vízemelő-„gépely"-es vízvezetéke nemcsak egészséges iható vízhez juttatta a járványokkal tizedelt városlakót, de a vízemelőszerkezet technikai alapja, a taposómalom, mint energiaforrás, a kézi-iparból a szervezett ipari termelésbe átívelő iparfejlődésnek is egyik jelentős előmozdítója. Az állati, vagy emberi erővel hajtott taposómalom, a vízemelőgép energiaforrása, XV. századi hazai jelentkezésével egyidőben, energiaforrása a szövőgépnek is, a XV. század második felében pedig az e rendszeren nyugvó gépely, mint bányavízemelő-gép teszi fémbányáinkat a korábbi állapotnál fokozottabb termelőképességű ipari nagyüzemekké [1]. Első dunai vízemelőgépünk okleveles adatát Budáról, 1416-ból ismerjük [2]. Ám ugyanebben az esztendőben Zsigmond egyik oklevele már megemlékezik a barhetszövőgép taposómalmos energiaforrásáról, tehát a szövőgépet is hajtó taposómalom máscélú felhasználásáról is.

Mivel Eger, Esztergom, Visegrád, Pécs, Nagykanizsa középkori vízművének néhány régészeti emlékén kívül, főként Buda vízműveinek anyagi emlékeit vizsgálhattam át, tárgyam tüzetes tanulmányozása csak a középkori Magyarország két — technikailag is — leghaladottabb vára és városa: Esztergom és Buda emlékeinek tükrében volt lehetséges. Ezért munkám helyrajzi súlypontja Buda és Esztergom régi vízellátásának kérdése. A többi magyarországi vízmű típusát e két városban mind megtaláljuk.

*

*A Magyar Tudományos Akadémia 1956. évi műszaki tudománytörténeti pályázatán pályadíjat nyert értekezés.

Az elmúlt évtizedekben, épületalapozásokkor, útépítések alkalmával, vízcső- és csatornafektetések során, szerte az országban, ismételten felszínre kerültek cserépből, fából, ólomból készült régi vízvezeték-maradványok. E leletek legtöbbjének még a szakkutatók sem tulajdonítottak kellő művelődéstörténeti fontosságot. Kiemelésük sem régészeti szempontok figyelembevételével történt [4] s legtöbbször csak egy-egy, önmagában vajmi keveset mondó, csőelem került be a múzeumok raktárába. A cserépcsövek korhatározásával is bajok voltak. A rómaiak, gravitációs vezetékeiknél, állandóan alkalmazták—VITRUVIUS törvénye szerint — a cserépcsöveket, de a századforduló kutatói még azt sem tudták biztosan, hogy a ma már hitelesen középkorinak bizonyult „rejtélyes" bélyegű, XV. századi grafitos vízvezetékcsövek: nem ókoriak-e? [5]

Így azután érthető, miért nincsenek az egyes vezeték-szakaszokról térképeink, miért nem jegyezték fel a csőelemek típusait, a vezetékek lejtésirányát, a takarás mélységét. A drágább fémekből — bronz, ólom — készült vízvezetékelemeket olyannyira fosztogatták, hogy például 1702-ben és 1828-ban Buda városának éjjel-nappal őriztetnie kellett a svábhegyi forrásokból a Várba vezető földalatti csővezetéket. De meg az értékes fémanyag másképp is kelendő: 1828-ban maga Buda városa árverezi el régi ólomcsöveit; akkor, amikor új öntött vas csővezetéket fektet le [6].

Így tehát a régészeti érdeklődés hiánya, és a tárgyi anyag megsemmisülése is hozzájárul az emlékek pusztulásához.

Tárgyunk elhanyagolása azonban nem csupán a hazai, hanem részint a külföldi irodalomra is jellemző. KÖNYÖKI József régi monográfiája (A középkori várak, 277. lap) hazai váraink közül mindössze Bozók, Vágbeszterce és Vöröskő vízvezetékéről emlékezik meg. VIOLLET LE DUC is főként csak a házépületekkel kapcsolatos vízművi berendezésekről emlékezik meg, FELDHAUS technikatörténeti munkái [7] pedig — a középkort szinte mérföldes csizmákkal lépik át — s az ókori vízvezetékek után első európai vízvezetékként ismételten, csupán XIV. Lajos versaillesi vascsővezetékeit emlegetik. És noha bizonyos az, hogy a középkor embere, ezeresztendős hanyatlás után, csak a XV. századra közelíti meg az ókor technikai fejlettségét (amelyet azonban egyidejűleg már meg is halad; elég csupán arra gondolnunk, hogy a krétai Knossos-palotának már négyezer évvel ezelőtt volt vízvezetéke s a császárkori Róma naponta kétannyi vizet fogyasztott, mint Budapest 1952-ben) [8], a középkor eredményei sem jelentéktelenek.

Okleveleink, krónikáink, egyszóval diplomatikai emlékeink, a régészetiekkel egybehangzó módon, a középkori vízműveknek — tehát nem ciszternáknak és kutaknak! — két rendszerét ismerik: *a gravitációs* és a *vízemelő-géppel* hajtott vízvezetékeket. Az elsőnek, amelyet már az ókor jól ismert, energiaforrása a víz gravitációja, a másiké a gép, a taposómalom. Az előbbi — a gravitációs erőnél fogva — magasabban fekvő források vizét vezeti alacsonyabban fekvő csorgókhoz, az utóbbi pedig a mélyen fekvő forrás, vagy a folyó vizét magasabb

pontokra emeli vagy nyomja fel. Középkori városainkat jobbára gravitációs vezetékek látják el ivóvízzel, váraink, főként a hegyi várak azonban — a kutak és ciszternák, esetleg barlangkutak mellett — a XV. századtól, egyre inkább vízemelő-gépes vízvezetékrendszerre térnek át.

A vízellátás és a vízhiány élet-halál kérdése középkori váraink lakóinak. Más helyen rámutattam, hogy a budai Királyi-palotának a Várhegy déli sziklanyelvén történt megépítését, másokkal ellentétesen, csak Nagy Lajos korának tulajdonítom : [9] a korábbi királyi kastély, IV. Bélától Nagy Lajos koráig, a Várhegy — barlangkutakkal teli [10] — *északi* részén állt. E településtörténeti szakaszt Budán igen lényegesen befolyásolja a Várhegy északi oldalának vízbősége s a déli sziklanyelv vízhiánya.

Az a két budai, a Dunáig lefutó cortina, vagyis oldalbástya, amely részben máig áll, a kikötő és a királyi udvarnak dolgozó vízimalmok védelmén kívül, a várpalota dunai vízellátását is biztosította s így kétségtelen, hogy e két lefutóbástya még a várpalota építésének első, anjoukori periódusából való. A XIV—XV. század fordulójáig a budai királyi várban s a várhegyi polgárvárosban nincs nyoma semmiféle mesterséges vízműnek, a várat s a várost esővíztároló ciszternák és barlangkutak, meg dunai vízhordók látják el vízzel. 1360-ból ismerünk egy adatot, bizonyos Conradus Sueus királyi machinátorról (egykoron Visegrádon volt háza), aki is vagy fegyver- vagy vízműves volt [11].

Zsigmond nagyarányú budavári palota- és erődépítkezése — ezek sorában a palota déli, a Dunához lefutó oldalbástyájához kapcsolt Vízirondella megépítése — egybeesik Buda vízvezetékének első okleveles adataival. Addig, mint a Budai Jogkönyv 156. szakasza mondja, zömmel dunai vízhordó-emberek (Wasserträger) gondoskodnak a Vár vízellátásáról. 1416-ban azonban Zsigmond Hartmann nürnbergi csőkovácsnak (puskaművesnek ? — Rohrschmidt) ezer rajnai aranyat utaltat ki Nürnberg város adójából. Hartmann „vor Zeiten das Wasser in Ofen auf den Berg geleitet hat".

Ezzel az adattal Buda a legkorábbi, vízvezetékkel rendelkező magyar város. Adatunk egyben, a budai vízművet Hunyadi Mátyásnak tulajdonító Bonfini adataival szemben, azt is bizonyítja, hogy középkori fővárosunknak már a Mátyást megelőző korban is volt vezetett vize. De ugyanezt támasztja alá Zsigmondnak egy másik, 1424-ben Diósgyőrött kiadott oklevele, amellyel Kassa városát utasítja : Péter mester királyi vízvezető-mesternek (aqueductori nostro) a királyi adóból negyven forintot fizessen [12]. Péter mester egyébként több oklevelünkben felbukkan, mint királyi várépítő és vízvezető ; fizetése évi kétszáz forint. Személye, a budai vízmű létesítésén kívül, a visegrádi palota- és vízműépítéshez is hozzákapcsolható. Egyes íróink szerint francia mester, a Bertrandon de la Brocquière által Budán látott franciák egyike [13].

1417-ben Ambrosio Traversari emlékezik meg a budai Várkert nyugati oldalának halastavairól [14], amelyeket alkalmasint ugyancsak vízvezeték táplált.

Hazánkban, jóllehet már a középkorban hamisított pécsváradi oklevél is megemlékezik vízvezetékről, s a XIV. századi Szobráncon is említenek effélét [15] a vízvezeték csak a XV. század első évtizedével válik városaink intézményes közművévé. Bártfa alig néhány évvel Buda után, 1426-ban, Körmöcbánya 1442—46-ban egyre többet és többet költ — bizonyára gravitációs — vízvezeték építésére és karbantartására. A XV. század derekán már Eperjes, Kassa, Besztercebánya, Újbánya, Lőcse és Pozsony mellett, minden jelentősebb városunk birtokában van e fontos közműnek [16]. A XV. századból egyre több adat tanúskodik Brassó vízvezetékéről is [17]. Alkalmasint ókori gravitációs vezetékek nyomvonalán épülnek Pécsnek a Tettye-forrásból táplálkozó vezetékei [18]. A pozsonyi vár vízművéről 1434-ből találjuk az első feljegyzést: Zsigmond király hatszáz forintot fordít arra [19]. Budával egy időben, a XV. században, épülnek ki a Duna menti várak, Pozsony, Győr, Komárom, Esztergom, Visegrád és Nándorfehérvár vízemelős-rendszerű vízvezetékei.

„Az Lándorfehérvár elveszésének oka e vót" — olvassuk 1521-ben, a török kézre került Belgrádról, hogy a vízvárat a török elvágta s a magyar védőknek „vizük az csatornábul teljességgel kifogyott vót" [20].

Középkori vízberendezéseink közül a taposómalom-meghajtásos vízemelő *szivattyú* jelenti azt a fejlődési szintet, amely már meghaladja az ókori technikát. Ez az energiaforrás — mint említettük — nemcsak a szövőipart forradalmasította, de mint bányavíz-mentesítőgép, XV. századi bányászatunkat is fellendítette.

1440-ben Körmöcbányán Rollner Konrád bányagróf építi az első bányavízemelőt: 1462-ben már hat ilynemű berendezése van e bányáknak. Jelentőségüket mi sem jellemzi jobban, mint az a tény, hogy amikor a XVI. század elején tűzvész pusztítja el ezeket a berendezéseket, a körmöci bányák virágzása is hanyatlik [21]. A XVI. század elején az újbányai bányákat is vízemelő-gépekkel vízmentesítik [22]. 1475-ben Thurzó György, akkor még krakkói szenátor, a kor kiváló bányavállalkozója, olyértelmű megállapodást köt a magyar kamarával, hogy vízemelőgépeivel vízmentesíti a selmeci bányákat, aminek ellenében a kitermelt fém egyhatodát kapja s ezenfelül gépenként heti egy aranyat. Mátyás király, Thurzó technikai újításának komoly hasznát látva, Thurzónak a többi felsőmagyarországi bányára is működési engedélyt ad s a Thurzó-konzorciumnak minden kitermelt márka-súlyú ezüst után négy aranyat biztosít [23]. 1518-ban Hans besztercebányai „Kunstmeister" vízemelője működik Selmecen [24].

Bártfa vízművesei a XVI. században már oly jóhírűek, hogy Drugeth János 1518-ban a bártfai bíróhoz írt levelében írja: hallotta, hogy van Bártfán valaki, „qui sciret ad arcem nostram Jezena vocitatam aquam sursum accipere", küldjék tehát hozzá e vízművest [25].

A bártfai vízmű régebbi mestereit, a lengyel Krakkói Mihályt (1434) és Krakkói Miklóst (1436) név szerint is ismerjük; mindkettőjüket Roerenmaister névvel illeti a városi számadáskönyv [26].

A budai vár Mátyás-kori vízi berendezéseiről Bonfini számol be. Még I. Ulászló korában, 1440-ben működik Budán Paolo Santini di Duccio olasz építész és hadmérnök. Mivel ő már Zsigmond alatt is megfordult Budán, feltehetjük, hogy nemcsak a nürnbergi Hartmann mesternek (1416 előtt) s a talán francia eredetű Péter aqueductornak, de di Duccionak is része van a XV. századi budai víziberendezések megalkotásában ; Horváth Henriknek legalábbis ez a feltevése [27]. XVI. századi adatokból tudjuk, hogy Budának Mátyás korában, már nemcsak *egy*, hanem *két* dunai vízemelő-gépe is volt, s hogy a vár vízellátásához a Svábhegyről vezetett források gravitációs vezetéke is hozzájárult. A Királyi-várnak a Dunához levezető déli kortinájában vonul az egyik vízemelő gép vezetéke, amely vizét a mai Ybl Miklós tér táján állott Vízibástya vízemelőjéből kapja. A másik budavári vízemelő már nem a királyi palota, hanem a budai *polgárváros* igényeit elégíti ki: nyomvonala a XVI. század elején a mai Fő utca 3—5. táján állott vízemelőből a ferencrendiek kolostorához — a Várszínház épületcsoportja — vezet fel. Ez utóbbi vízvezetékrendszert még jóval később is úgy említik, mint László király — tehát I., vagy II. Ulászló — létesítményét [28].

A Mátyás-kori emlékek sorában Hans Seybold 1476-ból feljegyezte, hogy a budai zsidók Beatrixot, mint menyasszonyt a legbelső várpalota kútjánál köszöntik [29]. 1484-ben Dóczi Orbán kincstartó utasítja Kassa városát: küldjön száz mázsa ólmot a budai királyi palota víztartójának építésére [30]. A palota egyik korábbi ciszternájáról értesülünk Zsigmond király egyik, 1434. évi oklevéléből [31]. Bonfini a budai palota hideg- s melegvizet szolgáltató fürdőszobáiról s a dunai palotaoldal egy, márványból és ezüstből épített szökőkútjáról emlékezik meg. Ír a palota — 1476-ban is említett — legbelső díszudvarának márvány-szökőkútjáról, amelyet a sisakos Pallas Athéné szobra ékesített. S feljegyzi azt, hogy Mátyás Budára, nyolc stádiumnyi távolból szurkos fa- és ólomcsöveken át vezettetett forrásvizet [32].

A budai palota szökőkútjainak, fürdőszobáinak módján Mátyás visegrádi és tatai, majd pedig bécsi várát is fürdők, szökőkutak, függőkertek díszítették — amiről archeológiai emlékeink s írott feljegyzések egyként tanúskodnak [33].

A budai Várkert nyugati oldalán Bonfini is megemlíti a már Zsigmond korából ismeretes királyi kerteket, a villa marmoreat s a halastavakat. A Bonfini szövegében említett „cryptoporticus"-ról — amelyet korábban „titkos folyosó"-nak véltek, — Rapaich Rajmund állapította meg, hogy vízberendezéssel összefüggő műbarlang, „hűtőző" volt [34].

A Bonfini említette budai, visegrádi, tatai és bécsi függőkertek, szökőkutak művészettörténetével újabban Meller Péter foglalkozott [35] ; az általa említett egyik budai szökőkút Poliziano-írta felírása az Ister vezetett vizére, tehát a Duna budai Várba felszivattyúzott vízére utal. 1501-ben Daimero velencei követ jelenti beszámolójában, hogy Budán, Úrnapján, a város piacán álló szökőkútból naphosszat bor folyt. Temérdek nép zarándokolt e csodás

forráshoz [36]. Ugyanebben az évben Zsigmond lengyel hercegnek, a későbbi lengyel királynak budai számadáskönyvében olvassuk: budavári szállására a budai ferences kolostorból, annak ciszternájából hordják a vizet [37]. 1502-ben Pierre Choque, a francia királyné fegyvernöke írja: II. Ulászló és felesége, Candale-i Anna esküvőjekor a királyi palota udvarán álló egyik budai szökőkútból, hat csövön át, egész nap bor patakzott [38]. (A szökőkutaknak ilyen borkútszerű használata általános középkori divat: Mátyás korában Visegrádon is dívik. De nemcsak szabadtéren, hanem a király lakomáin is alkalmazzák: az olmützi királytalálkozón és Mátyás budai lakodalmán is hordozható, a terem mennyezetére függesztett hordók lövellik a borokat) [39].

Mátyás idején azonban már nemcsak a királyi palotában és Buda városában vannak vízvezetékből táplálkozó szökőkutak és csorgók, hanem az alsó- (vízi-) városban is. 1470 körül, okleveleinkben ismételten találkozunk a vízivárosi Csorgókúttal. Helyét a mai Donáti és Iskola utca környékére tehetjük. Barokk-kori adataink vannak arról, hogy a törökkor után megújított budai vízvezeték túlfolyó vizeit, feltehetőleg a középkori vezeték nyomvonalán, egy, a mai Batthyány térhez közeleső közkútba vezették le [40]. E környéken egyébként az 1602. évi évi Ortelius-metszet, majd Gaspar Bouttuts (1640—1695) és Lodovico Mattioli (1662—1747) budai metszete is jelez egy szökőkutat [41].

Vasari, Chimenti Camicia itáliai építészről szólván azt írja, hogy Camicia, Mátyás szolgálatában, 1474-ben palotákat, kerteket, szökőkutakat, templomokat, erődöket s más jelentős épületeket emelt Magyarországon. A halál is magyar földön, hajón utaztában, éppen akkor érte, amikor egy (vízemelő) malom tervén dolgozott. Azt, hogy Camicia munkássága jelentős részben vízművek, vízemelő malmok és vízvezetékek — stagni, acquidotti, terme e colisei — építését szolgálta, epitáfiuma is bizonyítja. Tekintve, hogy Camicia, Mátyás halála után, Hyppolit esztergomi érsek szolgálatába szegődött, meglehet, hogy kezemunkáját nemcsak Buda, de Esztergom XV. századi vízvezeték-maradványai is őrzik [42].

Budavár régi kútjai közül a palota legbelső udvarának kútjáról Istvánfi krónikája jegyzi fel: II. Ulászló vitézei, egy török portyáról hazajövet, levágott török fejekkel tüzdelték meg ezt a kutat, amelybe, mint írja, ólomcsövek vezetik a vizet. Anna királyné, aki eladdig kedvelte e szökőkút vizét, annyira elirtózott e barbár diadaljelvényektől, hogy soha többé nem ivott a kút vizéből [43]. Aligha tévedünk, ha a várpalotának e belső udvarán levő kútját, amelynek magyar neve csatornáskút volt [44], az 1476. évben már említett díszkúttal azonosítjuk. Későbbi gyászos emléke: 1532-ben Gritti e kútnál fejezteti le Ártándi Pál beregi főispánt és annak öccsét [45]; 1541-ben, Izabella királyné eltávozásakor, itt, a „csatornakút melletti boltoknál" málházzák a száműzetésbe induló özvegy királyné poggyászát [46].

1517—18-ban Andrea Ferrucci, az esztergomi Bakócz kápolna oltárának mestere, farag egy márványkutat II. Lajos budai palotája számára [47], 1525-

ben pedig II. Lajos 46 forintot utaltat ki Csatornás Orbán mesternek, ólomra, vasra, deszkákra s az ácsok munkadíjára, hogy megjavítsák a budai vár fagy megrongálta malomszerkezetét, és vízvezetékét [48].

A törökkorban a budai vízvezetékek jó része megsemmisült; DERNSCHWAM írja 1553-ban, Budán járva, hogy a török ugyanúgy puttonyokban hordja fel a várba a Duna vizét, mint jóval annakelőtte a budai vízhordók [49]. 1591-ben a Vratiszláv báró vezette követjáráskor azt jegyzik fel a várpalota legbelső kútjáról, hogy vízszolgáltatása szünetel [50]. EVLIA CSELEBI (1660—64) a keleti ember elragadtatásával emlékezik meg a veszendő budai díszkutakról s a Pasaszeráj (Színház utca, egykori ferenceskolostor) udvarán álló csorgóról, ahová egy ügyes mesterember — valaha — a Duna vizét vezette fel: tudományán — írja — „elbámul az ész". A törökkor forrásai nyomán némely írónk tévesen tulajdonítja törökkori műnek a budavári dunai vízemelőberendezéseket [51]. A Várszínház táján állt XV. századi építésű vízemelő-bèrendezésről, amely egy ideig a török alatt is üzemben volt, mivel alighanem itt laktak a budai pasák — 1688-ban a következőket jelentik Budáról Bécsbe: „auf das türkische Treibwerk ist kein Reflexion zu machen, und seind zwar ihre alte Röhren zu sehen, aber kein grosser Effekt dadurch erfolgt" [52].

A törökkorban s a felszabadító háborúkban tönkrement három budavári vízvezetéket — a Királyi palotába, a régi ferences kolostorba (Várszínház mellett) vezető vízemelőberendezéseket s a Svábhegyről a Várhegyre vezető gravitációs vezetéket — az újkorban is megújítják; ennek története azonban már tárgyunkon kívül esik.

Buda középkori vízvezetékei mellett, aránylag a legtöbb régészeti és írásos feljegyzésünk, Esztergom vára vízellátásáról maradt fenn. Itt, a középkori Várhegyet a kezdetben, csakúgy, mint Budán ciszternák és kutak látják el ivóvízzel. A XV. századra tehetjük az esztergomi vízparti Veprech-toronyból a Vár északi bástyájába felvezető Duna-víz emelő gépezet létesítését s alkalmasint ugyanekkor építik meg azt a gravitációs vezetéket, amely a Szent János-kút vidékéről vezetett a mélyebben fekvő Várba. WERNER György felvidéki főkapitány munkája, 1550 körül, megemlékezik az esztergomi vízemelő-gépről, az Ungnad-féle követjárás 1573-ban említi ugyanezt. Utóbb, 1593-ban a Wratiszláv-követjárás naplója jegyzi fel, hogy az esztergomi vár vizét a törökök a Dunából nyerik s e vízvezetéket még a magyar érsekek (1530 előtt) építették [53]. A török egyébként e vízmű ápolására Esztergomban, a XVI. században, állandó alkalmazottat tartott és Pecsevi is megemlékezik arról. A magas hegy szélénél — írja —, amelyen a vár áll, a Dunától 40—50 rőfnyire egy forrás van. Ennek vizét a vízmű mestere igen ügyes módon fogta fel és csatornákba vezette. Innen egy nagy bronzkerék, szűk csöveken át hajtja fel a vizet a várba, ahol is oly gazdag a csorgó, hogy éjjel-nappal vizet ad. A keréktől a várban levő csorgóig 460 rőf — mintegy 120 méter — a távolság [54]. DSELELSZÁDE török író hasonlóképpen írja le az esztergomi vízemelőt [55]. Az itteni vízmű, annak dunai

vízháza, a romjaiban máig álló vízparti Veprech-torony Esztergom várának éppoly döntő sarkpontja volt, mint Belgrádban a Vízvár, vagy a budai vár déli vízparti Vízirondellája. Esztergom e vízemelőgépét a XIX. században éppúgy megújították, mint az újkori Budán; így tehát jelenleg három olyan vízvezető-akna maradványunk van (Budán egy a Várpalota déli kortinájában, másik a Várszínház s a Hunyadi János út között, harmadik Esztergomban az északi Várbástya s a Berényi Zsigmond utcai Veprech-torony között), amelyek részben XV. századiak, részben azok nyomvonalára települtek az újkorban.

Vízemelős vízvezeték Budán, Esztergomon, Nándorfehérváron kívül Visegrádon is volt [56]. DIVALD KORNÉL 1910-ben még Zólyomlipcse várában is rábukkant egy taposómalmos vízvezeték maradványára [57]. Közép- vagy újkori-e, nem tudjuk.

Ami a vízvezetékek másik, a középkorban is használatos rendszerét, a gravitációs vízvezetékeket illeti, annak számos írásos és régészeti nyomára akadunk. Az esztergomi múzeumban a Szent János-kúttól az esztergomi Várba vezető vízvezeték csőelemeit őrzik, Nagykanizsán is hasonló cserépcső-elemre akadunk, bár az utóbbi értékét lelőhelyének ismeretlensége csökkenti. A füleki várásatás is felszínre hozta egy szokatlan nagyméretű cserépcsővezeték elemét [58]. 1866-ban Gödöllő és Szada közt, a legelőn, RÓMER Flóris bukkant „vízvezető cserép hengerekre"; ezeket Rómer az azóta szintén elkallódott budai Lukácsfürdő (az egykori johannita-xenodochium) területén találtakkal egybevetve középkoriaknak vélte [59]. Páty községben, a „régi kútnál" is kerültek elő vízvezető cserépcsövek [60]. 1867-ben Pilisszentkeresztről — a régi ciszter-cita kolostor területéről — vittek be, azóta ugyancsak megsemmisült cserépcsöveket a Nemzeti Múzeumba, 1876-ban pedig a pilisi járás Jenő nevű községében került elő egy cserépcsővezeték néhány eleme [61]. Ezek a szórványos leletek azt mutatják, hogy a középkorban kisebb településeknek, kolostoroknak is voltak gravitációs vezetékei.

Egerben, a vár földalatti aknafigyelő-folyosóinak keleti szakaszán hosszabb vörösfenyő-vezeték eredeti helyén fekszik. Egyik elemét kiemelték. A PATAKI Vidor végezte feltárások során ugyaninnen felszínre került néhány — belül mázas — vízvezető cserépcső is. Valószínűleg a XVI. századból valók; PATAKI Vidor ugyanis kimutatta, hogy az egri várnak azt a szakaszát, ahol e vízvezeték fekszik, 1568—70 táján Ottavio Baldigara császári hadmérnök építette. Ugyancsak Baldigara nevéhez fűződik a pozsonyi vár egyik földalatti vízvezetékének kiépítése [62].

Nógrád vára, Bozók, Vágbeszterce, Vöröskő, Munkács, Árva vára, Kőszeg, Gyulafehérvár, a tornamegyei Komjáti ugyancsak rendelkeztek vízvezetékekkel [63]. Legutóbb az esztergomi határban fekvő Ákospalotája n. egykori érseki nyaraló területén akadtam egy épített, lépcsős víz-eséshez kapcsolódó vízvezeték elemeire.

*

A hazai vízvezetékekkel, vízművekkel kapcsolatos gazdaságtörténeti adataink azt mutatják, hogy a vízvezetés, a vízemelés tudománya, vagy művészete a középkor egyik legmegbecsültebb építőipara volt. Vízművek tervezésével nem kisebb elmék foglalkoznak, mint LIONARDO, vagy a mi CAMICIÁnk; maga a kivitel pedig egész sereg iparágat igényel. Cserépégető fazekasok, épületácsok, gépkovácsok, lakatosok dolgoznak a technikai megvalósításon. Azt, hogy e munkát mennyire megbecsüli a hazai középkor, legjobban a korai vízművesek honorálásából láthatjuk. A XV. századi Budán a puttonyos dunavízhordóknak — a polgári társadalom szinte legalantasabb rétege dolgozóinak — 22 400 liter vizet kellett a Várba felhordaniuk, hogy egy aranyat keressenek: 16 pint — vagyis 16-szor 14 liter — vízért számíthattak fel egy fillért! [64] HARTMANN nürnbergi mester dunai vízemelő szerkezetét 1416-ban Zsigmond ezer arannyal, tehát kereken huszonkét és egy félmillió liternyi víz szállításának árával honorálja.

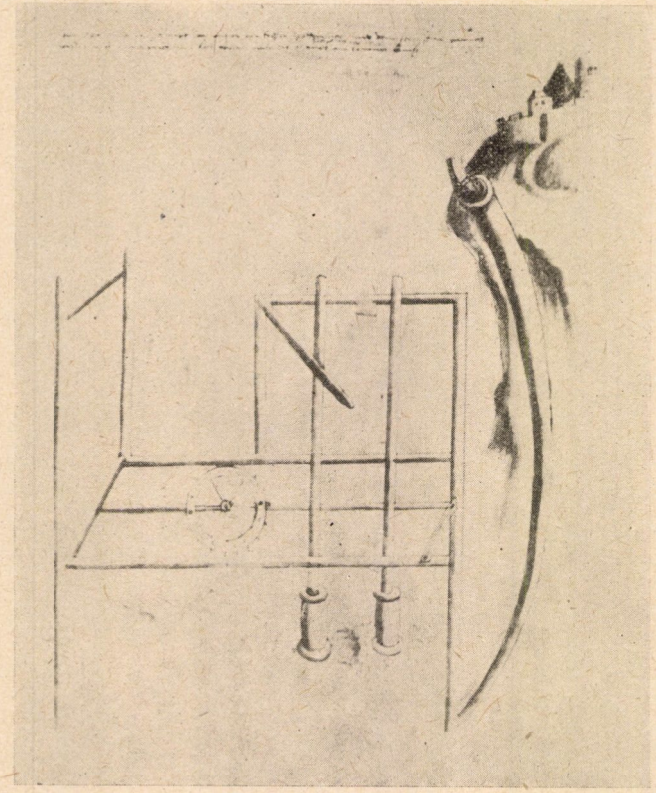
Hartmannt Zsigmond 1416. évi oklevele csőkovácsnak, esetleg puskaművesnek nevezi. Kortársa, a budai vízvezetékkel foglalkozó, állítólag francia eredetű Péter mester építész és vízvezetőként (architector sive aqueductor) szerepel. Besztercebánya középkori vízműveseinek neve: wassermann, aquilex, fontium magister [65]. Bártfa két XV. századi vízmesterét „roerenmaister" néven nevezik. 1525-ben Orbán mester, II. Lajos budai mestere, magyar ragadvány-nevében viseli foglalkozása magyar nevét: Csatornásnak hívják. A XVI. század esztergomi vízvezeték török gondozójának neve: szujoldsi; napi 15 akcse zsolddal (1544).

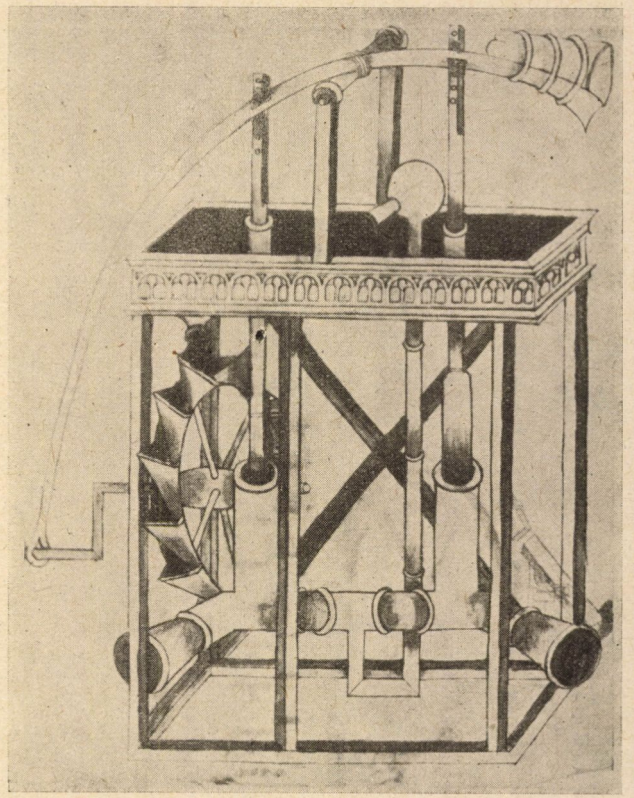
Adataink azt mutatják, hogy középkori vízműveink alkotásában hazánk szülöttei éppúgy részt vettek, mint német, francia, olasz, lengyel mesterek. A középkor vándorló vízművese éppoly keresett és kapós iparosa a középkori vár- és városéletnek, mint az építőpáholyok munkása.

*

A középkori vízműveknek két rendszerét, a *géppel történő víznyomás* rendszerét, illetve a *gravitációs vízvezeték* rendszerét igazolják középkori magyarországi adataink.

Az emberi [66], vagy állati erővel hajtott taposómalom, annak vízemelőszerkezete, kétségtelenül *szivattyú* volt. A weimari, XVI. századi „Ingenieurkunst und Wunderbuch" egyik 1405-ből származó melléklete már szivattyúskutat ábrázol (1. és 2. ábra). Ez a — JAKAB ÁRPÁD főmérnök szíves útmutatása nyomán fellelt — ábrázolás kétségtelenné teszi a XV. századi magyarországi vízemelőgépeknek szivattyús rendszerét is. Így tehát teljesen alaptalan az a feltevés, mintha ezek a vízemelők olyanfajta vödörsoros vízemelők lettek volna, mint amilyeneket manapság a folyami fenékkotrás hasznosít. Három megmaradt hazai hegyi vízvezető aknánk, azok tört pályája, meggyőzően bizonyítja e gondolat tarthatatlanságát. De nem is képzelhető el, mondjuk, száz méter





1. és *2. ábra.* Képünk Konrad KYEZER 1405-ből származó „Bellifortis" c. művéből származik. E képeket a XVI. századi weimari „Ingenieur-kunst und Wunderbuch" publikálta először. Mivel taposómalommal, vagy vízikerékkel a forgó mozgást az ókor mesterei is létrehozták, a középkor vízműveseinek problémája a szivattyú dugattyújának le-fel mozgatása, illetve a forgó mozgásnak egyenes mozgássá való átalakítása volt. 2. ábránk jól szemlélteti a himbás hajtást; ennek alapján feltehető, hogy hasonló mű hajtotta fel a hegyi várakba a folyóvizet. (A müncheni könyvtár két kézirata — közölte TH. BECK: Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, 1900. — az 1430-as évek előtti korból tartalmaz vázlatokat, amelyből a forgattyú tengely, tehát a körmozgásról az egyenes, ide-oda mozgatására következtethetünk.) Alig vitás, hogy a XV. század elejének ilyen rendszerű szivattyújára utal Zsigmond király 1416. évi budavári vízművének adata. (JAKAB ÁRPÁD főmérnök szíves közlése.)

magasra történő vízzel teli vödörsor mozgatása, ha tudjuk, hogy például Buda újkori vízemelőit mindössze kétlovas taposómalom hajtotta. *Szivattyúkat* mozgattak ezek a XV. századi régi vízemelőgépek, s így megbecsülésünk e régi hidrotechnikusok iránt csak fokozódhatik.

A szivattyú feltalálását, úgy tudjuk Vitruvius , a görög KTESIBIOSnak (i. e. 150 körül) tulajdonítja. Ám ez az antik hagyaték — s itt adataink a szakirodalom eddigi ismereteivel szemben újdonsággal szolgálnak — nem váratott újjászületésére, a XVII. századig. Így tehát nem a XVII. századi francia SERVIÈREnek érdeme a szivattyú európai hasznosítása ; a szivattyú elvét ismerték és gyakorlatát megvalósították a XV. század magyar vízművesei is.

De nemcsak a XV. századi vízemelő-szivattyúk jelentenek haladást az ókori vízvezetéstechnikához mérten ; — a gravitációs vezetékek is. A budai és esztergomi gravitációs vezetékek nem egyvonalú, egyenletes lejtéssel vezetik a magasabban fekvő forrás vizét az alacsonyabban fekvő csorgókhoz. Budán a Sváb-hegyi — mint régebben nevezték : Háromforrás-hegyi — vezetékek mintegy 350 m magasságból indulnak, leszállnak egészen a Vérmező szintjéig, majd onnan emelkednek fel a Várhegy átlagos 170 m magasságára ; rendszerük lényegében tehát már nem is a gravitáció, hanem a közlekedőedények törvényén alapul.

Ilyen tört pályájú, a közlekedőedények törvényén alapuló gravitációs vezetékeket csak Hellas és Róma népeinek otthoni földjén ismert az ókor : az antik provinciákban, Pannoniában is, ilyen rendszerű vezetékek nyomát a régészet sehol nem mutatta ki. Így tehát nemcsak a szivattyús, hanem a XV. században már kimutatható hazai gravitációs vízvezetés is jelentős technikatörténeti eredmény.

IRODALOM

1. HECKENAST GUSZTÁV : A besztercebányai bányászfelkelés. Századok, 1952. évf. 367. lap.
2. BÁRTFAI SZABÓ LÁSZLÓ szíves tájékoztatása nyomán : Regesta imperii, XI. kötet, 1967. sz.
3. DIVALD KORNÉL : Néprajzi jegyzetek Zólyom vármegyéből. Múzeumi és könyvtári értesítő, 1910. 1. füzet, 13. lap.
4. Esztergomban például 1952-ben úttörő-gyerekek bontották fel a Szentjános-kúttól a vár felé vezető vízvezeték cserépcsöveinek jelentős szakaszát. Pajtás c. lap. 1952. évf.
5. Archeológiai értesítő, 1897. évf. 381. lap, 370, 371, 382. ábra. — 1898. évfolyam, 78. lap. — FOERK ERNŐ még 1920-ban is ókorinak tartja az óbudai Viktoria-téglagyár (Fehéregyháza) területén talált középkori vezetéket. Budapest régiségei, X. kötet, 50. lap.
6. Az 1702. és 1828. évi adatok néhai GARÁDY SÁNDOR jegyzeteiből. Budapesti Történeti Múzeum (Vármúzeum).
7. FELDHAUS : Die Technik der Vorzeit. Leipzig, 1914. 834, 1294. lap és FELDHAUS : Die Technik der Antike und des Mittelalters, Potsdam, 1931. 48, 66, 96, 103, 390, 392. lap.
8. JAKAB ÁRPÁD : A vízellátás története. Budapest, 1952. (A Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatából, Ep. 46. jelzet).
9. Művészettörténeti Értesítő, 1952. évf. 15—28. lap. — 1953. évf. 204—209. lap.
10. HORUSITZKY HENRIK : Budapest dunajobbparti részének hidrogeológiája, 93. és 94. lap.
11. Esztergom, Prímási levéltár, Ladula : L., fasc. : 1., nr. 3.
12. KEMÉNY LAJOS : Zsigmond király budai építkezéseihez. Történelmi tár, 1895. évf. 205. lap.
13. Magyar Mérnök- és Építészegylet Közlönye, 34. évfolyam (1904) 41. — HORVÁTH HENRIK: Zsigmond király és kora, Budapest, 1937. 123. lap.
14. RAPAICH RAJMUND : Magyar kertek, 30. lap.

15. MAGYARY-KOSSA: Magyar orvosi emlékek, III. kötet, 251, 291. e., 303. szám.
16. FEJÉRPATAKY: Magyarországi városok régi számadáskönyvei, 633. lap. — DEMKÓ KÁLMÁN: A felsőmagyarországi városok, Budapest, 1890. 99. lap. Huszadik század, XIII. évf. (1912) 689. lap. — IPOLYI ARNOLD: Besztercebánya városa műveltségtörténeti vázlata (I. A. kisebb munkái, III. kötet, 349. lap).
17. Quellen zur Geschichte der Stadt Kronstadt, I. kötet.
18. GOSZTONYI GYULA: Pécs középkori vízvezetéke. Pécs ... múzeumának 1941. évi értesítője, 30. lap. — Középkori cserépcsőelemek a pécsi múzeumban.
19. Magyar Tud. Akadémia, Kézirattár. SCHÖNHERR GYULA kéziratai közt: Oklevéltár Zsigmond király történetéhez, IX. kötet, 692. lap. (Voit Pál szíves közlése).
20. Monumenta Hungariae historica, II. osztály, Scriptores, 166, 168.
21. KRIŽKÓ PÁL: A körmöci kamara és grófjai. Budapest, 1880. 24, 42, 54. lap.
22. KNAUZ NÁNDOR: A Garan melletti szentbenedeki apátság, I. kötet, 229. lap.
23. PÉCH ANTAL: Alsó-Magyarország bányamívelésének története, I. kötet, Budapest 1884. 67. lap. — HECKENAST id. m. Századok, 1952. évf. 367. lap.
24. PÉCH id. m. 79. lap.
25. IVÁNYI: Bártfa város levéltára. Kézirat, Országos Levéltár, II. kötet, 80. 1165. szám.
26. GROSSMANN MALVINA: Bártfa város 1412—44. évi számadáskönyvei, 46. lap.
27. HORVÁTH H.: Budai kőfaragók és kőfaragójelek, 39. lap.
28. MAGLIAR térképe Budáról, 1696-ból. Budapest régiségei IX. évf. 146. lap.
29. Tanulmányok Budapest múltjából, X. évf. (1943). 16. lap.
30. Tört. tár, 1902. évf. 365. lap.
31. Művészettörténeti értesítő, 1952. évf. 20. és 37. lap.
32. BONFINI: Rerum hungaricarum decades. Decadis IV. liber VII. Az 1752. évi lipcsei kiadás 646. lapján. — Vö. Századok, 1883. évf. 775. lap. — Az 1949. évtől kezdődő budai várásatások során a legbelső udvar díszkútja nem került feltárásra. Vö.: BALOGH JOLÁN (Művészettörténeti értesítő, 1952. évf. 33. lap) és GEREVICH LÁSZLÓ (Archeológiai értesítő, 1952. évf. 2. szám, 155. lap) munkáját.
33. STEPH. HEGEDÜS: Analecta recentiora, Budapest, 1906. 123. lap. — MELLER Péter: Gótikus és renaissancekori kutak Magyarországon. Magyar Művészet, XV. évf. (1948). 140. lap. — HÉJJ Miklós: Visegrád történeti emlékei, Budapest, 1954. 45. lap.
34. RAPAICH id. m. 30. lap.
35. MELLER PÉTER: Gótikus és reneszánsz díszkútak Magyarországon. Magyar Művészet 1948. évf. 138. lap.
36. SZAMOTA ISTVÁN: Régi utazók Magyarországon, 498. lap.
37. DIVÉKY ADORJÁN: Zsigmond lengyel herceg budai számadásai, 33, 109, 110. lap.
38. DOBOZY TIBOR: Pierre Choque, Anna királyné francia kísérője. Budapest, 1940. 37. lap. — Szamota id. m. 141. lap.
39. ESCHENLOER: Geschichte der Stadt Breslau, 1828. II. kötet, 345. lap. — Századok, 1883. évf. 638. lap.
40. A vízivárosi Csorgókút: 1473. Orsz. Levéltár, Dl. 17.323. — 1479: O. L. Dl. 18.208. — Az újkori vízivárosi kútról GARÁDY SÁNDOR jegyzetei. Budapesti Történeti Múzeum, Vármúzeum.
41. Budapesti Történeti Múzeum újkori osztálya (Kiscell): 341/952., 556/951. és 3/951. sz. metszetek.
42. VASARI: Le vite de' piu eccelenti pittori, scultori ed architettori. Firenze, ed. Sansoni, 1906. II. kötet, 651—652. lap.
43. ISTVÁNFI: Regni Hungariae historia, Köln, 1724. 31. lap.
44. SALAMON: Budapest története, III. kötet, 310. lap.
45. Archeológiai értesítő 1885. évf. 289. lap.
46. Verancsics Antal összes művei, II. kötet, 46, 198. lap. — VERESS ENDRE: Izabella királyné, 143. lap.
47. MELLER Péter id. m. 140. lap.
48. Archeológiai közlemények, X. évf. (1876). III. füzet, 50. lap.
49. BABINGER: Hans Dernschwam's Tagebuch. München, 1923. 273. lap.
50. SZAMOTA id. m. id. h.
51. FEKETE LAJOS: Budapest a törökkorban. 87. és 94. lap. (A Fekete részéről vödörsoros rendszerűnek vélt budai vízemelő egyébként: képtelenség.)
52. BÁNRÉVY GYÖRGY: Az első, hivatalos intézkedések a visszafoglalt Budán. Tanulmányok Budapest múltjából, V. évf. (1937). 6—7. lap.
53. WERNER (Vuernherius): De admirandis Hungariae aquis, Hypomnemation, Antwerpen, 1557. 182. lap. — SZALAY László: Adatok a magyar nemzet történetéhez, Pest, 1859. 7—8. lap. — Budapesti Szemle, 1890. évf. 308. lap.

54. 1544-ben Üvejsz Izmael szujoldsi a dunai vízemelő gép gondozója. — NÉMETHY Lajos: Emléklapok Esztergom múltjából, Esztergom, 1900. 81. lap. — RÉCSEY Viktor: Az esztergomi Szent Lőrinc templom maradványai. Esztergom, 1893. 10. lap.
55. NÉMETHY Lajos: Miként jutott 1543-ban Esztergom árulás által török kézbe? Az Esztergom-vidéki régészeti és történelmi társulat II. évkönyve, Esztergom, 1898. 65. lap.
56. DERCSÉNYI DEZSŐ: Visegrád műemlékei, Budapest 1951. 36. és 49. lap.
57. DIVALD id. m. id. h.
58. Jelenleg a balassagyarmati Palóc-múzeumban.
59. ZOLNAY LÁSZLÓ: Hol állott a budafelhévízi Szentlélek-ispotály? 1953. (Kézirat).
60. Archeológiai közlemények VI. kötet (1866), 103. és 107. lap.
61. Nemzeti Múzeum 1869. évi leltárkönyve 107. tételszám. A jenői vízvezeték: Archeológiai közlemények, X. kötet, II. füzet, 22. lap.
62. PATAKI VIDOR: A XVI. századi várépítés Magyarországon. A bécsi magyar történeti intézet I. évkönyve. 17. lap.
63. Természettudományi Közlöny, 1890. évf. 214. lap. — Emlékkönyv Domanovszky Sándor születésének hatvanadik évfordulójára, Budapest, 1937. 595. lap. — KÖNYÖKI: Magyar várak, 227. lap. — Nemzeti Múzeum törzsleltár 1930/185. sz. (Nógrádvár) és 1937/1. a—b. (Szászvár). — Nemzeti Múzeum törzsleltár 1877/136. 1—3. sz. (Komjáti). — Archeológiai értesítő, 1909. évf. 82—83. lap.
64. MICHNAY—LICHNER: Ofner Stadtrecht. Pozsony, 1845. — SALAMON: Budapest története, III. kötet, 206. lap.
65. MAGYARY KOSSA id. m. III. kötet, 519. sz. adat.
66. Zsigmond 1416-ban a barhentszövő segédek számára kötelezővé teszi a taposómalomban való járást. DIVALD id. m. id. h. Régebbi íróink Koriatovics Tódornak, az 1352-ben Nagy Lajoshoz menekülő litván fejedelemnek, Munkács XIV. századi földesurának tulajdonítják a munkácsi vár vízműépítését. Ezt két, kerékben lépő ember hajtotta. TABÓDI József: Munkács múltja és jelene. Pest, 1861; Vö. Budapesti Szemle, 1861. évf. 403. lap.

I. FÜGGELÉK

Vízműveink, vízvezetékeink helyrajzi emlékei

A budai királyi palota vízirondelláját 1803—10. között bontották le. Építését régebbi s újabb íróink Zsigmond korára teszik. Az itt működött vízemelőszerkezet csövei a déli cortinában, ma is nyomon követhető vonalon haladtak s a palota felső bástyái mellett merőleges, kútszerű aknában értek a felszínre. A Vízibástya s a csatlakozó déli oldalbástya jól látható a SCHEDEL-krónika 1493. évi metszetén, ENEA VICO 1542. évben felvett rajzán is.

A másik középkori budai vízemelő a mai Fő utca 5. sz. ház helyén állt. A mai Várszínház mellett állt középkori kútházához vezető, az újkorban újraépített aknájára, illetve annak egy jelentős szakaszára 1950 nyarán akadtam rá. A még meglevő aknaszakasz a Színház utca nyugati épülettömbje alatt halad keleti irányban, átlépi a várbástyát s majdnem a Hunyadi János útig követhető. Az 1944. évi ostrom több helyen felszakította a középkori alapú, s a XVIII. században újraboltozott aknát, amelyet 1950-ben újra visszatemettek.

A két budai vízparti vízemelő gép dunaparti házai — a Vízirondella, az Ybl Miklós téren, s a Fő utca 5. táján állt vízház — a XIX. század végére nyomtalanul megsemmisült: a Várba felvezető aknákban csőelemeknek nyoma már nincs.

Hasonló a helyzet a harmadik középkori eredetű magyarországi vízemelőgépházzal Esztergomban is. A XIX. században megújították a Veprech-toronyból (Berényi Zsigmond utca 20.) a Vár északi bástyájába felvezető vízvezetéket s annak az esztergomi Várhegy nyugati oldalán elhelyezkedő aknáját. A Verpech-torony szivattyúházát az új vízmű létesítésekor elbontották, a torony forrásait a múlt században magánfürdők céljára hasznosították. A XIX. században megújított vízvezető akna, elhanyagolt állapotban, de aránylag épségben megvan.

A budai Vár vízellátását szolgáló gravitációs vízvezetékek közül a Városkút szabadsághegyi forrásházánál GARÁDY SÁNDOR végzett feltárásokat. E forrás vize, a Béla-kúttal, s az azóta eltűnt Sváb-forrás vizével együtt, egyrészt az Istenhegyi út, másrészt a Diósárok—Városmajor utca tengelyében haladt a Vérmező felé, majd egyesült s a Vérmezőt átszelve a Gránit-lépcső táján ért fel a Szentháromság téri központi kúthoz. A Svábhegyi források Várba vezető csővezetékei Buda számos pontján felszínre kerültek; részletes felsorolásukat ehelyt mellőzzük.

Talán a Várhegy nyugati oldalán fekvő királyi kertekkel függhetett össze az a cserépcsővezeték, amelynek egyes szakaszai a Váralja utcában, a Lógódi és Attila utca közötti Szent Lázár kolostor körül s az Attila és Vérmező utcák kereszteződésénél kerültek elő.

GARÁDY tabáni ásatásainál is kerültek elő cserép-vízcsőelemek, Óbudán pedig a Viktória-téglagyár (fehéregyházi póloskolostor), a Táborhegyi út, a Kiscelli út, Gyűrű utca s a Kálvin téri középkori romcsoport környékéről ismerünk kisebb nagyobb cserépcsöves vízvezeték-szakaszokat.

A budaszentlőrinci póloskolostornak 1949. évi ásatásakor akadtunk rá egy kőbevájt vízvezeték-aknájára. Itt ismeretes KÁMÁNCZI János prior neve, 1492-ből: a kolostor eltömődött vízcsatornáját javíttatta meg.

II. FÜGGELÉK

Középkori vízvezetékeink tárgyi emlékei

A középkor vízvezetője égetett cserép-, kátrányos vörösfenyő-, továbbá ólomcsöveket alkalmazott. A cserépcsöveket olajos habarccsal illesztették össze; az ólomcsöveket forrasztották.

Cserépcsőmaradványok kerültek elő a budai hegyekben, Óbudán, az esztergomi Szent János-kútnál s az előzőkben elmondott számos más lelőhelyen. A XV. század szívesen alkalmazta a bécsi, grafitos, bélyeges cserépcsöveket, a XVI. századtól pedig a belül mázas, jobb szigetelésű cseréphengereket. A Nemzeti Múzeum mellett Pécs, Budavár, Esztergom múzeuma őrzött meg legtöbbet e csőtípusokból. Budán, az Istenhegyi út egyik cserépcsőszakaszát in situ emeltük ki, 1950-ben.

Kátrányos vörösfenyőcső-elemek Egerben maradtak meg leginkább. A budai ásatások során, mind GARÁDY ásatásai, mind a későbbi várásatások, számos olyan vas-abroncsot hoztak felszínre, amelyek alkalmasint a már elkorhadt fenyőfacsövek egymáshoz illesztését szolgálták.

Ólomcsővezetéket már BONFINI említ Budán. A budai ásatások során a várpalota délnyugati csoportja alatt felszínre is került egy ólomcső-szakasz, bronz elzáró-csappal; egyebütt azonban a háborúk fosztogatói, majd meg a XIX. század vascsövei kiszorították a középkori ólomcsöveket.

A visegrádi királyi palota területén még SCHULEK JÁNOS idejében került felszínre bronzból készült vízvezetőcső.

A középkori cserépcsövek typológiai elkülönítése az ó- és újkori mázatlan cserépcsövektől, rendkívül nehéz; éppen ezért a jövőben fokozott gondot kell fordítanunk egy-egy régi csőszakasz kiemelésének minden régészeti mellékkörülményére; múzeumaink cserépcsőelemeinek jórésze régészetileg semmitmondó.

III. FÜGGELÉK

A szövegben idézett irodalmi adatokon kívül tárgyunk szempontjából hasznos irodalom

AGRICOLA, G.: De re metallica, libri XII. Basel, 1556.
BÉLIDOR, B.: Architecture hydraulique. Paris, 1737—1753.
BESSON, J.: Théatre des instruments et machines. Lyon, 1569.
BRACA, G.: Le machine. Roma, 1629.
ERRARD DE BAR-LE-DUC: Premier livre des instruments mathématiques et mechaniques. Nancy, 1584.
EVRARD, R.: Les anciennes distributions d'eau liégoises et les premiers tuyaux de fonte liégeois. (En le journal „Les Vennes", 1947. VIII—IX.)
EWBANK: L'eau potable a travers les âges. Liege, 1951.
GERMAIN DE MONTAUZAN: La science et l'art de l'ingénieur aux premiers temps de l'empire romain. Paris, 1909.
GERMAIN DE MONTAUZAN: Les aqueducs antiques. Paris, 1897.
KLEMM, F.: Technik. München, 1954.
MAHUL, J.: Les tuyaux de plomb. (La Nature. 1937. XII.)
MERCKEL, KURT: Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin, 1899.
RAMELLI: Dell'artificiose machine. 1588.
VALTURIO DA RIMINI: De machinis. Urbino, 1472.
VERANTIUS, FAUSTUS: Machinae novae. Velence, 1617.
VITRUVIUS: De architectura. Lyon, 1586.
WAHL: Traité de l'élévation des eaux. München, 1716.

(E szedetet JAKAB ÁRPÁD főmérnök szívességéből közöljük.)

*

Ókori vízvezetékeinkről, azok középkori sorsáról: NAGY LAJOS cikke: Tanulmányok Budapest múltjából. III. kötet, 9. lap; GYULAI REZSŐ: A brigetiumi aquaeductus. Archeológiai értesítő, 1885. évf. 332. lap; FOERK ERNŐ: Az aquincumi aquaeductus. Budapest régiségei, X. évf. (1923). 34—35. lap.

Buda vízellátásáról, középkori cisternáiról: KARÁCSON IMRE: Evlia Cselebi magyarországi utazása. Budapest 1904. 244. lap; HORUSITZKY HENRIK: Budapest hidrogeológiája. (A nyolcvan, ma ismeretes budavári barlangpincében, 1930 körül még tizenhárom barlangkutat talált, 150—158 m magasságú víznívóval.) PATAKI VIDOR: A budai vár középkori helyrajza. Budapest régiségei, XV. évf. 248—267. lap; ZOLNAY LÁSZLÓ: A XIII—XIV. századi budavári királyi szálláshely. Művészettörténeti értesítő, 1952. évf. 14. lap; BALOGH JOLÁN: A budai királyi várpalota rekonstruálása. Művészettörténeti értesítő, 1952. évf. 28. lap.

A budai vízirondelláról: SCHIER XISTUS: Buda sacra. Bécs, 1774. 93. lap. HORVÁTH HENRIK: Zsigmond király és kora. Budapest 1937. 123. lap; KALMÁR JÁNOS: A Duna-zárólánc. „Budapest" 1947. évf. 9. szám; SEENGER ERVIN: A mai Várkert-rakpart szabályozása 1800 körül. Budapest régiségei, XV. évf. 575. lap.

Külföldi városok középkori vízvezetékeiről: FELDHAUS id. m. id. helyeken; Lipcse 1412, Augsburg 1450. évi vízvezetékéről: JAKAB ÁRPÁD id. munkája; Bécs vízvezetékét BERMANN (Alt und neu Wien, Bécs, 1880.) csak a XVI. századtól ismeri, de Bonfini nyomán bizonyos, hogy, ha más nem is, Hunyadi Mátyás már a XV. században létesített Bécsben vízvezetéket; TOLSZTOV: A szovjet régészet teljesítményei. Szovjet régészet, Budapest 1951. I. szám, 3—9. lap; VORONIN: Ósi orosz városok, Budapest 1951. 9. lap.

Buda középkori fürdőiről: FÓGEL JÓZSEF: II. Lajos udvara, 22, 108. lap; OLÁH MIKLÓS: Hungaria, editio C. Eperjessy et L. Juhász. Budapest 1908. 9. lap; WERNER GYÖRGY: De admirandis aquis Hungariae. Antverpen, 1557. 182. lap.

A török utáni budai vízellátásról: KÁROLYI—WELLMANN: Buda és Pest visszavívása 1686-ban. Budapest 1936. 169—170. lap; MARSIGLI egykorú feljegyzései erről: Budapest régiségei, IX. évf. 144—145. lap. Budai vízvezetékek nyomvonala de la VIGNE, Hauy és Magliar térképén: Budapest régiségei, IX. évf. 146. és 148. laphoz csatolt mellékleten; Marsigli tervei a királyi palota s a Színház utcai vízemelőgép helyreállítására 1686-ban: Budapest régiségei, IX. évf. 151—153. lap; BÁNRÉVY GYÖRGY id. m. Tanulmányok Budapest múltjából, V. évf. (1937). 6—7. lap.

Buda újkori vízműveiről: Buda város számadáskönyvei, 1688—1828. Fővárosi levéltár. (Ennek a vízművekre vonatkozó jegyzetelését néhai GARÁDY SÁNDOR végezte el; kézirata a Budapesti Történeti Múzeum—Vármúzeumban); SCHAMS: Vollständige Beschreibung der k. freyen Haupt Stadt Ofen. Pest 1822. 485. laptól; BALÁZS ENDRE: Budapest székesfőváros vízműveinek lapszemléje, VIII. évf. (1942). 75. lap; A svábhegyi vezeték üzembehelyezése, adatai, 1718-ból; BALÁZS ENDRE: A nyolcvanéves budapesti vízmű. Budapest 1947; BÁNRÉVY GYÖRGY: Húsz év Buda fejlődéstörténetéből. Historia, V. évf. (1932). 122—125. lap; Görgei hadai 1849-ben megrongálják a budai vízvezetéket: Pesti Hirlap, 1849. évf. május 7. és május 24. szám; LINDLEY: Waterworks of the City of Pesth. Pest, 1868.

ÖSSZEFOGLALÁS

A magyarországi archeologiai és diplomatikai adatok kétségtelenné teszik azt, hogy Budán és Esztergomban, már a XV. században vízemelők működtek. A magyar bányavárosok, ugyane században, már szintén vízvezetékekkel rendelkeztek. Ezeket a vízvezetékeket három mechanikai rendszer valósította meg: 1.) az ókori technikában is jólismert gravitációs vezeték, 2.) a közlekedőedények elve alapján működő víz-emelés, 3.) a *szivattyú*, — amely nélkül Zsigmond király és császár már 1416-ban említett buda-várhegyi dunai vízemelője nem működhetett volna. E rendszerek XV. századi magyarországi gyakorlatára közöl objektív hitelű adatokat e dolgozat.

TRANSZFORMÁTOROK TERHELHETŐSÉGE ASZIMMETRIKUS ÜZEMBEN*

IGNÁCZ PÁL
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1954. augusztus 13-án]

Háromfázisú transzformátorok aszimmetrikus üzeme viszonylag gyakran előfordul. Egyenlőtlen terhelést jelenthet például az 50 periódusú egyfázisú vasúti hálózat, vagy más nagyobb egyfázisú fogyasztó táplálása. Magyarországon újabban különösen az ún. „kétfázisú üzem" vetette fel a problémát. Ezen azt értjük, ha földelt csillagpontú hálózatban úgy tartunk üzemet, hogy egy fázist tartósan megszakítunk és csupán a másik két fázis összeköttetését, valamint a földön keresztül fennálló kapcsolatot használjuk fel.

A „kétfázisú üzem" jelentősége az, hogy azzal lehetségessé válik a háromfázisú összeköttetést fenntartani egyrendszerű nagyfeszültségű távvezetékek alkalmazásakor is, ha egy vezetéket lekapcsolunk, vagy pedig kétrendszerű távvezetékek esetében mindkét rendszer átvitelét biztosítani, ha a hat vezeték közül az egyik meg van szakítva. Ilyen módon egyrészt esetleg megtakarítható egyes vonalaknak kettős távvezetékkel való kiépítése, másrészt kettős rendszer esetén a biztonság lényegesen fokozható.

A Villamos Energetikai Kutató Intézet kísérletei azt mutatták, hogy kétfázisú üzemben a feszültségek aszimmetriája általában nem nagy, a fogyasztók szempontjából még tűrhető. Az áramok aszimmetriája egyes hálózatrészekben azonban igen nagy lehet. Ez a hálózati transzformátorok szempontjából fontos. Az alábbiakban közöljük azoknak az elméleti vizsgálatoknak az összefoglalását, amelyeknek fő célja az volt, hogy megállapítsuk, fenntartható-e a hálózat üzeme az átviendő terheléssel, illetőleg az, hogy az üzemi személyzet és az Országos Központi Teherelosztó részére olyan egyszerű módszert szolgáltassunk, amellyel bármely adott helyzetben megállapíthassa, hogy a hálózat egyes pontjain felszerelt transzformátorok aszimmetrikus terhelése milyen mértékben tartható fenn veszély nélkül.

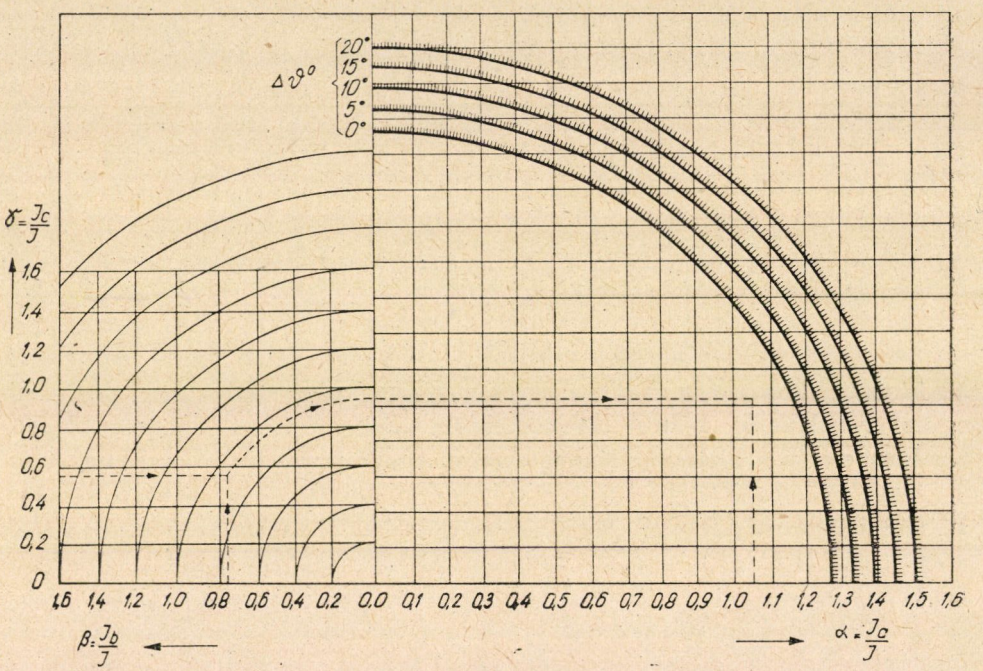
Módszerünket elsősorban arra alapoztuk, hogy néhány (3 vagy 4) ampermérőleolvasás szolgáltatja a kiinduló adatokat és nem tételeztük fel sem bonyolult mérőberendezések beszerelését, sem pedig azt, hogy a villamos üzemek,

* Az Acta Technica XIX. kötetében (3—23 l.) angol nyelven megjelent azonos című tanulmány kivonata.

vagy az Országos Központi Tehereloszto műszaki személyzete hosszadalmas szerkesztéssel, vagy számítással legyen igénybe véve. Feltételül szabtuk azt, hogy a legmelegebb fázis tekercselésének hőmérséklete sem legyen nagyobb a névleges szimmetrikus üzemben megengedett hőmérsékletnél.

Ha $I_a\ I_b\ I_c$ a tekercselésben folyó aszimmetrikus áramok és $I_1\ I_2\ I_0$ ezeknek pozitív, negatív és zérusrendű összetevői, továbbá I a (szimmetrikus) névleges áram, akkor fenti feltétellel

$$1{,}6 \geq \left(\frac{I_a}{I}\right)^2 + 0{,}3\left[\left(\frac{I_b}{I}\right)^2 + \left(\frac{I_c}{I}\right)^2\right]. \qquad (1)$$



1. ábra

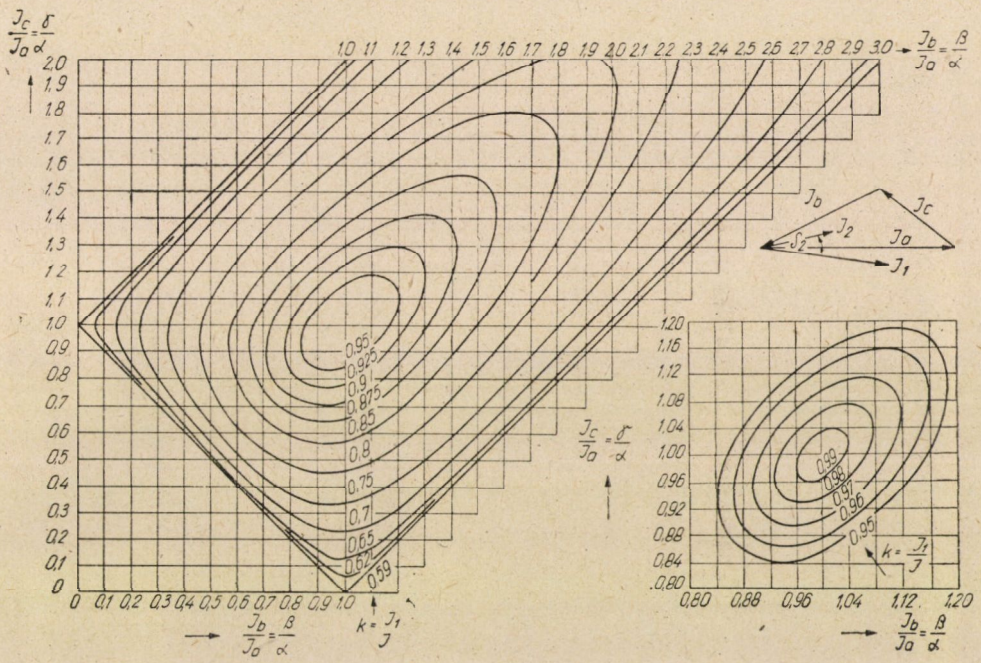
Mivel a feszültségaszimmetria csekély (negatív és zérusrendű összetevő majdnem nulla) a (tisztán) motoros fogyasztó hasznos teljesítménye közelítőleg egyenlőnek vehető a pozitív sorrendű áramösszetevővel számított teljesítménnyel. Az említett feltétellel a k csökkenés

$$k^2 = \left(\frac{I_1}{I}\right)^2 = \frac{1{,}8}{\left[1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_0}{I_1}\right)^2\right] + 0{,}8\left(1 + \frac{I_2}{I_1} + \frac{I_0}{I_1}\right)^2}. \qquad (2)$$

Minthogy azonban a transzformátor tekercselések élettartama nem csökken számottevően, ha nem túlságos gyakran 1—2 napig túlterheléssel járnak, az (1), (2) összefüggéseket ennek megfelelően megváltoztathatjuk.

$\Delta\vartheta = 5°$, 10°, 15°, 20° többletmelegedés megengedésekor mind az (1), mind pedig (2) jobboldalának értéke 10%, 20%, 30%, 40%-kal növelhető.

Figyelembe vehetjük még ezenfelül azt a körülményt is e %-ok további megfelelő növelésével, hogy a környezet hőmérséklete általában kisebb, mint a szabvány szerinti 35 C°, tehát bizonyos mértékű túlterhelés már emiatt is meg-



2. ábra

engedhető. 35 C°-tól való eltéréskor a növelés a környezeti hőmérséklet 35° .. 15° közötti értékeinél fokonként 2%, 15° . . . 0° közötti értékeinél pedig fokonként 1% lehet.

Mindenképpen ügyelnünk kell azonban arra, hogy az elkátrányosodás elkerülése céljából a legnagyobb olajhőmérséklet 105 C° alatt maradjon.

A képletek használatát megkönnyíthetjük néhány diagrammal. (1)-hez — a túlterhelhetőséget is figyelembe véve — az 1. ábra, (2)-höz pedig a 2. ábra tartozik, amely utóbbiból k meghatározható I_a I_b I_c ampermérő leolvasásokból. Abban az esetben, ha nincs zérusrendű összetevő pontosan, ha pedig van, akkor az óvatosság felé hajló közelítéssel.

Mindez kéttekercselésű transzformátorokra vonatkozik, Y(Y)D kapcsolás esetén az összefüggések valamivel bonyolultabbak.

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy éppen az esetleg kisebb külső hőmérsékleteknek, valamint a túlterhelés lehetőségeinek figyelembevételével megengedhető, hogy az áramaszimmetria a transzformátor üzemében igen nagy legyen és az egyenlőtlen terhelés — ha nem túl gyakran fordul elő — általában a teljes hasznos teljesítmény leadása tekintetében sem fog számottevő korlátozást jelenteni.

SÜVEGHÉJ DERÉKSZÖGŰ NÉGYSZÖG ALAPRAJZ FELETT*

CSONKA PÁL
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
BUDAPESTI ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1954. október 18-án]

1. Bevezetés

E folyóirat hasábjain megjelent előző tanulmányunkban [1] egyszerű eljárást mutattunk be derékszögű négyszög alaprajzú süveghéjak membránerőinek közelítő meghatározására. Az említett tanulmányban — az általánosság rovására — csak oly héjakkal foglalkoztunk, melyek valamennyi peremíve azonos magasságú volt.

Az alábbiakban derékszögű négyszög alaprajzú süveghéjak membránerőinek közelítő meghatározására egy másik eljárást ismertetünk. Tárgyalásunkban — az [1] tanulmánnyal ellentétben — nem kötjük ki, hogy a héj peremívei azonos magasságúak legyenek (1. ábra).

2. Feltevések, jelölések

Tárgyalásainkat ugyanazokra a feltevésekre alapítjuk, mint az [1] dolgozat esetében.

A héj alaprajzi vetületét alkotó derékszögű négyszög oldalhosszait $2a$, illetve $2b$ betűvel jelöljük. Vizsgálatainkat oly koordinátarendszerben végezzük, melynek x és y tengelyei az alaprajzi négyszög oldalfelezőibe esnek (1. ábra), pozitív z féltengelye pedig felfelé irányul.

A vizsgálandó héj középfelületéül oly felületet választunk, mely az xz és yz koordinátasíkokra nézve szimmetrikus. Az egyszerűség kedvéért az általános eset mellőzésével csak olyan héjakat tárgyalunk, melyek középfelületének az xz és yz koordinátasíkokkal párhuzamos függélyes metszetei függélyes tengelyű másodrendű parabolák. Az ilyen alakú héjak középfelületének egyenlete:

$$z = f(\xi, \eta) = h_0 - \alpha\xi^2 - \beta\eta^2 - \gamma\xi^2\eta^2. \tag{1}$$

* Szerzőnek az Acta Technica-ban (*13* [1955] 149/164. l.) angol nyelven ugyanezen címen megjelent tanulmányával azonos szöveg.

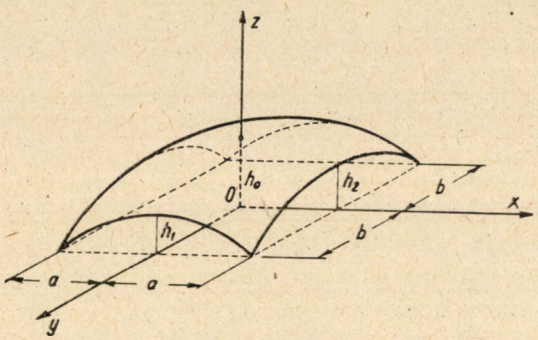
E képletben

$$\xi \equiv \frac{x}{a}, \tag{2}$$

$$\eta \equiv \frac{y}{b}, \tag{3}$$

az α, β, illetve γ mennyiségek jelentése pedig az 1. ábra jelöléseivel

$$\begin{aligned} \alpha &\equiv h_0 - h_2, \\ \beta &\equiv h_0 - h_1, \\ \gamma &\equiv h_1 + h_2 - h_0. \end{aligned} \tag{4}$$



1. ábra. Süveghéj, derékszögű négyszög alaprajz felett

A héjra ható függélyes erőrendszernek az alaprajzi vetület területegységére vonatkoztatott fajlagos értékét Z betűvel jelöljük s feltesszük, hogy Z a következő polinommal fejezhető ki:

$$Z = \sum_{i=0}^{p} \sum_{k=0}^{r} C_{ik} \xi^{2i} \eta^{2k}. \tag{5}$$

E képletben a C_{ik} mennyiségek a héj terhelésmódjától függő állandók. Az alaprajzi vetületen egyenletesen megoszló terhelés esetében C_{00} a terhelés fajlagos értékével egyenlő, a többi C_{ik} együttható pedig zérus értékű.

3. A feladat differenciálegyenlete

Tárgyalásaink alapjául a membránhéjak ismert differenciálegyenlete szolgál [3]:

$$Z = \frac{1}{a^2 b^2} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{d^2 F}{\partial \xi^2} \right]. \tag{6}$$

Ebben az egyenletben $F(\xi, \eta)$ oly függvényt — ún. *feszültségfüggvényt* — jelent, mely a héj peremén állandó értékű. A feszültségfüggvényt ismerve, a héj belső erői az

$$n_x = \frac{1}{b^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \eta^2}, \tag{7}$$

$$n_{xy} = -\frac{1}{ab} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta}, \tag{8}$$

$$n_y = \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial \xi^2}. \tag{9}$$

képletekkel számíthatók.

4. A feladat megoldása

A vizsgálandó héj $F(\xi, \eta)$ feszültségfüggvényét az

$$F^*(\xi, \eta) = (1 - \xi^2)(1 - \eta^2) \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} \xi^{2i} \eta^{2k} \equiv \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} F_{ik}^*. \tag{10}$$

polinommal közelítjük meg. E polinom képletében a B_{ik} mennyiségek egyelőre határozatlan állandókat jelentenek. Az utóbbiaknak oly értékeket tulajdonítunk, hogy a (6) képletnek megfelelőleg a feszültségfüggvényhez rendelhető

$$Z^* = \frac{1}{a^2 b^2} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F^*}{\partial \xi^2} \right] \tag{11}$$

teherrendszer csak kevéssé térjen el a héjra ható teherrendszertől.

A (10) polinom minden egyes tagja egy-egy Z_{ik}^* összekötővel járul hozzá a (11) képlettel meghatározott teherrendszerhez, vagyis

$$Z^* = \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} Z_{ik}^*. \tag{12}$$

Az egyes Z_{ik}^* összetevők értéke:

$$Z_{ik}^* = \frac{1}{a^2 b^2} \left[\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} \cdot \frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \eta^2} - 2 \frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} \cdot \frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \xi \cdot \partial \eta} + \frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} \cdot \frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \xi^2} \right]. \tag{13}$$

Esetünkben

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2} = -2(\alpha + \gamma \eta^2),$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} = -4\gamma \xi \eta,$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \eta^2} = -2(\beta + \gamma \xi^2),$$

illetve*

$$\frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \xi^2} = 2 B_{ik}(1-\eta^2)\left[i(2i-1)\xi^{2i-2}\eta^{2k} - (i+1)(2i+1)\xi^{2i}\eta^{2k}\right], \quad (14)$$

$$\frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \xi \cdot \partial \eta} = 4 B_{ik}\left[i\xi^{2i-1} + (i+1)\xi^{2i+1}\right] \cdot \left[k\eta^{2k-1} - (k+1)\eta^{2k+1}\right], \quad (15)$$

$$\frac{\partial^2 F_{ik}^*}{\partial \eta^2} = 2 B_{ik}(1-\xi^2)\left[k(2k-1)\xi^{2i}\eta^{2k-2} - (k+1)(2k+1)\xi^{2i}\eta^{2k}\right]. \quad (16)$$

Így aztán a (12), illetve (13) alattiak szerint

$$\begin{aligned} Z^* = \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} & B_{ik}(1-\xi^2)(\alpha + \gamma\eta^2) \cdot \\ & \cdot \left[-k(2k-1)\xi^{2i}\eta^{2k-2} + (k+1)(2k+1)\xi^{2i}\eta^{2k}\right] + \\ + \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} & 8\gamma B_{ik}\left[i\xi^{2i} - (i+1)\xi^{2i+2}\right] \cdot \left[k\eta^{2k} - (k+1)\eta^{2k+2}\right] + \\ + \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} & B_{ik}(\beta + \gamma\xi^2)(1-\eta^2) \cdot \\ & \cdot \left[-i(2i-1)\xi^{2i-2}\eta^{2k} + (i+1)(2i+1)\xi^{2i}\eta^{2k}\right]. \end{aligned} \quad (17)$$

Annak biztosítására, hogy Z^* lehetőleg kevéssé térjen el a tényleges Z teherrendszertől, különböző feltételeket kell előírnunk és a B_{ik} együtthatókat e feltételeknek megfelelően megállapítanunk. Ily feltételek pl. a következők:

a) *a Z^* teherrendszer eredője egyezzék a tényleges Z teherrendszer eredőjével:*

$$\int_0^1 \int_0^1 Z^* \cdot d\xi \cdot d\eta = \int_0^1 \int_0^1 Z \cdot d\xi \cdot d\eta. \quad (18)$$

* Ezekben, valamint a későbbi képletekben ξ és η negatív hatványait tartalmazó tagok helyébe zérust kell beiktatni.

E feltétel részletes felírásához először is az egyenlet baloldalán kijelölt integrálást hajtjuk végre, mégpedig az egyes Z_{ik}^{*} összetevőkre különkülön:

$$\int_0^1\int_0^1 Z_{ik}^{*}\cdot d\xi\cdot d\eta = \frac{4B_{ik}}{a^2b^2}\left[\frac{2k(2k-1)}{(2i+1)(2i+3)}\left(-\frac{\alpha}{2k-1}-\frac{\gamma}{2k+1}\right)+\right.$$

$$+\frac{2(k+1)(2k+1)}{(2i+1)(2i+3)}\left(+\frac{\alpha}{2k+1}+\frac{\gamma}{2k+3}\right)+$$

$$+\frac{8}{(2i+1)(2i+3)}\cdot\frac{\gamma}{(2k+1)(2k+3)}+$$

$$+\frac{2i(2i-1)}{(2k+1)(2k+3)}\left(-\frac{\beta}{2i-1}-\frac{\gamma}{2i+1}\right)+$$

$$\left.+\frac{2(i+1)(2i+1)}{(2k+1)(2k+3)}\left(+\frac{\beta}{2i+1}+\frac{\gamma}{2i+3}\right)\right].$$

Innen némi rendezés után

$$\int_0^1\int_0^1 Z_{ik}^{*}\cdot d\xi\cdot d\eta = \frac{8B_{ik}}{a^2b^2}\left[\frac{\alpha+\gamma}{(2i+1)(2)+3)}+\frac{\beta+\gamma}{(2k+1)(2k+3)}\right],$$

illetve végül is

$$\int_0^1\int_0^1 Z^{*}\cdot d\xi\cdot d\eta = \frac{8}{a^2b^2}\sum_{i=0}^{m}\sum_{k=0}^{n} B_{ik}\left[\frac{\alpha+\gamma}{(2i+1i(2i+3)}+\frac{\beta+\gamma}{(2k+1)(2k+3)}\right]. \tag{19}$$

Másrészről az (5) alattiak figyelembevételével

$$\int_0^1\int_0^1 Z\cdot d\xi\cdot d\eta = \sum_{i=0}^{p}\sum_{k=0}^{r} C_{ik}\frac{1}{(i+1)(k+1)}, \tag{20}$$

úgyhogy a (18) feltétel a (19) és (20) alattiak behelyettesítésével így írható:

$$-\frac{8}{a^2b^2}\sum_{i=0}^{m}\sum_{k=0}^{n} B_{ik}\left[\frac{\alpha+\gamma}{(2i+1)(2i+3)}+\frac{\beta+\gamma}{(2k+1)(2k+3)}\right]=$$

$$=\sum_{i=0}^{p}\sum_{k=0}^{r} C_{ik}\frac{1}{(i+1)(k+1)}. \tag{21}$$

b) *Az* $\eta = \pm 1$ *peremvonalak mentén a* Z^* *teherértékek egyezzenek a* Z *teherértékekkel* :

$$Z^*(\xi, \pm 1) = Z(\xi, \pm 1). \tag{22}$$

E feltétel felírásához először is a $Z^*(\xi, \pm 1)$ értékeket kell meghatároznunk, ami a (17) képlet segítségével történhetik meg :

$$Z^*(\xi, \pm 1) = \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma i] \xi^{2i} -$$

$$- \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma (i + 1)] \xi^{2i+2}.$$

Innen a második sorban előforduló összegezés futóindexének átszámozásával

$$Z^*(\xi, \pm 1) = \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma i] \xi^{2i} -$$

$$- \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{k=0}^{n} B_{i-1,\,k} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma i] \xi^{2i}.$$

Így végül is a (22) feltétel a következőképp írható :

$$\frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma i] \xi^{2i} -$$

$$- \frac{4}{a^2 b^2} \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{k=0}^{n} B_{i-1,\,k} [(\alpha + \gamma)(4k + 1) - 8\gamma i] \xi^{2i} = \sum_{i=0}^{p} \sum_{k=0}^{r} C_{ik} \xi^{2i}. \tag{23}$$

A (23) alatti követelmény *bármely* ξ helyen csak akkor teljesíthető, ha az egyenlet bal- és jobboldalán a ξ változó azonos hatványait tartalmazó tagok együtthatóinak összege azonos, vagyis

$$(\alpha + \gamma) \sum_{k=0}^{n} (4k + 1)(B_{ik} - B_{i-1,\,k}) -$$

$$- 8\gamma i \sum_{k=0}^{n} (B_{ik} - B_{i-1,\,k}) = \frac{a^2 b^2}{4} \sum_{k=0}^{r} C_{ik}. \tag{24}$$

Ilyen egyenlet i értékkészletének megfelelően összesen $(m + 2)$ állítható fel.

Megjegyzendő, hogy a jelen pontban tárgyalt feltétel transzlációs felület szerint alakított héjak esetében, tehát olyankor, midőn

$$\gamma = 0,$$

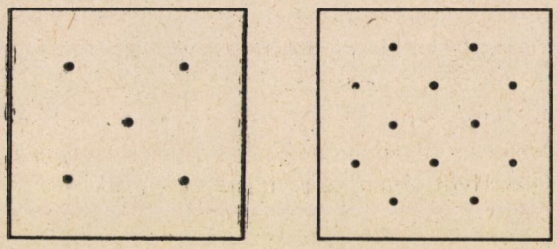
nem teljesíthető. Ilyenkor ui.

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \xi \cdot \partial \eta} = 0,$$

tehát a (6) differenciálegyenlet a héj sarokpontjaiban csak akkor volna kielégíthető, ha ott

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \xi \cdot \partial \eta} = \infty$$

volna, ami pedig az általunk feszültségfüggvényül választott függvénysor esetében lehetetlen.



2. ábra. Az egyeztetési pontok kijelölése

c) *A* $\xi = \pm 1$ *peremvonalak mentén a* Z^* *teherértékek egyezzenek a* Z *teherértékekkel*:

$$Z^*(\pm 1, \eta) = Z(\pm 1, \eta).$$

Ez a feltétel a (24) alattiakhoz hasonló következő egyenleteket szolgáltatja:

$$(\beta + \gamma) \sum_{i=0}^{m} (4i + 1)(B_{ik} - B_{i,\,k-1}) - \\ - 8\gamma k \sum_{i=0}^{m} (B_{ik} - B_{i,\,k-1}) = \frac{a^2 b^2}{4} \sum_{i=0}^{p} C_{ik}. \qquad (26)$$

Ilyen egyenlet összesen $(n + 2)$ írható fel.

Természetesen a jelen pontban tárgyalt feltétel is csak a $\gamma \neq 0$ esetben tartható be.

d) *A teherértékek előírt pontokban egyezzenek a teherértékekkel*:

$$Z^*(\xi, \eta) = Z(\xi, \eta). \qquad (27)$$

Azokat a ξ, η pontokat, melyekre nézve ezt a követelményt előírjuk, a héj alaprajzi területén lehetőleg egyenletesen és sűrűn helyezzük el. Sok

esetben az egyeztetési pontok célszerű kijelölésével a pontosság a számítási munka szaporítása nélkül lényegesen fokozható. Így pl. a 2. ábrán feltüntetett mindkét esetben az ismeretlen paraméterek száma, vagyis a számítási munka mennyisége azonos, mégis a jobboldalt látható beosztás esetében a pontosság számottevően nagyobb, mint a baloldali esetben, mert az egyeztetési pontok sűrűbben helyezkednek el, mint a másik esetben.

Megjegyzés.

Az *a), d)* alatti feltételek felírásával a (10) képletben előforduló B_{ik} együtthatók célszerű meghatározására alkalmas egyenletrendszert akarunk előállítani. E célra nyilván annyi egyenletre van szükségünk, ahány ismeretlen B_{ik} együtthatónk van. Ezek az egyenletek lineáris egyenletrendszert alkotnak, s így segítségükkel a B_{ik} értékek egyértelműen meghatározhatók. Természetesen a B_{ik} együtthatók megállapítására szolgáló egyenletrendszer egyenleteit az *a)—d)* alattiak alapján felírható egyenletek közül szabadon válogathatjuk össze, sőt az említett egyenletrendszerbe beiktathatunk olyan egyenleteket is, melyek az [1] dolgozatban ismertetett feltételt fejezik ki.

5. A belső erők értékei

A feszültségfüggvény képletében szereplő B_{ik} együtthatókat meghatározván, az F^* feszültségfüggvény ismeretessé vált s így a belső erők jellemzői a (7)—(9) összefüggések alapján számíthatók:

$$n_x = \frac{2(1-\xi^2)}{b^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} \left[k(2k-1)\,\xi^{2i}\,\eta^{2k-2} - (k+1)(2k+1)\,\xi^{2i}\,\eta^{2k}\right], \tag{28}$$

$$n_{xy} = -\frac{4}{ab} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} \left[i\,\xi^{2i-1} - (i+1)\,\xi^{2i+1}\right] \cdot \left[k\,\eta^{2k-1} - (k+1)\,\eta^{2k+1}\right], \tag{29}$$

$$n_y = \frac{2(1-\eta^2)}{a^2} \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik} \left[i(2i-1)\,\xi^{2i-2}\,\eta^{2k} - (i+1)(2i+1)\,\xi^{2i}\eta^{2k}\right]. \tag{30}$$

6. Számpélda

Alkalmazzuk eljárásunkat a 3. ábrán feltüntetett süveghéjra, melynek közelítő számításával már az [1] dolgozat is foglalkozott.

Tegyük fel, hogy a héjra egyenletesen megoszló oly erőrendszer hat, melynek az alaprajzi területre vonatkoztatott fajlagos értéke a héj egész terjedelmében állandó:

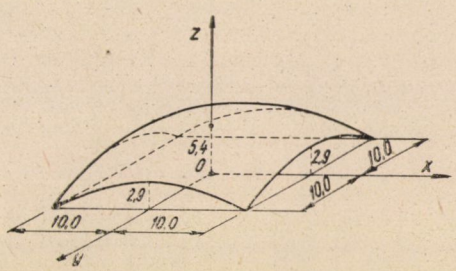
$$Z = 200 \text{ kg/m}^2.$$

Legyenek a héj főbb méretei:

$$\begin{aligned} a &= 10{,}0 \text{ m}, \\ b &= 10{,}0 \text{ m}, \\ h_0 &= 5{,}4 \text{ m}, \\ h_1 &= 2{,}9 \text{ m}, \\ h_2 &= 2{,}9 \text{ m}, \\ d &= 0{,}04 \text{ m}. \end{aligned}$$

A szóbanforgó héj középfelületének egyenlete:

$$z = 5{,}4 - 2{,}5\,\frac{x^2}{10{,}0^2} - 2{,}5\,\frac{y^2}{10{,}0^2} - 0{,}4\,\frac{x^2 y^2}{10{,}0^4},$$



3. ábra. Számpélda

úgyhogy

$$\begin{aligned} \alpha &= 2{,}5 \text{ m}, \\ \beta &= 2{,}5 \text{ m}, \\ \gamma &= 0{,}4 \text{ m}. \end{aligned}$$

Válasszuk feszültségfüggvényül az

$$F^* = (1 - \xi^2)(1 - \eta^2) \sum_{i=0}^{2} \sum_{k=0}^{2} B_{ik}\, \xi^{2i}\, \eta^{2k} \tag{31}$$

függvényt. Ez esetben a fennforgó szimmetriára való tekintettel

$$B_{ik} = B_{ki},$$

úgyhogy a (31) képletben csak 6 egymástól független együttható szerepel:

$$B_{00},\ B_{01},\ B_{02},\ B_{11},\ B_{12},\ B_{22}.$$

Ezek meghatározására összesen 6 feltételegyenletet kell felírnunk, pl. azt, hogy a Z^* teherérték a

$$\begin{aligned} \xi &= 0{,}25, & \eta &= 0{,}00 \\ \xi &= 0{,}75, & \eta &= 0{,}00 \\ \xi &= 0{,}50, & \eta &= 0{,}25, \\ \xi &= 1{,}00, & \eta &= 0{,}25, \\ \xi &= 0{,}75, & \eta &= 0{,}50, \\ \xi &= 1{,}00, & \eta &= 0{,}75, \end{aligned}$$

helyeken pontosan egyezzék a tényleges Z teherértékekkel. A szóbanforgó egyenletek levezetésekor a Z^* teherértékeket a (17) alattiak alapján felírható következő képletből számíthatjuk:

$$
\begin{aligned}
Z^* = -\frac{-4}{10{,}0^4}\Big\{ & B_{00}\left[-5{,}0+2{,}1\,(\xi^2+\eta^2)-2{,}4\,\xi^2\eta^2\right]+\\
& +B_{01}\left[5{,}0-19{,}6\,(\xi^2+\eta^2)+0{,}1\,(\xi^4+\eta^4)+\right.\\
& \qquad \left.+34{,}8\,\xi^2\eta^2-3{,}6\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)\right]+\\
& +B_{02}\left[15{,}0\,(\xi^2+\eta^2)-37{,}6\,(\xi^4+\eta^4)-3{,}5\,(\xi^6+\eta^6)-\right.\\
& \qquad \left.-30{,}0\,\xi^2\eta^2+41{,}1\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)-3{,}2\,(\xi^6\eta^2+\xi^2\eta^6)\right]+\\
& +B_{11}\left[2{,}5\,(\xi^2+\eta^2)-2{,}5\,(\xi^4+\eta^4)-32{,}4\,\xi^2\eta^2+\right.\\
& \qquad \left.+18{,}6\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)-8{,}0\,\xi^4\eta^4\right]+\\
& +B_{12}\left[2{,}5\,(\xi^4+\eta^4)-2{,}5\,(\xi^6+\eta^6)+30{,}0\,\xi^2\eta^2-71{,}1\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)+\right.\\
& \qquad \left.+18{,}2\,(\xi^6\eta^2+\xi^2\eta^6+91{,}0\,\xi^4\eta^4-10{,}8\,(\xi^6\eta^4-\xi^4\eta^6)\right]+\\
& +B_{22}\left[15{,}0\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)-15{,}0\,(\xi^6\eta^2+\xi^2\eta^6)-83{,}0\,\xi^4\eta^4+\right.\\
& \qquad \left.+48{,}3\,(\xi^6\eta^4+\xi^4\eta^6)-16{,}8\,\xi^6\eta^6\right]\Big\}.
\end{aligned}
\tag{32}
$$

A fentiek figyelembevételével az említett 6 egyenlet a következőképp alakul, ha mindkét oldalon 1000-el szorzunk:

$$
\begin{aligned}
+1{,}948\,B_{00}-1{,}510\,B_{01}-3{,}159\,B_{02}-0{,}059\,B_{11}-0{,}004\,B_{12} &= 200\,000,\\
+1{,}528\,B_{00}+2{,}397\,B_{01}+1{,}633\,B_{02}-0{,}246\,B_{11}-0{,}138\,B_{12} &= 200\,000,\\
+1{,}753\,B_{00}+0{,}237\,B_{01}-0{,}745\,B_{02}-0{,}079\,B_{11}-0{,}115\,B_{12}-0{,}016\,B_{22} &= 200\,000,\\
+1{,}168\,B_{00}+5{,}515\,B_{01}+9{,}863\,B_{02}+0{,}270\,B_{11}+0{,}554\,B_{12}+0{,}029\,B_{22} &= 200\,000,\\
+1{,}453\,B_{00}+2{,}562\,B_{01}+0{,}972\,B_{02}+0{,}602\,B_{11}+0{,}338\,B_{12}-0{,}001\,B_{22} &= 200\,000,\\
+1{,}228\,B_{00}+3{,}633\,B_{01}+5{,}322\,B_{02}+1{,}517\,B_{11}+3{,}336\,B_{12}+1{,}319\,B_{22} &= 200\,000.
\end{aligned}
$$

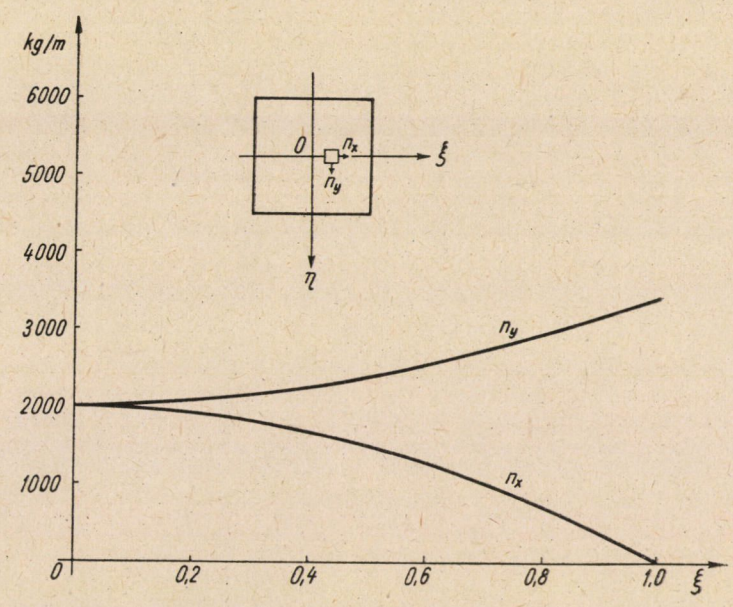
Az egyenleteket megoldván, azt találjuk, hogy

$$
\begin{aligned}
B_{00} &= 112\,645, & B_{01} &= B_{10} = 12\,684,\\
B_{11} &= 5\,991, & B_{02} &= B_{20} = -434,\\
B_{22} &= 1\,450, & B_{12} &= B_{21} = 2\,086.
\end{aligned}
\tag{33}
$$

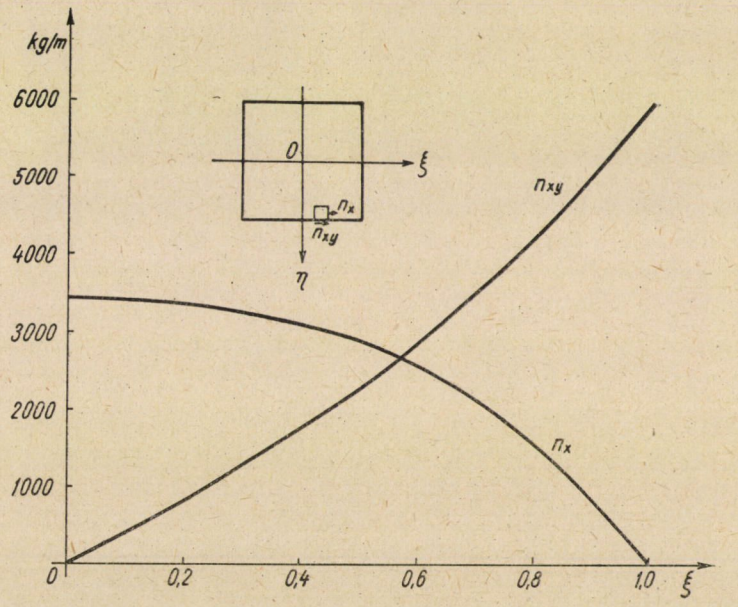
Ismervén a B_{ik} együtthatókat, a keresett F^* feszültségfüggvényt már megszerkeszthetjük:

$$
\begin{aligned}
F^* = (1-\xi^2)(1-\eta^2)\big[&112\,645+12\,684\,(\xi^2+\eta^2)-434\,(\xi^4+\eta^4)+\\
&+5\,991\,\xi^2\eta^2+2\,086\,(\xi^4\eta^2+\xi^2\eta^4)+1450\,\xi^4\eta^4\big].
\end{aligned}
\tag{34}
$$

Ezek után a (28)—(30) képletek segítségével a belső erők jellemzőit is meghatározhatjuk:



4. ábra. Az n_x és n_y belső erők értékei az $\eta = 0$ középvonal mentén



5. ábra. Az n_x és n_{xy} belső erők értékei az $\eta = 1$ peremvonal mentén

$$n_x = \frac{2(1-\xi^2)}{10{,}0^2}\left[-112\,645 + 12\,684\,(-\xi^2 - 6\eta^2 + 1) - 434\,(-\xi^4 - 15\,\eta^4 + 6\eta^2) + \right.$$
$$+ 5\,991\,(-6\,\xi^2\eta^2 + \xi^2) + 2086\,(-6\,\xi^4\eta^2 - 15\,\xi^2\eta^4 + \xi^4 + 6\,\xi^2\eta^2) +$$
$$\left. + 1\,450\,(-15\,\xi^4\eta^4 + 6\,\xi^4\eta^2)\right],$$

$$n_{xy} = -\frac{4\xi\eta}{10{,}0^2}\left[112\,645 + 12\,684\,(2\xi^2 + 2\eta^2 - 2) - \right.$$
$$- 434\,(3\,\xi^4 + 3\,\eta^4 - 2\,\xi^2 - 2\,\eta^2) + 5991\,(4\,\xi^2\eta^2 - 2\,\xi^2 - 2\,\eta^2 + 1) +$$
$$+ 2086\,(6\,\xi^4\eta^2 + 6\,\xi^2\eta^4 - 3\,\xi^4 - 3\,\eta^4 - 8\,\xi^2\eta^2 + 2\,\xi^2 + 2\,\eta^2) +$$
$$\left. + 1450\,(9\,\xi^4\eta^4 - 6\,\xi^4\eta^2 - 6\,\xi^2\eta^4 + 4\,\xi^2\eta^2)\right],$$

$$n_y = \frac{2(1-\eta^2)}{10{,}0^2}\left[-112\,645 + 12\,684\,(-6\,\xi^2 - \eta^2 + 1) - 434\,(-15\,\xi^4 - \eta^4 + 6\,\xi^2 + \right.$$
$$+ 5\,991\,(-6\,\xi^2\eta^2 + \eta^2) + 2\,086\,(-15\,\xi^4\eta^2 - 6\,\xi^2\eta^4 + \eta^4 + 6\,\xi^2\eta^2) +$$
$$\left. + 1\,450\,(-15\,\xi^4\eta^4 + 6\,\xi^2\eta^4)\right].$$

Ezek szerint az $\eta = 0$ középvonal mentén (4. ábra)

$$n_x = -1999{,}22 + 1865{,}36\,\xi^2 + 184{,}26\,\xi^4 - 50{,}40\,\xi^6,$$
$$n_y = -1999{,}22 - 1574{,}16\,\xi^2 + 130{,}20\,\xi^4$$

az $\eta = \pm 1$ peremvonalak mentén pedig (5. ábra)

$$n_x = -3443{,}18 + 2214{,}92\,\xi^2 + 1002{,}24\,\xi^4 + 226{,}02\,\xi^6,$$
$$n_{xy} = \mp 4165{,}36\,\xi \mp 1412{,}72\,\xi^3 \mp 372{,}24\,\xi^5.$$

Végezetül a számítási eredmények ellenőrzéseként célszerű a héj középfelületének egyes pontjain a (34) alatti feszültségfüggvényhez rendelhető Z^* terhelésfüggvény értékét kiszámítani. Ez a művelet a (33) alattiak behelyettesítése után a (32) képlet segítségével végezhető el. A számítás eredményét az 1. táblázat tartalmazza. Ugyanaz a táblázat zárójelbe iktatva egyúttal feltünteti az [1] dolgozatban közölt számító eljárás alkalmazása esetében adódó Z^* teherértékeket is. Mint látható, a közelítő számításból kapott teherértékek alig különböznek a 200 kg/m² értéktől, vagyis a héjra ható tényleges terheléstől. A mutatkozó kis különbségek még az [1] dolgozatban közölt kevésbé pontos eljárás esetében is sokszorta kisebbek azoknál a hibáknál, amelyek a gyakorlatban a héj kiviteli tökéletlenségeiből, főleg a héj vastagsági méretének pontatlanságából még leggondosabb munka esetén is elkerülhetetlenek. A $Z^* \sim Z$ közelítés okozta négyzetes középhiba ugyanis a jelen esetben 0,41%, az [1] tanulmányban közölt közelítő számítás esetében pedig 0,81%, míg a héj vastagsági méretének pontatlanságaiból származó négyzetes középhiba önmagában nézve is minimum 2,25%-ra becsülhető [4].

1. táblázat

A közelítő Z^* teherértékek kg/m²-ben kifejezve
(A zárójelbe foglalt értékek az [1] tanulmányban közölt kevésbé pontos közelítésnek megfelelő Z^* értékek.)

	$\xi = 0$	$\xi = 0{,}25$	$\xi = 0{,}50$	$\xi = 0{,}75$	$\xi = 1{,}00$
$\eta = 0$	199,9 (201,9)	200,0 (201,1)	200,1 (199,2)	200,0 (197,7)	199,7 (199,5)
$\eta = 0{,}25$	200,0 (201,1)	200,1 (200,6)	200,0 (199,5)	199,9 (198,7)	200,0 (200,1)
$\eta = 0{,}50$	200,1 (199,2)	200,0 (199,5)	200,5 (200,4)	200,0 (201,2)	200,7 (201,0)
$\eta = 0{,}75$	200,0 (197,7)	199,9 (198,7)	200,0 (201,2)	200,2 (202,6)	200,0 (199,0)
$\eta = 1{,}0$	199,7 (199,5)	200,0 (200,1)	200,7 (201,0)	200,0 (199,0)	190,4 (189,0)

IRODALOM

1. Csonka P.: Eljárás derékszögű négyszög alaprajzú süveghéjak számítására. Az *MTA Műsz. Oszt. Közleményei* 18 (1956), pp. 9—16.
2. Szmodits K.: Héjkupola, négyszög alaprajz felett. *Építéstudományi közlemények* (1948).
3. Lafaille, B.: Mémoire sur l'étude générale des surfaces gauches minces. *Mémoires de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes* 3 (1935), pp. 295—332.
4. Pelikán J.: Hajlított körhengerhéj teljes megoldása (1947). Doktori értekezés.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szerző dolgozatában derékszögű négyszög alaprajz fölé szerkesztett oly süveghéjakkal foglalkozik, melyek középfelületének az alaprajzi négyszög oldalaival párhuzamos függőleges metszetei függélyes tengelyű másodrendű parabolák. E héjakon függélyes oly megoszló terhelést vesz számításba, mely a héj függélyes szimmetria síkjaira nézve szimmetrikus elrendezésű. A tanulmány célja az ily módon terhelt héjak membránerőinek számítása.

A feladat megoldására szerző feszültségfüggvényül oly $F^*(\xi, \eta)$ függvényt vezet be mely a héj peremvonalai mentén, vagyis a $\xi = \pm 1$, $\eta = \pm 1$ peremvonalak mentén eltűnik,

$$F^*(\xi, \eta) = (1 - \xi^2)(1 - \eta^2) \sum_{i=0}^{m} \sum_{k=0}^{n} B_{ik}\, \xi^{2i}\, \eta^{2k}.$$

E függvénysorban szereplő B_{ik} határozatlan együtthatókat konplanációval állapítja meg, mégpedig olyképp, hogy a felvett feszültségfüggvényhez a feladat differenciálegyenlete által rendelhető $Z^*(\xi, \eta)$ teherrendszer előírt helyeken — esetleg a héj egész kerületén, — pontosan egyezzék a héj tényleges terhelését kifejező $Z(\xi, \eta)$ teherrendszerrel.

A tanulmányt számpélda zárja le. Ennek kapcsán szerző összehasonlítást ad a jelen tanulmányban közölt pontosabb és egy előző [1] dolgozatban ismertetett kevésbé pontos számítás eredményei közt.

EGYENESTENGELYŰ RUDAK KIHAJLÁSA A RUGALMAS PONTOK MÓDSZERÉVEL TÁRGYALVA*

CSONKA PÁL
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
BUDAPESTI ÉPÍTŐIPARI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE

[Beérkezett 1955. április 15.]

A rudak kihajlásproblémájának megoldására SCHWERTNER A. eljárása [1] — *a rugalmas pontok módszere* — a kihajlító erő számításakor a két végén csuklós rudat két rúdszakaszra bontja s az egyes rúdszakaszokat a végérintők alkotta rugalmas láncolattal helyettesíti. E tekintetben a szóbanforgó eljárás a rugalmas rúdlánc módszere néven ismert, H. HENCKYtől származó eljáráshoz hasonló.

Szerző kimutatja, hogy az új eljárás egyenes tengelyű, végein csuklós, a középső keresztmetszetre nézve szimmetrikus rúd esetében a kihajlító erőre a ténylegesnél mindenkor kisebb értéket ad. Az elkövetett hiba nagysága tág határok közt változhatik, miértis az új eljárás — eredeti alakjában — kellő óvatossággal alkalmazandó.

A pontosság fokozására szerző az eredeti eljárás módosítását javasolja. A módosított eljárás főleg erősen változó keresztmetszetű rudak esetében tehet jó szolgálatot. Állandó keresztmetszetű rudak esetében a módosított eljárás a H. HENCKY-féle eljárással azonos.

IRODALOM

1. A. SCHWERTNER: Die Knickung im Lichte der Methode der elastischen Punkte. *Acta Technict 12* (1955) 245/273.

* Kivonat szerzőnek az Acta Technicában (XII [1955] 275—288. l.) német nyelven ugyanezen címen megjelent tanulmányából.

A MISKOLCI NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM MECHANIKAI TECHNOLÓGIAI TANSZÉKE KUTATÁSAINAK LEGÚJABB EREDMÉNYEI*

ZORKÓCZY BÉLA

[Beérkezett 1956. február 10-én]

1. A tanszék kutatási területe

Az I. sz. Mechanikai Technológiai Tanszék oktatási témakörei a Gépészmérnöki Kar gyártástechnológus szakán a szerkezeti anyagok ismeretének, mint gépészmérnöki alaptárgynak, valamint a hőkezelésnek és a hegesztésnek, mint gépgyártástechnológusi szaktárgyaknak oktatása. Ez az oktatási feladatkör meghatározza a tanszék tudományos kutatási területeit. Ezek: az anyagvizsgálat, hőkezelés és hegesztés.

A gépészmérnökök kiképzésében a hőkezelés oktatása 1950-ig teljesen hiányzott. Ennek folyományaként gépgyártó iparunkban a hőkezelést tapasztalati úton betanult szakemberek az acélgyártó művek előírásai szerint végezték és sok helyen végzik még ma is. Természetes következménye ennek a helyzetnek az a gyakran hallható panasz, hogy különösen az ötvözött szerkezeti- és szerszámacélból készült, tehát drága alkatrészek és szerszámok gyártásában sok a hőkezelési selejt. E tény felismerése késztette tanszékünket arra, hogy a metallográfai alapon végzett hőkezelés oktatását legfontosabb hivatásának és az ezt a célkitűzést alátámasztó tudományos kutató munkát első, legsürgősebb feladatkörének tekintse.

A műszaki tudományok mai fejlettségi fokán az acélok metallográfiai alapon végzett hőkezelésének egyik alapját az izotermális átalakulási diagramok, az ún. „S"- vagy „C"-görbék képezik, melyeknek felvételi módszereit 1930-ban DAVENPORT és BAIN kutatók dolgozták ki [1]. Azóta világszerte növekvő méretekben folyik az acélok „C"-görbéinek felvétele. Hőkezelési kutatásaink első feladataként összegyűjtöttük a szovjet [2], amerikai [3], angol [4] és német [5] szakirodalomban fellelhető C-görbéket. E dokumentációs munkánk során eddig 332 C-görbét gyűjtöttünk össze.

Soron következő feladatunkat a hazai acélok C-görbéinek felvételére való berendezkedésben láttuk. Az e célra kidolgozott külföldi műszerek beszerzésének lehetetlensége miatt magunk készítettünk VERŐ József akadémikus tanácsai alapján laboratóriumi függőleges csőkemencéket, melyekben az izotermális

* Az 1955. XII. 16-i akadémiai felolvasóülésen tartott beszámoló.

hőkezeléseket végezzük. A diagramok elkészítése egy-egy C-görbe felvételéhez szükséges 120—150 különböző módon hőkezelt próbadarab mikroszkópi és keménység-vizsgálata alapján történik. Ez a klasszikus eljárás a legpontosabb és teljes egészében ma sem nélkülözhető, hátránya azonban, hogy rendkívül hosszadalmas. Ily módon eddig összesen 7, ez évben ezek közül 4 C-görbét határoztunk meg, főleg olyan hazai acélokról, melyek C-görbéje a szakirodalomban nem volt fellelhető.

A C-görbe felvételi módszerünk szaporaságának fokozására való törekvés arra késztet, hogy hazai műszerek felhasználásával olyan berendezéseket készítsünk, melyek az austenit izotermális bomlása közben a ferromágneses szövetelem szaporodásának mágneses indikációja alapján a C-görbék gyorsabb felvételét teszik lehetővé. Az ez irányú kutató munka folyamatban van, eredményeiről később, remélhetőleg a következő év folyamán tudunk beszámolni.

Tudományos feladatkörünknek tekintjük a C-görbék rendszerezését és az egyes ötvöző elemek hatásának vizsgálatát a C-görbék alakjára és helyzetére. Ez a távlati kutatási terv az egyes nehezebben megszerezhető ötvözött acélfajták könnyebben elérhető ötvözött acélfajtákkal való helyettesítési lehetőségének szabatos meghatározását tűzi ki céljául.

A C-görbék alakja és helyzete az acél összetételétől függ és a hőkezelésnek csak egyik tényezőjét adja meg. A különböző szilárdsági tulajdonságokat biztosító hőkezelések másik tényezőjét adják a hőkezelt munkadarab felhevülési és lehűlési viszonyai. Ezért fontos kutatási irányunk e viszonyok tanulmányozása. E területen bekapcsolódtunk a BORBÉLY akadémikus matematikai módszerének kísérleti alátámasztását célzó munkába. Ezen túlmenően vizsgáljuk a különböző hűtőközegeknek és módoknak a különböző összetételű acélból készült munkadarabok lehűlési sebességére gyakorolt hatását. Ez évben a nyugodt és a fúvott levegő hatását vizsgáltuk az ötvözetlen acél hevülési és hűlési sebességére a közben keletkezett reve hőszigetelő hatásának függvényében. E tájékozódó első kísérletsorozatunk értékelése munkában van.

A kutató munkából az optimálisnál jóval nagyobb oktatási munkával való megterhelése ellenére a tanszék minden tagja kivette a maga részét. A C-görbék dokumentációs munkájával és rendszerezésével PAZÁR Béla docens támogatása mellett BÉRES Lajos tanársegéd foglalkozik. A mágneses C-görbe felvevő berendezések készítése MIHALA Ferenc adjunktus munkaköre. A felhevülési és lehűlési viszonyok vizsgálatával KÓRÓDY László adjunktus foglalkozik. A C-görbék ipari hasznosítási munkaterületén DÉNES Miklós adjunktus dolgozik, ez évben konkréten az öntött vas izotermális hőkezelési témakörében.

Az ipari hőkezelések metallográfiai alapra való helyezésének módszere az, hogy a C-görbét és a hőkezelésnél alkalmazott hűtési módot jellemző lehűlési görbéket egybevetjük, tehát megkeressük a célul tűzött szilárdsági tulajdonságoknak megfelelő szövetet eredményező lehűlési görbét biztosító hűtési módot. Ez a C-görbék ipari hasznosításának módszere.

Tanszékünk tevékenységét úgy óhajtottuk mielőbb az ipari hőkezelések megjavításának szolgálatába állítani, hogy konkrét alkalmazási területeken végeztünk a fent leírt módszer szerint kutató munkát. Ez évi kutatásunk egyik ilyen konkrét területe a gyorsacél felrakó hegesztéssel készült takarékos szerszámok hőkezelésének módszere volt. E téren a Vasipari Kutató Intézet munkájába kapcsolódva tanulmányoztuk a gyorsacél elektródákkal felhegesztett varratok szövetszerkezetének és szilárdsági tulajdonságainak a különféle hőkezelések hatására bekövetkező változását. Beszámolóm következő érdemi részében e munkánk ez évi eredményeit ismertetem.

2. A gyorsacél felrakó hegesztéssel készült takarékos egyélű forgácsoló szerszámok egyszerű kikeményítése

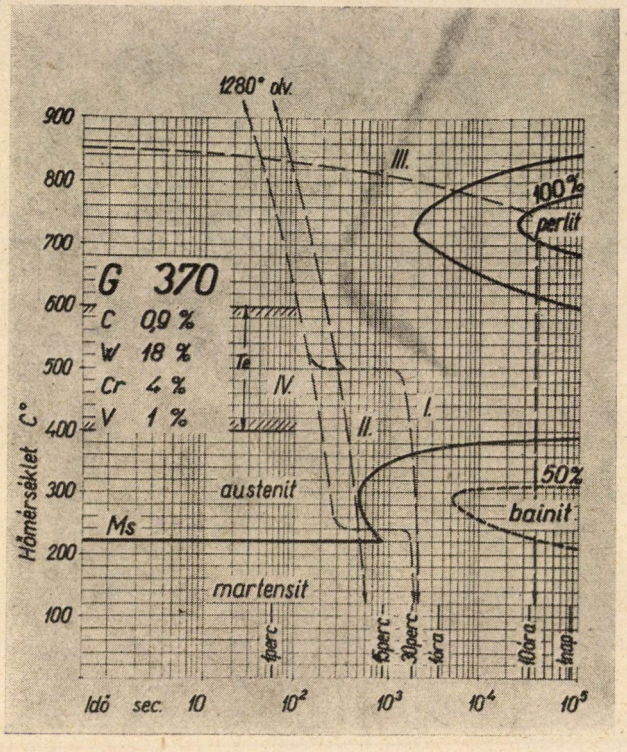
2. 1. *Az egyszerű kikeményítés lényege*

A szénacél szerszámtestre gyorsacél hegesztő elektródával felrakott vágóéllel dolgozó takarékos szerszámok gyártása rohamosan terjed iparunkban. Ennek a nagy nemesacél megtakarítást jelentő új eljárásnak elterjedését elősegítette az a körülmény, hogy hőkezelési utasításait a Vasipari Kutató Intézet a gyorsacél C-görbéje alapján dolgozta ki. Az ilyen takarékos szerszámok edzésére kidolgozott lépcsős edzés biztosítja a kétféle anyagból készült szerszám edzési repedéseinek elhárítását.

A lépcsős edzési eljárásnak előnye, hogy repedéstől mentesen biztosítja a szerszámél legjobb keménységét és egyben a késszár legjobb, a tömör gyorsacél kés szívósságát 20-szorosan meghaladó szívósságát. Hátránya azonban, hogy hibátlan végrehajtása jól felszerelt edzőműhelyt, pontos hőmérsékletmérő műszereket és begyakorolt, lelkiismeretes szakembereket kíván. Tanszékünk ez évben végzett kutató munkájának eredményeként kialakult olyan egyszerűsített hőkezelő eljárás, az ún. *egyszerű kikeményítés*, mely a gyorsacéllal felrakott egyélű szerszámok ipari elterjedése előtt újabb perspektívákat nyit.

A gyorsacél felrakó hegesztéssel készült takarékos egyélű szerszámok egyszerű kikeményítésének metallográfiai alapját az 1. ábra világítja meg. Az ábrában feltüntettük a 18% W, 4% Cr és 1% V tartalmú gyorsacél C-görbéjét és e gyorsacél fajta néhány hőkezelési eljárásnak elvi lehűlési görbéjét. A gyorsacél C-görbéjének egy felső perlites és egy alsó bainites bomlást mutató része van. 400 és 600 C° között a gyorshűtéssel túlhűtött austenites állapotba hozott gyorsacél igen hosszú lappangási idővel (stabilitással) rendelkezik. Ez a hőköz a felrakó hegesztésnél használt optimális előmelegítési hőköz (T_e). Az I. elvi lehűlési görbe a tömör gyorsacél szerszámok austenites előmelegítéssel végzett hegesztésének lehűlési görbéje. A II. lehűlési görbe a felső réteg lehűlését jelzi. A III. görbe a lágyítás menetét adja meg. A IV. görbe a szívós kemény élt biztosító martensit-bainites lépcsős edzés menetét írja elő.

Az I. sz. lehűlési görbe TORE NORÉN göteborgi mérnöknek 1952-ben közzétett [6] ún. „lépcsős hegesztési" (soudage étagé) és „lépcsős hegesztő edzési" (soudo-trempe étagé) eljárását jellemzi. Eszerint a tömör gyorsacél-szerszámok hegesztéssel történő javítása, éleinek felújítása úgy történhetik repedésmentesen, hogy a javítandó szerszámtestet az edzési hőmérsékletre,

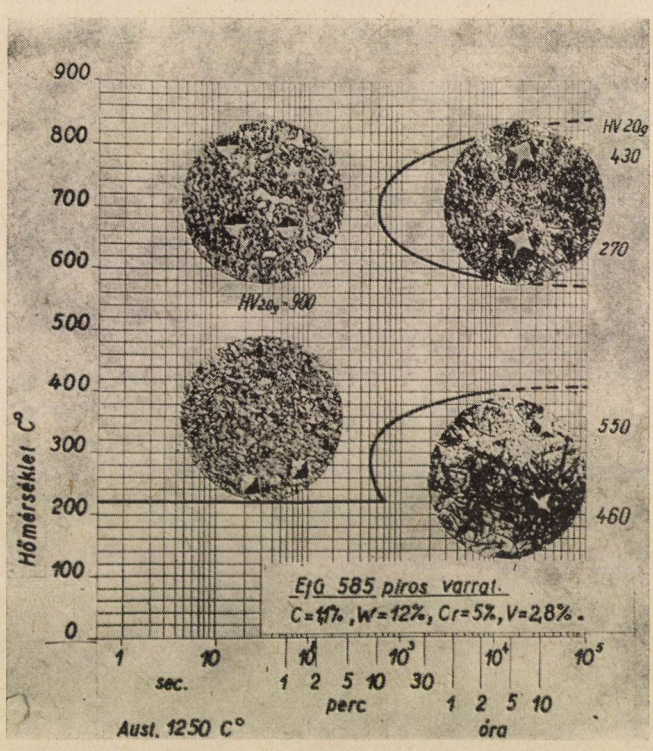


1. ábra

1250—1280 C°-ra hevítjük, majd sófürdőben lehűtjük a hegesztés előmelegítési hőmérsékletére, pl. 500 C°-ra. E hőfokon végezzük a túlhűtött austenites állapotban levő szerszám hegesztését. A hegesztés befejezése után a darabot lassan hűtjük le, a felhegesztett részt megmunkáljuk és a kész szerszámot a szokásos megeresztéssel kikeményítjük.

NORÉN említett dolgozatát a csehszlovák műszaki tudományos tapasztalatcsere útján ez év októberében ismertük meg. Tőle függetlenül dolgoztuk ki ez év tavaszán a takarékos egyélű forgácsoló szerszámok egyszerű kikeményítésének eljárását. Ez az eljárás NORÉN eljárásától abban különbözik, hogy a szerszámtest ötvözetlen acél és így hegesztés közben nincs túlhűtött austenites állapotban.

A szénacél alapra gyorsacél elektródával felrakott szerszámok mikroszkópi vizsgálatai során megállapítottuk, hogy a felrakott réteg szövete ugyanazokat a szövetelemeket tartalmazza, mint a hegesztés után 1250 C°-ról edzett szerszámél. Ez adta azt a gondolatot, *hogy az edzés a megfelelő körülmények között rézgyámban végzett hegesztés esetén mellőzhető* és a szerszám köszörülés után



2. ábra

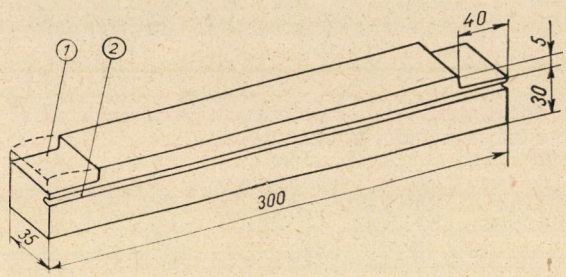
alkalmazott szokásos megeresztéssel teljes keménységűre kikeményíthető. Következtetésünket nagyszámú ellenőrző kísérlet igazolta.

A takarékos egyélű forgácsoló szerszámok ily módon való készítésénél az 500 C°-ra előmelegített szénacél késszárra az ún. egytömegű, közbenső salakolás nélkül végzett felrakással két vagy több rétegben hegesztik fel a szerszám élét gyorsacél elektródával. A szerszámél lehűlési viszonyait tehát elvileg az 1. ábra II. görbéje jellemezheti. Ha a heganyag lehűlési görbéje tényleg ilyen, a szerszámél szövete martensit, maradék austenit és komplex karbid elemeket tartalmaz. Az 560 C°-on végzett megeresztéskor a maradék austenit martensitté alakul és a túltelített oldatban levő komplex karbidok disperz kiválásával együtt biztosítja a kívánt nagy keménységet.

Kísérleteink során azonban előfordult az is, hogy az ilyen egyszerű kikeményítés nem sikerült. A szerszámél nem érte el az egyébként elérhető 63—65 HRc keménységet. Ezért részletes kutató munkát végeztünk az egyszerű kikeményítés eredményességét meghatározó tényezők felderítésére.

2.2. *Az egyszerű kikeményítés tényezőinek kísérleti meghatározása.*

Az egyszerű kikeményítés során kapható szövetszerkezetre és az annak megfelelő keménységre a heganyag C-görbéjének és a hegesztést követő lehűlését jellemző lehűlési görbéjének relatív helyzetéből lehet következtetni. Feladatunk tehát az volt, hogy a heganyag C-görbéjét és a hegesztés után lefolyó tényleges lehűlés görbéjét megállapítsuk.



3. ábra

A gyorsacél felrakó hegesztéshez legésszerűbb a hazai gyártású „Ef G 585 b piros" jelzésű hegesztő elektróda felhasználása. Ennek heganyaga a következő összetételű :

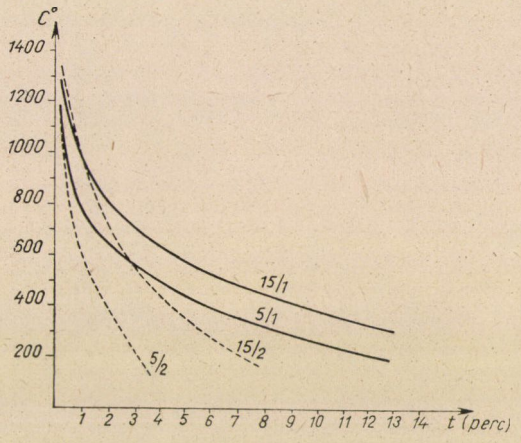
C	W	Cr	V	Mn	Si	S legfeljebb	P legfeljebb
1,1—1,3	10—13	4,5—5,5	2,6—3,2	0,3—0,6	0,2—0,3	0,04	0,04%

Ez az összetétel különbözik a szokásos gyorsacélétól, C-görbéje a szakirodalomben nem található meg. Első feladatunk volt tehát C-görbéjének meghatározása. Ennek eredményét a 2. ábra tünteti fel. Eszerint az Ef G 585 b elektróda heganyagának C-görbéje a 18—4—1-es gyorsacélétól abban különbözik, hogy orrpontjai kissé balra vannak eltolódva. Egyébként 420—580 C° között hasonló nagy lappangási időt mutat.

A heganyag lehűlési sebességére kihat 1. a késszár mérete, 2. az előmelegítés hőmérséklete, 3. a felrakott heganyag mennyisége, 4. a hegesztést követő lehűtés módja. Kísérleteinknél az első két tényezőt állandósítottuk. Előmelegítési hőmérsékletül az optimális hőköz középhőmérsékletét, 500 C°-ot alkalmaztuk minden próbadarabnál. A próbadarabok méretét pedig a 3. ábra szerint egységesen $35 \times 35 \times 300$ mm-ben állapítottuk meg.

A felrakott heganyag tömegét a gyakorlatban alkalmazott méreteknek megfelelően úgy változtattuk, hogy az azonos méretű késszárak végeire 40 mm hosszú és próbadarabonként változó 5, 10 és 15 mm mély fészkeket munkáltunk le a felrakandó heganyag számára. A hegesztést követő lehűlésre kétféle módot alkalmaztunk: szabad levegőn és fúvott levegőn való lehűlést. A fújt levegőt 500 mm vízoszlop nyomású ventillátor szolgáltatta a száj nyílásától 1 m távolságba helyezett felrakott varrat hűtésére.

Kísérleteink közben két helyen mértük a hőfok változását az idő függvényében: a késszár oldalán, a 3. ábra 2. helyén és a lerakott szerszámél heganyagának tetején (1. hely). Az 1. helyen a mérést úgy végeztük, hogy a heg-

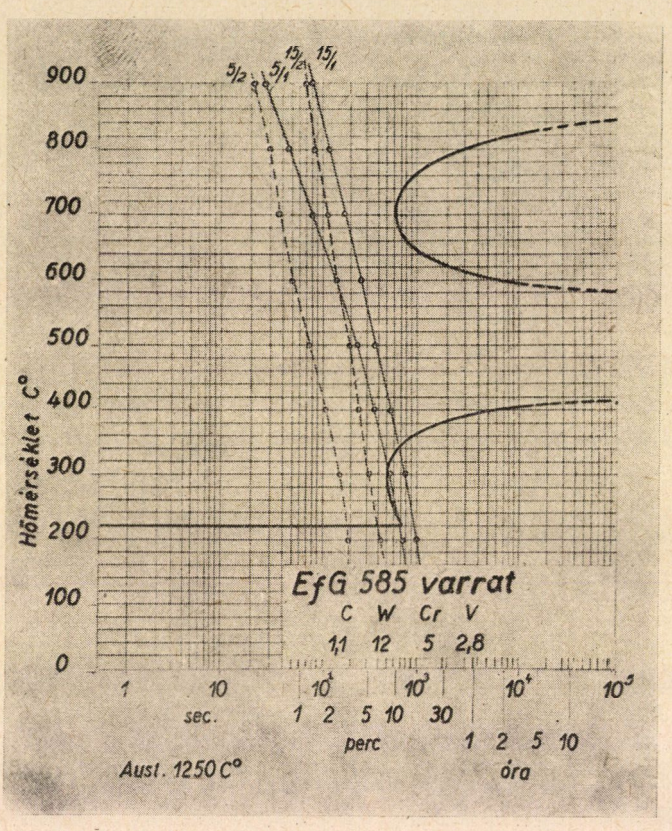


4. ábra

anyag teljes megdermedése előtt felületébe kb. 2 mm mélységig belenyomtuk egy platina-platinaródium hőelem külön e célra nagy gömbbé kialakított forrasztási helyét. Ez a hőelem egy Hartmann—Braun fotocellás kompenzátorral felszerelt vonalírós hőfokregisztráló műszerbe volt kapcsolva. A 2. helyen a hőfok változását az előmelegítés, hegesztés és a hegesztés utáni lehűlés alatt a 3. ábrán látható vájatba szerelt hőelemmel mértük. A hőelem forrasztási gömbjét szigetelt csavarral szorítottuk a szár felületéhez. A hőfok változását Lindeck—Rodhe kompenzátoros műszeren 10 mp-ként olvastuk le és jegyeztük fel. Az 1. és 2. helyeken történt leolvasást szinkronizáltuk. A 2. helyen a mérést oly célból végeztük, hogy későbbi kísérleteinknél a lehűlési görbét a hőelem végek befagyasztása nélkül végezhessük.

További meggondolásainknál csak a legkisebb és legnagyobb rétegvastagság lehűlési viszonyainak van jelentőségük, ezért a 4. ábrában egybe rajzoltuk a heganyag felületének lehűlési görbéjét az 5 mm lapka felhegesztésének nyugodt levegőn (5/1), ugyanennek fújt levegőn (5/2), a 15 mm vastag lapka szabad levegőn (15/1) és fújt levegőn való lehűlése (15/2) esetére.

A 4. ábra azt mutatja, hogy az 5 mm lapka hegesztésénél a heganyag felületétől kb. 2 mm mélyen levő anyagrész a martensit-átalakulás kezdetének megfelelő 220 C° hőmérsékletet kb. 2 perc alatt éri el akkor, ha a lehűtés fújt levegőn, 7 perc alatt, ha a lehűlés szabad levegőn történik. A nagyobb hőmennyiséget termelő 15 mm vastag lapka felhegesztésekor ugyanezek az időpontok 12,5, illetve 18 perc.

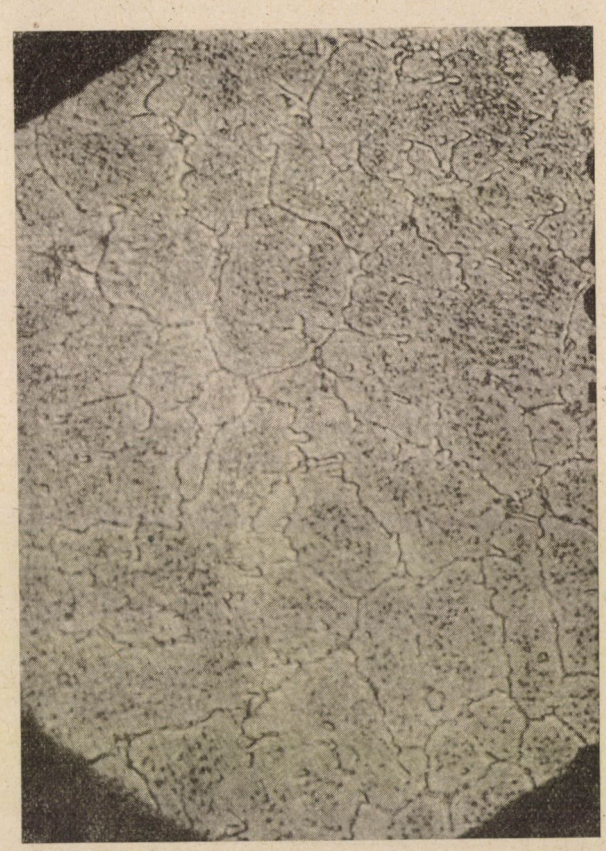


5. ábra

2.3. Az egyszerű kikeményítéssel elérhető szövetszerkezetek és keménységi értékek.

A felrakott gyorsacél varratnak a hegesztés után bekövetkező lehűléskor kialakuló szövetére következtetni lehet a lehűlési görbék és a C-görbe relatív helyzetéből. Ezt az egybevetést mutatja az 5. ábra, melyet úgy szerkesztettünk, hogy az Ef G 585 b elektróda varratának izotermális átalakulási diagramjába berajzoltuk az abscissa logaritmusos léptékében a 4. ábra lehűlési görbéit.

Az 5. ábrából látjuk, hogy az 5 mm vastagon felrakott réteg fújt levegőn való hűtésének megfelelő lehűlési görbe ($^5/_2$) biztosan elkerüli, szabad levegőn való lehűlésének görbéje ($^5/_1$) pedig metszi a C-görbe alsó ágát. Ebből azt a következtetést vonjuk le, hogy ilyen vékony rétegnek szövete hegesztés után

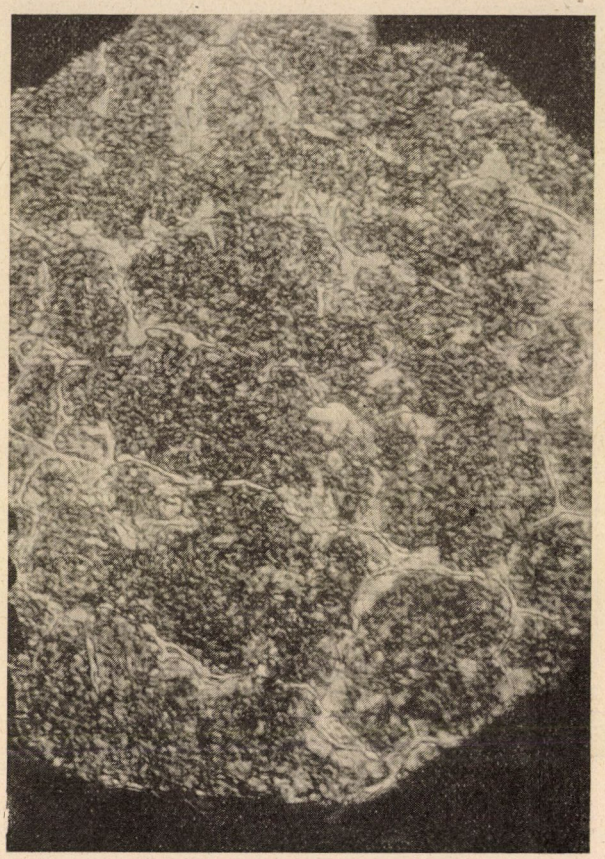


6. ábra

fújt levegőn való hűtés esetén bainitmentes, szabad levegőn való lehűléskor azonban már egy kevés bainitet is tartalmaz. A 15 mm vastagon felrakott varrat fújt levegőn való hűlési görbéje még elkerüli, szabad levegőn való lehűlési görbéje azonban az előzőnél később metszi a C-görbe alsó ágát. Az ilyen vastag réteg tehát fújt levegőn való hűtéskor bainitmentes, szabad levegőn való lehűlésekor pedig bainites lesz.

Az 5. ábrából levont elméleti következtetést igazolja a mikroszkópi vizsgálat. A 6. ábra a fújt levegőn hűlt 5 mm vastag varratról készült 1000×-es nagyítással. A primer kristályosodáskor kialakult komplex kárbid hálóban látható világosszürke szövet az egyaránt nehezen maródó martensit és maradék

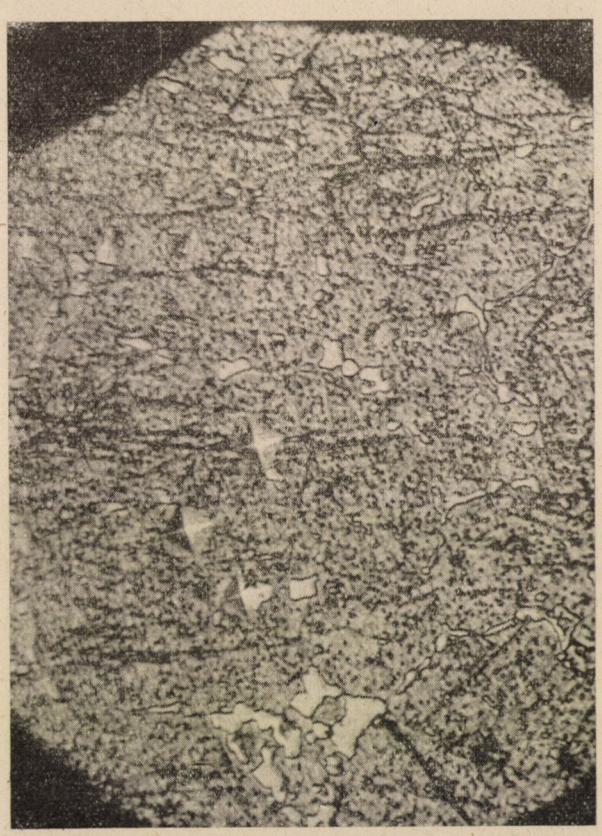
austenit keveréke. A szemcsék középrészében látható pontok az ott kivált kis gömb alakú kárbidokat jelzik. A szemcsék világosabb határai azt jelzik, hogy itt helyezkedik el a nehezebben maródó maradék austenit. E felvételen a bainit tűknek nyomai sem találhatók.



7. ábra

A hegesztési hőmérsékletről való lassú hűléskor meginduló bainit kiválás mikroszkópi kimutatása nem könnyű akkor, amikor a lehűlési görbe a C-görbét annak orrpontja közelében metszi, amikor tehát a bainit kiválása éppen csak hogy megindult. Ilyenkor a keletkező bainitet csak olyan 5% HCl és 5% $FeCl_3$ tartalmú marószerrel végzett mély maratással lehet kimutatni, mely a gyorsacél martensitjét jobban megtámadja. Ilyen mély maratással készült a 15/1 próbadarabról a 7. 1000×-es nagyítású mikroszkópi ábra, melynek szemcséiben a bainit apró fekete tűszerű elem alakjában jelentkezik.

A hegesztés hőmérsékletén, vagy az előmelegítés hőmérsékletén tovább időző varrat lehűlési görbéje már messzebb metszi a C-görbét. Ilyenkor a bainit tűk nagyobb méretben jelennek meg. Kísérleteink során ily körülmények között hegesztett próbadarab varratáról készült a 8. 1000×-es nagyítású mikroszkópi ábra, melynek martensitjében a hosszú fekete bainit tűk jól jelentkeznek. Még

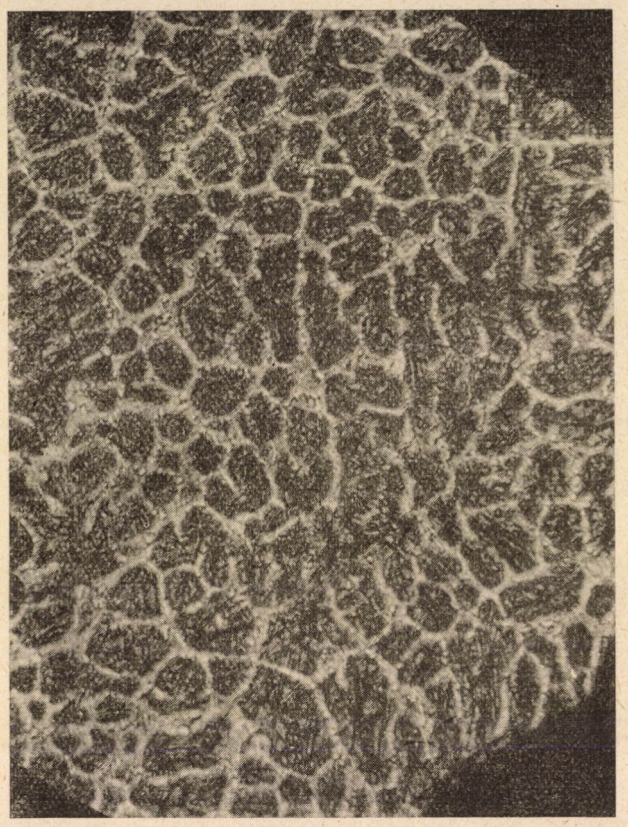


8. ábra

jobban látható a bainitet tartalmazó gyorsacél martensit jellege a 9. ábrán, mely ugyancsak levegőn lassan hűlt próbahegesztésről készült mély maratással 500×-os nagyítással.

A gyorsacél varratok hegesztett állapotban mért keménységi értékei nem mutatják a növekvő bainit okozta keménység csökkenést, hanem a lehűlés sebességére való tekintet nélkül keménységük 59—62 HRc között szór. Több méréssel azt állapítottuk meg, hogy az átlagos keménység a szabad levegőn való hűléskor 0,2—0,3 Rockwell számmal nagyobb, mint a fújt levegőn való hűléskor. Ennek magyarázata az, hogy gyorsabb hűléskor több maradék austenit

keletkezhetik. A különböző sebességgel hűlt varratok minőségi különbsége csak a kikeményítő megeresztésnél jelentkezik. Ekkor a maradék austenit túlnyomórészt átalakul martensitté, tehát a fújt levegőn gyorsabban hűlt és így több maradék austenitet tartalmazó varrat keményedése 1,5—3 Rockwell számmal nagyobb, mint a szabad levegőn lassabban hűlt varraté.

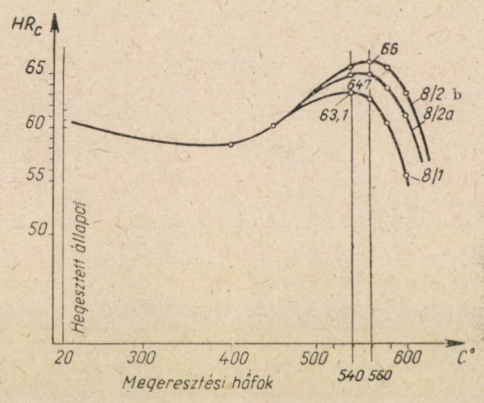


9. ábra

Az a körülmény, hogy a hegesztés után bekövetkező különböző hűlés miatt a gyorsacél varrat anyagának austenitje kisebb-nagyobb mértékben bainitté bomlik, hatással van a hegesztett állapotban levő varrat megeresztése közben bekövetkező másodlagos keményedésére. Ezt igazolják a mi elvi kutató munkánk alapján a Vasipari Kutató Intézetben az optimális megeresztési hőmérséklet megállapítása céljából végzett kísérletek. Ezek során $30 \times 30 \times 250$ mm méretű késszárak végére 8 mm mély fészekbe rakott varratokat háromféle hűtési sebességgel készítettünk: 1. szabad levegőn, 2. fújt levegőn hűtve, 3. a hűlési sebességet fokoztuk úgy, hogy nem az egész késszárat melegítettük

elő, hanem csak magát a fészket. Az így készített próbadarabokat különböző hőmérsékleteken kétszer 45 percig megeresztettük és keménységméréssel megállapítottuk a másodlagos keményedés görbéit.

A vizsgálat eredményét a 10. ábrában foglaltuk egybe. Ebből kiolvasható, hogy a hegesztés után 60—61,8 HRc keménységű varrat kétszer 45 perces megeresztés után annál nagyobb másodlagos keménységet mutat, minél gyorsabban történt a hegesztést követő lehűlése. A szabadon lehűlt varrat (10. ábra 8/1) legjobb megeresztési hőmérséklete 540 C°, elérhető legnagyobb keménysége 63,1 HRc. A fújt levegőn való hűtés (8/2. a) alkalmazásánál az optimális megeresztési hőmérséklet 550 C°, legnagyobb keménység 64,7 HRc. Az előmelegítés



10. ábra

egyhelyre korlátozásával gyorsított fújt levegős lehűtés (8/2. b) optimális megeresztési hőmérséklete 560 C°, legnagyobb keménysége 66 HRc.

A lehűlési viszonyok vizsgálatára végzett kísérleteink próbatestjei is hasonló eredményeket mutattak. Mi a próbatesteket egységesen 3-szor fél órán át eresztettük meg 560 C°-on. A nyugodt levegőn hűlt 5 mm-es varrat (5/1) hegesztett állapotban mért 59 HRc keménysége megeresztés után 62 HRc-re nőtt. A fújt levegőn hűlt 5 mm-es varrat (5/2) 62,8 HRc keménysége megeresztés után 65 HRc-re nőtt. A 15 mm-es varrat nyugodt levegőn való hűlés után (15/1) 59 HRc keménységet mutatott, amely a megeresztés után 57 HRc-re csökkent. Ennek oka részben a túl kevés maradék austenit, részben a megeresztési hőmérséklet túl nagy volta lehet. Ezzel szemben a fújt levegőn hűlt 15 mm-es varrat (15/2) keménysége 61 HRc-ről 64 HRc-re növekedett. A kísérletek tehát egyértelműen igazolják azt az elméleti következtetést, hogy az egyszerű kikeményítés legnagyobb keménységét biztosító eljárás a felrakott élek hegesztés után fújt levegőn való lehűtése.

A gyakorlati forgácsoláskor természetesen nem mindig az a legjobb hőkezelés, mely a szerszámél legnagyobb keménységét biztosítja, mert a legnagyobb keménység mindig a legkisebb szívóssággal jár együtt. Egyenletes minőségű

szívós acél egyenletes fogásmélységgel végzett megszakításnélküli forgácsolására a legnagyobb keménységre kikeményített szerszámél alkalmas, mert ez adja a legnagyobb éltartamot. Változó keménységű anyag, változó fogásmélység és főként megszakított forgácsolás már nagyobb szívósságú szerszámélt kíván.

Ha a szerszám élét megszakított forgácsolás közben ütések érik, szükség lehet arra, hogy az él szívósságát fokozzuk. A szerszámél szívósságának a keménység rovására való fokozását lehetővé teszi a C-görbék hasznosításának e beszámolóban leírt módszere. Ha ugyanis az 1. ábra I. lehűlési görbéje szerint a hegesztés befejezése után a varratot különböző ideig tartjuk az előmelegítés hőmérsékletén, akkor e hőntartás hosszával növekvő mennyiségű austenit fog bainitté alakulni és ezzel fokozatosan növekszik az él szívóssága. Az ilyen hőntartási időhöz tartozó keménység értékek megállapítását célzó kutatás a Vasipari Kutató Intézetben folyamatban van.

3. Az egyszerű kikeményítés eljárásának ipari hasznosítása.

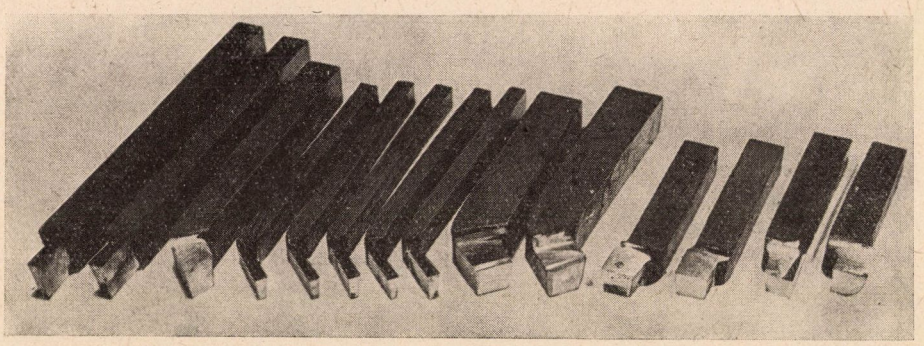
Az egyszerű kikeményítés gazdasági jelentőségét az alábbi meggondolások világítják meg.

1. A gyorsacélok nagy hőmérsékletről végrehajtott edzése az edzési repedések, az él elszéntelenedése vagy elégése miatt nagyon sok selejtet okoz.

2. A selejt elkerülésére az iparban kisebb hőmérsékletről végzik az edzéseket és ezért nem érik el az optimális keménység értékeit. Ez az éltartósság rovására megy, lehetetlenné teszi a legnagyobb vágási sebesség elérését és a kés élének gyors tompulása miatt szükséges sűrű köszörülések annak gyors elhasználódását okozzák.

3. Nagy hőmérsékletű szilitrudas, vagy kétkamrás gázedző, vagy sófürdős kemencék szükségesek a nagy hőfokú edzéshez, amelyekkel nem minden egyes szerszámkészítéssel foglalkozó üzem rendelkezik.

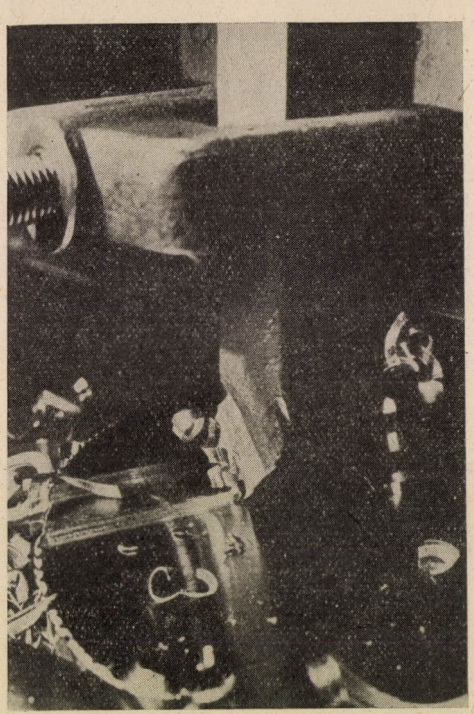
4. A nagy hőmérséklet pontos mérésére üzemeink berendezve nincsenek és a hőmérséklet pontosságának ellenőrzésében jártas személyzettel is csak kevés



11. ábra

üzemünk rendelkezik. Az üzemekben előforduló hőfokmérési eltérések nem ritkán 50—100 C° között változnak, ami a gyorsacél helyes edzését lehetetlenné teszi.

5. A finom vágóélek túlhevülése az 1250 C°-on történő edzésnél a szerszámtest nagy tömege miatt sokszor még a leggondosabb eljárással sem kerülhető el.



12. ábra

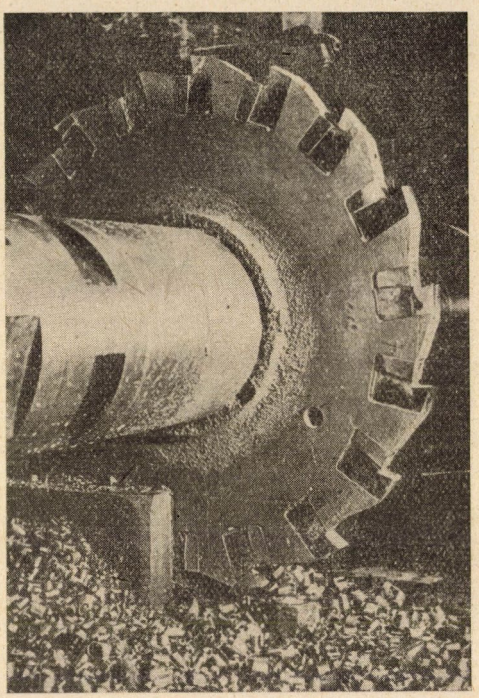
6. A nagyméretű nagyoló késeket kovácsolt gyorsacél lapkáknak ötvözetlen acélszárra való felhegesztése útján készítik. Ez az eljárás csak ellenállás hegesztő géppel és nagy jártasságú személyzettel történhetik megengedhető selejt mellett.

Mind eme hibaforrásokat, selejt okokat, berendezési hiányokat kiküszöböli, a takarékos gyorsacél szerszámok készítését megkönnyíti az egyszerű kikeményítés minden olyan szerszám gyártásánál és javításánál, melynek élkiképzésénél a forgácsoló megmunkálás köszörülésre korlátozható. Ez az eljárás a költséges edző berendezést, hosszadalmas lágyító és edző eljárást feleslegessé téve növeli a takarékos gyorsacél szerszám készítésének termelését és emellett a hibaforrások csökkentésével önmagában biztosítja a szerszámél jó minőségét.

A gyorsacéllal felrakott élű szerszámok készítésének korszerű módszere iparunkban terjedőben van. Az ipari bevezetés mérvére fényt derít az a tény,

hogy a Csepeli Elektródagyár az utolsó három év alatt évenként növekvő mennyiségben összesen 20 tonna gyorsacél hegesztő elektródát adott át az iparnak. Ez szerény számítás szerint 180—200 tonna takarékos, tehát szénacél testtel és gyorsacél éllel készült szerszám gyártásának felel meg.

Ennek a 80—90% nemesacél megtakarítást jelentő eljárásnak ipari elterjedését elősegíti egyszerűsége és selejtcsökkentő jellege miatt az ismertetett

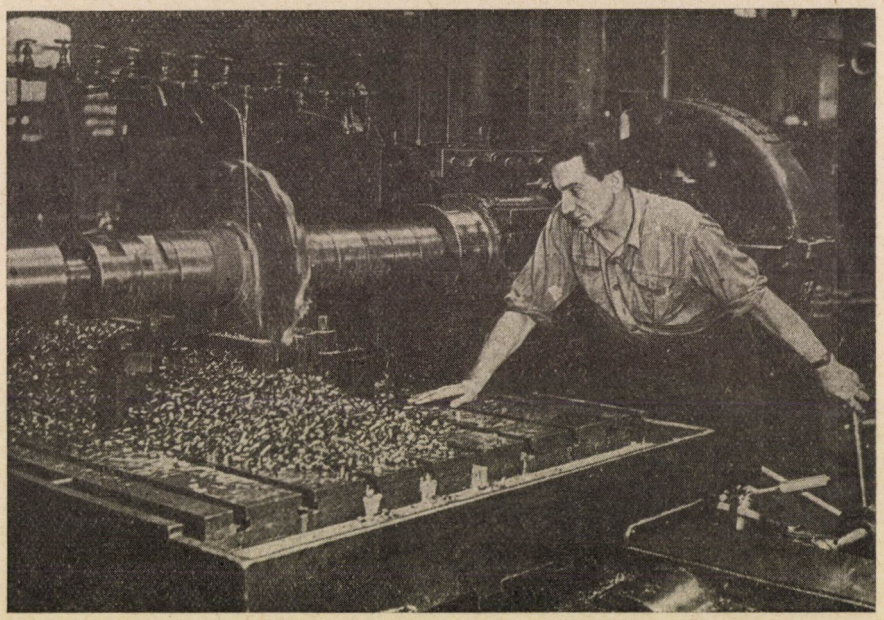


13. ábra

új hőkezelő eljárás. Ennek fő felhasználási területe természetesen a gépgyártásban alkalmazott egyélű forgácsoló szerszámok készítése, de jól felhasználható bányaszerszámok éleinek kikeményítésére is. E felhasználás egyik példája az ütve-fúró szerszám élének a felrakása. Másik példája a meddőben dolgozó gyámlyuk-fúró, melyet egyetemünk oktatója, Bitvai Tivadar adjunktus szerkesztett és amely a kondói szénbányában jó sikerrel állta ki a próbát olyan helyen, ahol a triamanttal felrakott élű fúró nem vált be, mert a meddő kőzet kitördelte a nem elég keményen ágyazott keményfém szemcséit. E fúró prototípusát a tanszéken készítettük kereskedelmi lemezből egyszerű kikeményítéssel hőkezelt gyorsacél éllel.

Legkiterjedtebben használja szerszámainak készítésére ezt az új eljárást a Klement Gottwald Villamossági Gyár. Itt már sorozatban gyártják egyszerű

kikeményítéssel a különböző gyalu- és esztergakéseket. Néhány így készült kést mutat a 11. ábra. Az egyszerű kikeményítés minőségi értékét igazolja a 12. ábra, mely egy gyalukést mutat igen nehéz alkalmazásban. A megmunkált anyag 18% Mn-tartalmú austenites mangánacél, mely oly mérvű hideg keményedést szenved hideg megmunkálás közben, hogy általában csak keményfémlapkás késsel munkálják meg. Az ábrán bemutatott forgácsolás adatai: vágósebesség $v = 18$ m/perc, fogásmélység $f = 5$ mm, előtolás $e = 0{,}85$ mm/löket.



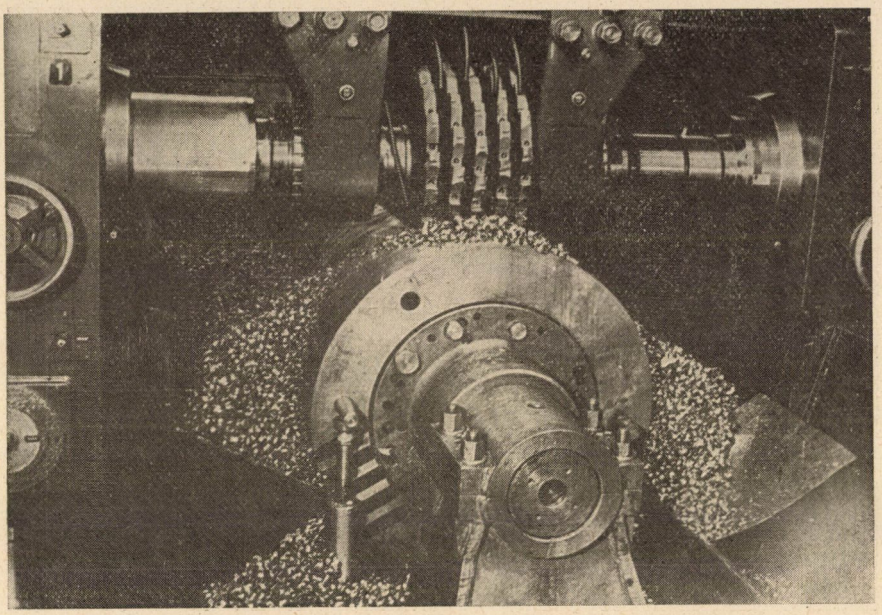
14. ábra

Felrakó hegesztéssel készült betét-késekkel szerelik a Klement Gottwald gyárban a 13. ábrán látható 550 mm ∅ tárcsamarót, mellyel 50 kg/mm²-es acélba 30 mm széles, 105 mm mély hornyot egy menetben marnak $v = 21$ m/perc vágósebességgel és $e = 14{,}3$ mm/p előtolással. A 14. ábra ezt a tárcsamarót egy Reinecker-féle marógépen üzemben mutatja be.

A legnagyobb teljesítményt érték el a gyárban a felrakott késekkel szerelt öttárcsás csoportmaróval, melyet munkában a 15. ábrán láthatunk. A csoportmaró a Starrag portál-marógépen egy menetben munkálja meg a O. G. 930×3800 típusú turbó forgórész öt hornyát, melyeknek szélessége 36 mm, mélysége 150 mm. Vágó sebesség $v = 21$ m/perc, előtolás 8 mm/perc. Az egyik ilyen csoportmaróban összesen 90, egy másik típusban 120 betétkés van beszerelve. Régebben ehhez a munkához legszívesebben 24% W, 17% Co tartalmú angol Super-Cyclon gyorsacélból, de legalább a 18% W, 10% Co tartalmú G 165 gyors-

acélból készült betétkéseket használtak. Ma ugyanezt a munkát a 12% W tartalmú, Co-mentes gyorsacél varratot adó hazai Ef G 585 piros elektródával felrakott szénacél betét-kések teljesítik sikerrel.

A Klement Gottwald gyárban elért sikerek magyarázatát a következőkben találjuk. A gyárban jól működő gyári kísérleti laboratórium létesült. Ennek kutató mérnöke, KARCZ Jenő elsajátította a Vasipari Kutató Intézet kutatójának, IMRI Sándornak tanszékünk elméleti kutatása alapján kidolgozott korszerű



15. ábra

módszereit. Ezeket sorra alkalmazza a gyárnak minden olyan területén, ahol azok jól hasznosíthatók. Ez esetben tehát példásan megvalósult a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Osztályának a hazai kutatási munka tagozódására vonatkozó az az irányelve, hogy az elvi kutatás az egyetemi tanszékek, az iparági kutatás a kutató intézetek és a konkrét gyakorlati alkalmazás a gyári kísérleti laboratóriumok feladata. Ha ez a három lépcső jól dolgozik együtt, a népgazdaság haszna sohasem marad el.

IRODALOM

1. DAVENPORT and BAIN : Iron and Steel Division. 1930.
2.1. CSUDAKOV : Gépipari Enciklopédia VII. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó, 1952.
2.2. KONTOROVICS : Az acél és az öntöttvas hőkezelése. Akadémiai Kiadó, 1952.
3.1. *United States Steel Cie:* Isothermal Transformation Diagrams. Pittsburg, 1951.
3.2. Metal Progress, 1945 okt.
4. Atlas of Isothermal Transformation Diagrams of B. S. En Steels. The Iron and Steel Institute Special Report No. 40.
5.1. Stahl und Eisen, 1954 június és július.
5.2. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 1953 július és augusztus.
6. TORE NORÉN : La soudabilité des aciers a outils. ESAB Revue 1952 No. 2.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány az acél hőkezelésében újabban sikerrel alkalmazott izotermális átalakulási diagramok, az ún. S és C-görbék dokumentációját, továbbá hazai acélfajták C-görbéinek meghatározását közli. Foglalkozik e meghatározások ipari hasznosításának kérdésével, mégpedig egyik szűkebb alkalmazási területen, nevezetesen a gyorsacél felrakó hegesztéssel készült takarékos szerszámok hőkezelésének ismertetésével. A beszámoló legnagyobb része az e téren elért eredményekkel foglalkozik, amelyeket mind metallografiai, mind mechanikai technológiai szempontból részletesen magyaráz.

TRANZIENS SZKIN-EFFEKTUS

A. AVRAMESCU
A ROMÁN NÉPKÖZTÁRSASÁG TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁJÁNAK
LEVELEZŐ TAGJA

[Beérkezett 1956. május 3-án]

A váltakozó áramtól átjárt vezetőn, ha annak keresztmetszete vagy az áram frekvenciája bizonyos határértéknél nagyobb, szkin-effektus (bőrhatás) keletkezik. Ezt a szkin-effektust a szakirodalomban behatóan tanulmányozták és számos analitikai megoldás ismeretes, amelyek szabatosan leírják a jelenséget vagy közelítő megoldást adnak.

Ezek a megoldások általában a szóbanforgó tér harmonikus rezgésének állandósult állapotára vonatkoznak. Mint ismeretes, a harmonikus analízis és a Fourier-féle integrál segítségével a megoldás igen nagyszámú periódusos és aperiódusos időfüggvényre alkalmazható, meglepő tehát, hogy a szkin-effektus tranziens jelenségét csak kevéssé tanulmányozták, jóllehet ez az effektus — a villamos hálózatok elméletéhez hasonlóan — meghatározza a rendszer alapparamétereit (saját függvényeit = „Eigenfunktionen"-jeit). Ez utóbbiak jóval pontosabban jellemzik a rendszert, mint a külső térerők előidézte állandósult állapot paraméterei. Műszaki szempontból ez a jelenség elsősorban azért érdekes, mert megismerjük a vezetőnek lökőfeszültség-hullámokkal szembeni viselkedését és e hullámoknak a villamos ellenállás megnövekedése következtében mutatkozó csillapodását.

Az e területen folyó kutatások közül mindenekelőtt meg kell emlékeznünk VEDENSZKIJ B. szovjet akadémikus munkásságáról [1], amely az örvény (Foucault) áramok eloszlására terjedt ki a hengeres vasmagok aperiódusosan változó mágnesezése esetén.

PLEIJEL H. [2] kísérelte meg először a szabadvezetékeken haladó négyszög alakú elektromágneses hullámok szkin-effektus következtében mutatkozó ellaposodásának számítását. További anyagot szolgáltatott JACOTTET P. [3], [4], MOELLER FR. [5], [6] és RĂDULET, R. [7]. Nem tekintve MOELLER FR.-nek a harmonikus analízis segítségével kapott rendkívül bonyolult megoldásait, valamennyi szerző az operator-számítással dolgozott, megoldásaik viszont csak egy-egy részt-területre szorítkoznak, mint például az érkező hullám homlokára vagy hátára. A következőkben a jelenség szabatos matematikai számítását adjuk meg. A számítás kiterjed minden részletre és a teljes hullámalakra. Meg-

kapjuk a rendszer indiciális admittanciáját* és így bármely más olyan külső hatás effektusa számítható, amelyet adott időfüggvény jellemez.

Feltételezve, hogy a jelenség kvazistacionárius, ami fizikai szempontból még a legnagyobb műszaki frekvenciákra is megengedhető, a vonalszerű hengeres vezető körül levő villamos tér és a vele kapcsolódó mágneses tér a Maxwell-egyenletekkel fejezhető ki, mégpedig

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r}(rH) = \sigma E\,, \tag{1}$$

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial E}{\partial r}\,, \tag{2}$$

ahol σ a vezetőképesség, Siemens/m,

$\mu = \mu_0 \mu_r$ a közeg abszolút permeabilitása, H/m,

r a henger sugara, m.

A racionalizált MKSA egységrendszer került alkalmazásra.

A két mennyiséget különválasztjuk, minek folytán

$$\frac{\partial^2 E}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial E}{\partial r} = \mu \sigma \frac{\partial E}{\partial t}\,, \tag{3}$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial H}{\partial r} - \frac{1}{r^2} H = \mu \sigma \frac{\partial H}{\partial t}\,. \tag{4}$$

A Laplace-transzformáció alkalmazásával és a

$$k = i\sqrt{\mu \sigma p}\,,\quad kr = x,\quad \mathcal{L}H = h,\quad \mathcal{L}E = f,$$

egyszerűsítő jelölések bevezetésével

$$\frac{d^2 f}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{df}{dx} + f = 0\,, \tag{5}$$

$$\frac{d^2 h}{dx^2} + \frac{1}{x}\frac{dh}{dx} + \left(1 - \frac{1}{x^2}\right) h = 0\,. \tag{6}$$

* Indiciális admittancián a térerősség vagy a feszültség egységlökése által a vezetőben keletkező pillanatnyi admittanciát értik. (A szerk.)

A megoldások, amelyek a henger tengelyében ($r = 0$) kielégítik a szimmetria alapján adódó

$$\frac{df}{dr} = 0\,, \quad h = 0$$

határfeltételeket, a következők

$$f = A \cdot J_0(x)\,, \tag{7}$$

$$h = C \cdot J_1(x)\,. \tag{8}$$

Az állandókat az igénybevett külső erőhatások adják meg. Abból a célból, hogy megkapjuk a szkin-effektus tranziens jelenségét, meg kellett állapítani, milyen ellenhatást vált ki a rendszernél a villamos térerősség vagy a feszültség egységlökése. Ezt az ellenhatást nevezzük indicialis admittanciának. Ha az $r = a$ külső sugarú vezető felületén $E_e = 1$, akkor nyilvánvalóan

$$f = f_e \cdot \frac{J_0(kr)}{J_0(ka)}\,. \tag{9}$$

A mágneses tér állandóját a villamos tér állandójából kell levezetni a (2) egyenlet felhasználásával. Az eredmény

$$h = \frac{\sigma E_e}{k} \cdot \frac{J_1(kr)}{J_0(ka)}\,. \tag{10}$$

E függvények inverz transzformációját könnyen megkaphatjuk a komplex síkban való integrálás útján, minthogy a Bessel-függvények p összetartó sorai. A következő integrált kell sorbafejtenünk:

$$E(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty}^{+i\infty} \frac{e^{pt}}{p} \cdot \frac{J_0(kr)}{J_0(ka)}\, dp\,, \quad a > r\,. \tag{11}$$

Az integrálandó függvény elég nagy sugáron belül exponenciálisan zérus felé tart. A kezdőpontban a Bessel-függvény az egység felé tart és így az e pólusra gyakorolt hatás is egységnyi. A többi pólus a képzetes tengelyen helyezkedik el, amelyre nézve

$$J_0(ia\sqrt{\mu\sigma p}) = 0, \quad p_\nu = -\frac{\beta_\nu^2}{a^2 \mu \sigma}\,,$$

ahol β_ν a $J_0(\beta) = 0$ egyenlet pozitív gyökei.

A reziduumok tételét alkalmazva az e pólusokra gyakorolt hatás

$$\sum Res = \sum_{\nu=1}^{\infty} \left| \frac{J_0 (i\nu \sqrt{\mu\sigma p})\, e^{pt}}{p \frac{d}{dp} J_0 (ia \sqrt{\mu\sigma p})} \right|_{p=p_\nu}$$

Ezek szerint a pontos megoldás

$$E(r,t) = 1 - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right)}{\frac{1}{2}\beta_\nu J_1(\beta_\nu)} e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 - \frac{t}{T}}, \tag{12}$$

ahol

$$T = \frac{1}{4} a^2 \mu\sigma .$$

A villamos térnek különböző $\Theta = t/T$ numerikus időértékekhez tartozó görbéi az 1. ábrán láthatók.

A T időállandót a villamos térnek a vezető tengelyirányába eső változásából vezettük le és az

$$1 - E(0,t) = \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\frac{1}{2}\beta_\nu J_1(\beta_\nu)} \tag{13}$$

tranziens kifejezés segítségével írtuk fel.

Az exponenciális függvény ismert tulajdonságához hasonlóan az e görbe alatti terület és a kezdeti érték viszonyát tekintjük a rendszer időállandójának

$$\int_0^{\infty} [1 - E(0,t)]\, dt = T . \tag{14}$$

A valóságban T az az idő, amely alatt a villamos tér a tengely mentén eléri a középértéket.

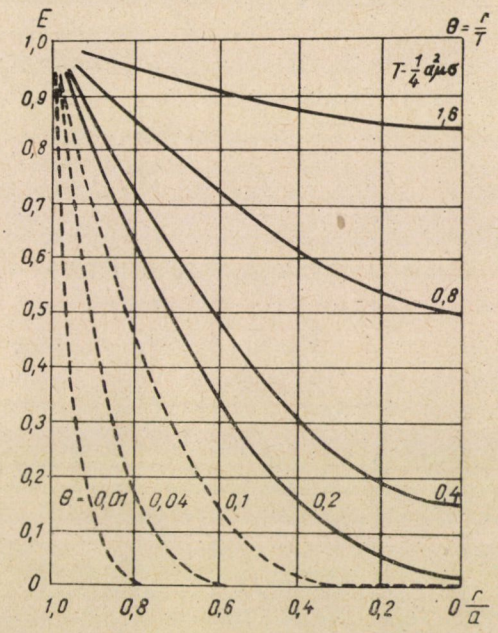
Ez az egyszerű eredmény a Bessel-függvények gyökeinek tulajdonságán alapul, amelyet pontosabban a

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2^{2n+1}}{\beta_\nu^{2n+1} \cdot J_1(\beta_\nu)} = 1, \quad n = 0, 1, 2 \ldots \tag{15}$$

összefüggés fejez ki. Az összefüggés szükségszerűen következik az $E(0,0) = 0, \frac{\partial^n}{\partial r^n} E(0,0) = 0$ határfeltételekből.

A mágneses tér ennek megfelelő kifejezése

$$H(r,t) = \frac{a\sigma E_e}{2}\left\{\frac{r}{a} - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2 J_1(\beta_\nu)}\right\} \tag{16}$$



1. ábra. A villamos térnek a hengeres vezető belsejébe való behatolását ábrázoló görbék

— — — a lineáris képlettel számítva,
——— a henger képlettel számítva.

és értéke a vezető felületén

$$H(a,t) = \frac{1}{2} a\sigma E_e \left\{1 - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2}\right\}. \tag{17}$$

A mágneses és villamos tér keresztmetszet-menti értékeiből levezethető a tranziens jelenségre vonatkozó összes többi mennyiség és paraméter. Az áramsűrűség arányos a villamos térerősséggel

$$j = \sigma E.$$

A teljes áram ebből az áramsűrűségből, vagy a teljes villamos térerősségből határozható meg. Értéke

$$I(a,t) = \pi a^2 \sigma E_e \left| 1 - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2} \right| = A(t). \tag{18}$$

Ez a kifejezés egyenértékű a rendszer „indiciális admittanciá"-jával.

Az így kapott képletek összehasonlítása azt mutatja, hogy a tisztán tranziens jelenséget végtelen összegek adják meg, amelyek úgy kaphatók meg, ha a pozitív egységlökés helyett a negatív egységlökést alkalmazzuk az állandósult állapot után, amelyre egységnyi külső térerők hatnak.

Néhány, a villamos áramok elméletének köréből vett, jól ismert szabály alkalmazása útján több figyelemre méltó eredményt kapunk.

A belső vezető impedanciája a tangenciális villamos térerősségnek (a hosszúság egységére eső feszültségnek) és a teljes áramnak, mint p síkba eső függvényeknek a hányadosa. Ismerve azt, hogy a $2\pi aH = I$, a (9) és (10) egyenletek alapján

$$Z(p) = \frac{\mathrm{f}(p,a)}{2\pi a h(p,a)} = \frac{1}{\pi a^2 \sigma} \cdot \frac{ka}{2} \cdot \frac{J_0(ka)}{J_1(ka)}, \tag{19}$$

ahol az első tört az egyenáramú ellenállás: $R_0 = (\pi a^2 \sigma)^{-1}$.

E kifejezés inverz transzformációja némi nehézséget okoz, mert az integrálandó függvény nem tűnik el elég nagy sugarú körön belül a p síkban. A szerzőnek sikerült erre a problémára megoldást találni és valóban a

$$ka = iy$$

jelölés bevezetésével felírható, hogy

$$Z(p) = \frac{1}{\pi a^2 \sigma} \left| \frac{y}{2} + \frac{\frac{J_0(iy)}{2} + \frac{iJ_1(iy)}{iy}}{J_1(iy)} \right|. \tag{20}$$

E művelet segítségével sikerült a $Z(p)$ kifejezésben a kezdeti állapotot a tisztán tranziens állapottól különválasztani. Az inverz transzformáció ez esetben eredményes. Az első tag transzformációja már ismeretes. A második tag transzformációja nagy körön belül zérus felé tart, a p síkba eső konvergens sorok viszonya és a reziduum-tétel felhasználásával inverzálható.

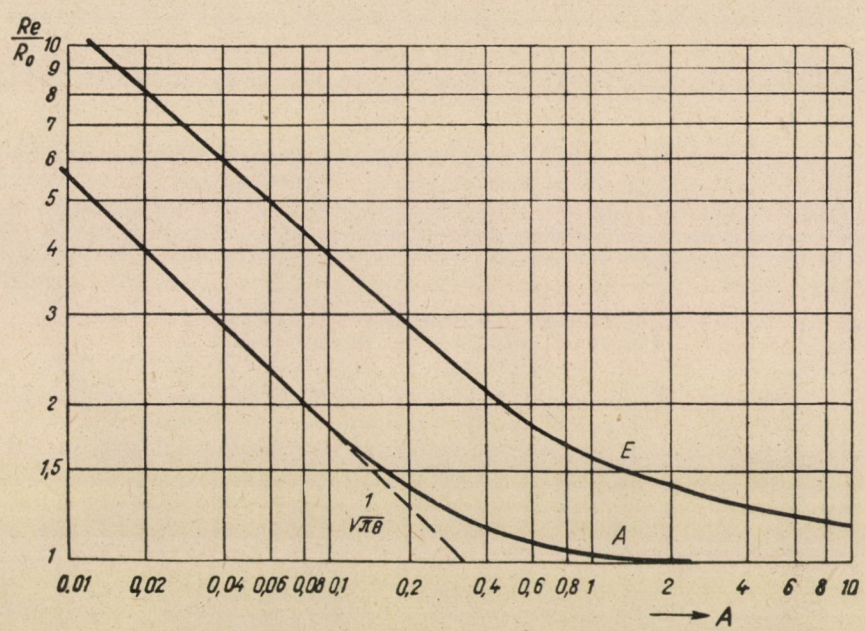
Ez a transzformáció megadja a feszültség egységlökésre eső tranziens ellenállást

$$\frac{R(t)}{R_0} = 1 + \left| \frac{T}{\pi t} + \sum_{\nu=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}} \right|. \tag{21}$$

Ez a kifejezés is világosan mutatja a T időállandó fent megállapított nagy jelentőségét.

A tényleges ellenállás lefolyása az idő függvényében a 2. ábrán látható. T idő eltelte után az ellenállásviszony 1,6.

A vezető reaktanciája és induktanciája nem adódik ki ebből a transzformációból, eltérően a harmonikus rezgések esetétől, ahol az említett mennyi-



2. ábra. Hengeres vezető tényleges ellenállása feszültség egységlökés esetén. *E:* a szabatos megoldás ; *A:* közelítő megoldás. A közelítő megoldás az

$$\frac{R_e}{R_0} = \frac{1}{\sqrt{\pi\Theta}} + erfc\left(\frac{1}{2\sqrt{\Theta}}\right)$$

képletből számítható, ahol *erfc* a kiegészítő hibaintegrált jelenti.

ségek a megoldás képzetes tagjaként fordulnak elő. Az induktanciát ez esetben külön kell kiszámítani a mágneses térerősség és az áram kifejezéséből.

A vezető impedanciáját a belső és külső erőtérnek megfelelően két összetevőre szokás bontani :

$$L = \frac{\Phi_e + \Phi_i}{I} = L_e + L_i \,. \tag{22}$$

A következőkben javaslatot teszünk arra, hogy a hengeres vezetőknél csak ezt az L_i belső összetevőt számítsuk ki, mert a külső összetevő csak a teljes áramkör geometriai alakjától függ. Abból a célból, hogy az r sugáron belüli induktanciát megkapjuk, ki kell fejeznünk a mágneses térre vonatkozó (10)

képlet segítségével a változó r és a külső, a sugár közé eső mágneses fluxust

$$\mathscr{L}\,\Phi_{ir} = \mu\, l \int_r^a h_r\, dr = \frac{\mu\, l\, \sigma\, r}{k\, r} \cdot \frac{\int_r^a J_1(kr)\, dr}{J_0(ka)} = \frac{\mu\, \sigma\, l\, r^2}{(kr^2)} \cdot \frac{J_0(kr) - J_0(ka)}{J_0(ka)} . \tag{23}$$

Ez a belső fluxus az r sugarú henger belsejében folyó teljes árammal kapcsolódik és a mágneses kör törvényéből, valamint a (10) alatti összefüggésből számítható ki

$$\mathscr{L}\, I_r = 2\pi\, r\, h_r = \pi\, r^2\, \sigma\, \frac{\frac{2}{kr} J_1(kr)}{J_0(ka)} . \tag{24}$$

Az r sugárhoz tartozó belső induktancia

$$\mathscr{L}\, L_{ir} = \frac{\Phi_{i\,r}^{\,a}}{I_{r\,0}^{\,r}} = \frac{\mu\, l}{2\pi} \cdot \frac{J_0(ka) - J_0(kr)}{-kr\, J_1(kr)} . \tag{25}$$

Ha ezt a kifejezést az

$$\mathscr{L}\, L_{ir} = \frac{\mu\, l}{2\pi} \cdot \frac{2}{(kr)^2} \cdot \frac{[J_0(kr) - J_0(ka)]}{\frac{2}{kr} J_1(kr)} = \frac{\mu\, l}{2\pi} \frac{F(p)}{G(p)} \tag{26}$$

alakban írjuk fel, akkor megjegyezhetjük, hogy mind a számláló, mind a nevező p összetartó sora és, hogy a tört elég nagy sugarú körön belül zérus felé tart. A kezdőpontbeli pólusra kifejtett hatása

$$F(0) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{a}{r}\right)^{2n} - 1}{2^{2n} \cdot n\,!^2} .$$

A reziduum-tételt alkalmazva, azt kapjuk, hogy

$$p \frac{d}{dp} G(p) = J_0(kr) - \frac{2}{kr} J_1(kr) ,$$

amelynek a megoldása

$$L_i(r,t) = \frac{\mu\, l}{\pi} \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{a}{r}\right)^{2n} - 1}{2^{2n}\, n\,!^2} - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{J_0(\gamma_\nu) - J_0\left(\gamma_\nu \frac{a}{r}\right)}{\left(\frac{a}{r}\gamma_\nu\right)^2 J_0\left(\gamma_\nu \frac{a}{r}\right)} \cdot e^{-\left(\frac{\gamma_\nu}{2} \cdot \frac{a}{r}\right)^2 \frac{t}{T}} \right. . \tag{27}$$

Ez a képlet a belső induktancia idő szerinti változását fejezi ki egy közbenső r sugáron.

Jóval szabatosabb meghatározást ad az a külső sugárra vonatkoztatott belső induktancia. A (23) kifejezésből, amely a fluxus változását adja meg a sugár függvényében az

$$\mathscr{L}\,\bar{\Phi} = \frac{1}{\pi a^2}\int_0^a \mathscr{L}\,\Phi_{ir}\,2\pi r\,dr = \frac{\mu\sigma l a^2}{(ka)^2}\,\frac{J_0(ka) - \frac{2}{ka}J_1(ka)}{J_0(ka)} \tag{28}$$

képlet segítségével a teljes keresztmetszetre vonatkozó középérték vezethető le.

A teljes áram a (24) összefüggéshez hasonlóan a következőképpen adódik

$$\mathscr{L}\,I_a = 2\pi a\,h_a = \pi a_2 \sigma \frac{\frac{2}{ka}J_1(ka)}{J_0(ka)}\,. \tag{29}$$

Ilyen módon a belső induktancia kifejezése a fluxus és a teljes áram viszonyából számítható ki.

$$L_{ie}(p) = \frac{\mu l}{2\sigma}\,\frac{J_0(ka) - \frac{2}{ka}J_1(ka)}{-ka\,J_1(ka)}\,. \tag{30}$$

Az argumentumok tiszta képzetes számok. Vezessük be a $ka = iy$ jelölést. A függvény viselkedése a $p = 0$ kezdőpont környezetében a képzetes változós Bessel-függvények abszolút összetartó sorainak a vizsgálatából folyik

$$J_0(iy) = 1 + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{1!^2} + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^4}{2!^2} + \ldots$$

$$\frac{2}{iy}J_1(iy) = 1 + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{1.2} + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^4}{1.2.2.3} + \ldots$$

Írjuk fel a (30) tört számlálóját és nevezőjét a

$$J_0(iy) = \frac{2}{iy}J_1(iy) = \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^4}{2\cdot 3} + \ldots$$

$$-iy\,J_1(iy) = \frac{y^2}{2}\left[1 + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{1\cdot 2} + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^4}{1\cdot 2\cdot 2\cdot 3} + \ldots\right]$$

sorok segítségével. Ha e két sort elosztjuk egymással, akkor azonnal látjuk hogy a tört határértéke az $y = 0$ helyen 1 : 4. Következésképpen azt kapjuk, hogy

$$\lim_{p\to 0} L_{ia}(p) = \frac{\mu l}{2\pi} \cdot \frac{1}{2^2} = \frac{\mu l}{8\pi} \tag{31}$$

az állandósult induktancia pontos értéke. Ez egyben a számítás ellenőrzése is.

Annak elkerülésére, hogy a (30) tört a 0/0 határozatlan alakú legyen, elosztjuk mind a számlálót, mind a nevezőt a $-\frac{1}{2}y^2$ kifejezéssel:

$$F_1(p) = \frac{2}{y^2}\left[J_0(iy) - \frac{2}{iy}J_1(iy)\right] = \frac{1}{2^2} + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{2^2 \cdot 3} + \dots$$

$$\dots G_1(p) = \frac{2}{iy}J_1(iy) = 1 + \frac{\left(\frac{1}{2}y\right)^2}{1 \cdot 2} + \dots$$

Ezzel az induktancia Laplace-transzformáltja két teljes p függvény hányadosának alakját kapja, amelyek elég nagy körön belül eltűnnek. A nevező pólusai a képzetes tengelyen helyezkednek el. Értékük

$$p_\nu = -\frac{\gamma_\nu^2}{a^2 \mu \sigma} = -\left(\frac{\gamma_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T},$$

ahol a $\gamma_\nu - k$ a $J_1(\gamma) = 0$ egyenlet gyökei.

Ha kiszámítjuk a

$$p\frac{d}{dp}G_1(p) = J_0(iy) - \frac{2}{iy}J(iy)$$

kifejezést, akkor azt látjuk, hogy ez a kifejezés az $F_2(p)$ függvény egyik tényezője. A megoldás tehát –

$$L_{ie}(t) = \frac{\mu l}{2\pi}\left[\frac{1}{4} - \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\gamma_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\frac{1}{2}\gamma_\nu^2}\right]. \tag{32}$$

$t = \infty$ esetén az induktancia valósan e állandósult érték felé tart.

$t = 0$ esetén az exponenciális függvény egyenlő az egységgel, a zárójelek közötti kifejezés pedig zérussal, a

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\frac{1}{2}\gamma_\nu^2} = \frac{1}{4} \tag{33}$$

azonosság értelmében.

Ezekben a kifejezésekben a tranziens állapotot olyan végtelen sok tagból álló összegek adják meg, amelyek $t = \infty$ esetén a zérus felé tartanak, a fennmaradó többi tag az állandósult, vagyis az állandó egyenáramnak megfelelő állapotot jellemzik. A tisztán tranziens jelenség úgy különíthető el, ha alkalmazzuk a szuperpozíció elvét és elszigeteljük az ahhoz a jelenséghez tartozó végtelen összegeket, amelyek akkor mutatkoznak, amikor az $E_e = 1$ felületmenti tangenciális villamos tér az állandósult állapotból zérusra csökken és a rendszer külső energiaellátás nélkül, magára marad. Vizsgálva ezt az esetet, számítsuk ki a rendszer energia paramétereit úgy, hogy az állandósult állapotot kizárjuk. És valóban, ha a rendszerre feszültség-egységlökést adunk, akkor az energia állandósult állapotban a végtelen felé tart, míg a külső energiaforrás nélkül magára hagyott rendszer energiatartalma véges és ez utóbbi maga a tranziens energia.

A vezető energia-paraméterei az időegységre vonatkoztatott energia megmaradás elvéből, vagyis a teljesítmények egyensúlyából határozhatók meg.

$$\oint_s S\,ds = \Psi + \frac{\partial W_e}{\partial t} + \frac{\partial W_m}{\partial t}. \tag{34}$$

Ez az egyenlet azt fejezi ki, hogy a vizsgálat tárgyát képező zárt felületen keresztül az időegység alatt kisugárzott energia egyenlő a felület által bezárt térrészben az időegység alatt jelentkező Ψ hő- és vegyi energiának, továbbá a villamos és mágneses tér W_t és W_m időbeli változásának összegével. S az Umow-Poynting-vektor a vezető felületén

$$S(\vec{a}, t) = E(a, t) \cdot H(a, t).$$

Tisztán tranziens jelenség esetén a villamos tér a vezető felületén zérusértékre csökken, S is zérus és — e pillanattól kezdve — a villamos tér energiája állandó. A teljesítmény-egyensúly egyszerűen csak

$$\Psi = -\frac{\partial W_m}{\partial t}, \tag{36}$$

vagyis, ha a villamos-vegyi hatás elhanyagolható, akkor a hőhatás teljes egészében felemészti a belső mágneses energiát.

Mindkét mennyiség könnyen kiszámítható a tiszta tranziens jelenségre vonatkozó, előbb említett kifejezésből. A fajlagos hőteljesítmény és a térfogategységre eső energia a

$$\psi = Ej = \sigma E^2 \qquad \text{és a} \qquad -w = \int_0^\infty \psi \, dt .$$

A teljes hőteljesítmény és hőenergia

$$\Psi = \int_\tau \psi \, dt \qquad \text{és} \qquad -\omega = \int_0^\infty \psi \, dt .$$

Behelyettesítve most a végtelen sorok összegét, az eredmény kétszeresen végtelen négyzetes alakot ad

$$\psi(r, t) = \sigma E_e^2 \sum_{\nu=1,\ \mu=1}^{\infty\ \infty} \frac{J_0\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_0\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right) e^{-\frac{1}{2^2}(\beta_\nu^2 + \beta_\mu^2)\frac{t}{T}}}{\frac{1}{4} \beta_\nu \beta_\mu J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)} \frac{W}{m^3} . \tag{37}$$

Ha ezt a kifejezést $t = 0$ és $t = \infty$ időhatárok között integráljuk, akkor megkapjuk a keresztmetszet egyes sugarainak megfelelő nívófelületen fejlődő hőenergiát

$$w(r) = \sigma E_e^2 T \sum_{\nu=1,\ \mu=1}^{\infty\ \infty} \frac{J_0\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_0\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right)}{\frac{1}{2^3} \beta_\nu \beta_\mu (\beta_\nu^2 + \beta_\mu^2) J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)} \frac{J}{m^3} . \tag{38}$$

E kifejezések integrálásakor figyelemre méltó egyszerűsítési lehetőségek jelentkeznek a függvények következő tulajdonságának eredményeképpen: a

$$\varphi_\nu = \frac{\sqrt{2}}{a} \cdot \frac{J_0\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right)}{J_1(\beta_\nu)} \tag{39}$$

függvények a vizsgált rendszer normális és orthogonális saját függvényeinek (Eigenfunktionen) teljes csoportja, amelyekre nézve

$$\int_0^a \varphi_\nu \varphi_\mu r \, dr = 0 , \qquad \text{ha } \nu \neq \mu ,$$

$$\int_0^a \varphi_r^2 r \, dr = 1 , \qquad \text{ha } \nu = \mu .$$

A (37) alatti kétszeresen végtelen összeg tagjai valóban a következők

$$\frac{a}{\beta_\nu}\varphi_\nu e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2\frac{t}{T}}$$

és így a térfogati integrálás eredménye

$$\psi(t) = \pi a^2 l \sigma E_e^2 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2} e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2\frac{t}{T}}. \tag{40}$$

Az idő szerinti integrálás a $\pi a^2 l = \tau$ jelölés bevezetésével adja, hogy

$$W = \int_0^\infty \psi(t)\,dt = \frac{1}{2}\tau\sigma E_e^2 T \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{2^4}{\beta_\nu^4} = \frac{1}{4}\tau\sigma E_a^2 T. \tag{41}$$

Állandó permeabilitású közegben a mágneses energia sűrűségét a (16) összefüggés segítségével számítjuk ki, ha azt a tranziens tagra korlátozzuk

$$w(r,t) = \frac{\mu}{2} H^2(r,t) =$$

$$= \frac{\mu}{2}\left(\frac{\sigma E_e a}{2}\right)^2 \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_1\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right) e^{-\left[\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta_\mu}{2}\right)^2\right]\frac{t}{T}}}{\frac{1}{2^4}\beta_\nu^2\beta_\mu^2 J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)}. \tag{42}$$

Az időbeli változást differenciálás útján kapjuk meg. Ha bevezetjük a $2/T = 2.\ 4/a^2\mu\sigma$ jelölést, akkor

$$\frac{\partial w_m}{\partial t} = \frac{1}{2}\sigma E_e^2 \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{\left[\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta_\mu}{2}\right)^2\right] J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_1\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right)}{\frac{1}{2^4}\beta_\nu^2\beta_\mu^2 J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)} \cdot e^{-\left[\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta_\mu}{2}\right)^2\right]\frac{t}{T}}. \tag{43}$$

A keresztmetszetre elvégzett integrálás, a fentiekkel azonos tulajdonságok alapján, számottevő egyszerűsítést eredményez, amely a következő

$$\int_0^a J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_1\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right) r\,dr = 0, \qquad \nu \neq \mu,$$

$$\int_0^a \left[J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right)\right]^2 r\,dr = \frac{a^2}{2}\left[J_1(\beta_\nu)\right]^2.$$

Így azt kapjuk, hogy

$$-\frac{\partial W_m}{\partial t} = \tau \sigma E_e^2 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2},$$

ami azonos a (40) kifejezéssel.

A hőenergia eloszlása a keresztmetszeten rendkívül hasznos a vezetőkön mutatkozó hőmérséklet emelkedés számítása szempontjából. A keresztmetszeti eloszlást a (38) kifejezés tanulmányozása útján kapjuk meg. E kifejezés r szerinti differenciálhányadosa

$$\frac{\partial}{\partial r} w(r) = -\frac{\sigma E_e^2 T}{a} \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{\beta_\nu J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_0\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right) + \beta_\mu J_1\left(\beta_\nu \frac{r}{a}\right) J_1\left(\beta_\mu \frac{r}{a}\right)}{\frac{1}{2^3}(\beta_\nu^2 + \beta_\mu^2)\beta_\nu \beta_\mu J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)}$$

olyan kifejezés, amely mind az $r = 0$, mind az $r = a$ értéknél zérussá válik. A maximumot az $r = 0$ helyen a

$$w(0) = \sigma E_e^2 T \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{1}{\frac{1}{2^3}(\beta_\nu^2 + \beta_\mu^2)\beta_\nu \beta_\mu J_1(\beta_\nu) J_1(\beta_\mu)}$$

kifejezés adja meg.

A 3. ábra a $w(r)$ függvényt, tehát a hőhatás keresztmetszeti eloszlását szemlélteti. A $t \gg T$ időértékeknél ezt az eloszlást meglevőnek tekintjük és a hőmérsékleti tér számításakor kiindulásul vehetjük fel.

A fenti energiaértékekből a tisztán tranziens jelenségekre vonatkozóan még más, hasznos paraméterek is levezethetők.

A teljes tranziens áram kifejezéséből

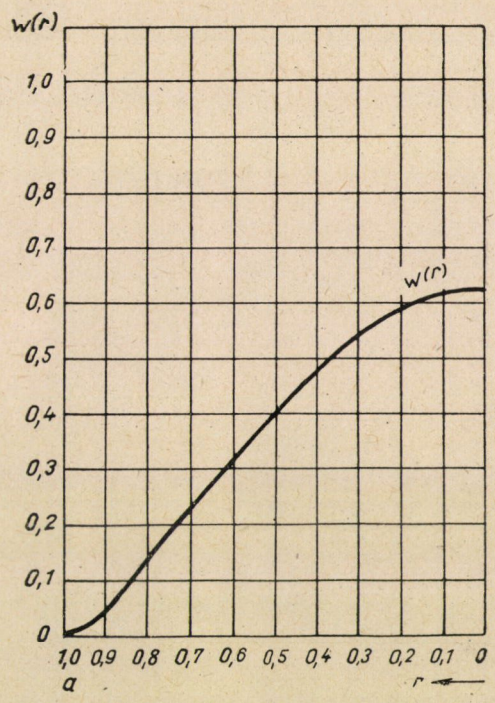
$$I(t) = \pi a^2 \sigma E_e \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 \frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2}, \tag{44}$$

ahol $I_0 = \pi a^2 \sigma$, E_e pedig az egyenáramú érték. Most már mind a számtani középarányos, mind az effektív érték kiszámítható:

$$I_m = \frac{1}{T} \int_0^{\infty} I(t)\, dt = I_0 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^4} = \frac{1}{2} I_0 . \tag{45}$$

Valóban, ha a teljes áram kifejezését négyzetre emeljük

$$I^2(t) = I_0^2 \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{e^{-\left[\left(\frac{\beta_\nu}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta_\mu}{2}\right)^2\right]\frac{t}{T}}}{\left(\frac{1}{2}\beta_\nu\right)^2 \left(\frac{1}{2}\beta_\mu\right)^2}, \tag{46}$$



3. ábra. A tranziens áram hőhatása, ha a hengeres vezető táplálását megszakítjuk

akkor megkapjuk a T periódusra vonatkozó effektív értéket

$$I_e^2 = \frac{1}{T}\int_0^{\infty} I^2(t)\,dt = I_0^2 \sum_{\nu,\mu=1}^{\infty} \frac{2}{(\beta_\nu^2 + \beta_\mu^2)\,\beta_\nu^2 \beta_\mu^2}. \tag{47}$$

E kétszeresen végtelen összeg numerikus számítása az 1/5 értéket adja. Ha a teljes hőenergiát az áram négyzetének és az egyenáramú ellenállásnak a szorzatából állapítjuk meg

$$W = R_0 \int_0^{\infty} I^2(t)\,dt = \frac{1}{5} I_0^2 R_0 T,$$

akkor a (41) szabatos képlettel megadott valóságos energiaértéknél 25%-kal kisebb értéket ad.

A teljes áram négyzetéből és a mágneses energiából az

$$L_i = \frac{\mu}{2}\frac{W}{I^2} = \frac{\mu l}{2\pi}\frac{1}{\sum_{\nu,\mu=1}^{\infty}\frac{2^6}{(\beta_\nu^2+\beta_\mu^2)\ \beta_\nu^2\beta_\mu^2}} \tag{48}$$

képlet segítségével a belső vezető önindukció tényezője kiszámítható.

Fel kell hívnunk a figyelmet arra a körülményre, hogy az egyenáram mágneses energiája a

$$W_m = \frac{\mu}{2}\int_0^a H^2(r,t)\,2\pi l\,r\,dr = \frac{1}{4}\pi\mu l\int_0^a (\sigma E_r)^2\,r\,dr = \frac{\tau\mu a^2 E_e^2\sigma^2}{16}$$

képletből számítható ki. A képlet lényegesen egyszerűsíthető a T időállandó bevezetésével. Így a (41) összefüggéssel azonos kifejezést kapunk, amely a következővel egyenlő

$$W_m = \frac{\tau\sigma E_e^2 T}{4} = \frac{I_0}{2}\cdot\frac{E_e l}{2}\cdot T = I_m U_m T,$$

ahol $U_m = \frac{1}{2}U_0$ a közepes külső feszültség.

Ez az egyszerű képlet, ahol az energia az áram, a közepes feszültség és az időállandó szorzata, az egyik nyomatékos bizonyítéka az időállandó nagy jelentőségének, amelyet a hengeres vezetőkben keletkező szkin-effektus alapparamétereként jelöltünk meg.

Ezeknek, a külső erőkre vonatkozó eredményeknek ismerete lehetőséget ad arra, hogy a Duhamel-integrál alkalmazásával kiszámítsuk a rendszer viselkedését ugyanezeknek az erőhatásoknak más időfüggvény szerinti lefolyása esetén is. Ilyen módon vezethetjük le, hogy miként viselkedik a vezető a gyakorlatban előforduló feszültség és áram lökőhullámokkal szemben, mint amilyenek például közvetlen villámcsapások következtében mutatkoznak a távvezetékeken.

IRODALOM

1. WEDENSZKIJ, B.: Über die Wirbelströme bei der spontanen Aenderung der Magnetisierung. (Az örvényáramok viselkedése a mágnesezés spontán változásánál.) Ann. der Physik, 1921. 64. k. 7. f.: 609—620. l.
2. PLEIJEL, H.: Vandringsvagor och deras formförändringer under fortplantningen utefter ledningar. (Vándorhullámok és azok alakváltozása a távvezetéken való tovahaladás közben.) Tekn. Tidsk. (E), 1918. 48. k: 129. l.
3. JACOTTET, P.: Einfluss der Stromverdrängung auf die Stirnform von Sprungwellen. (Az áramkiszorítás hatása a lökőhullámok homlokalakjára.) Wiss. Veröff. der Siemens Werke, 1929. 8. k., 3. f.: 54. l.
4. JACOTTET, P.: Dämpfung und Verzerrung kurzer Sprungwellen durch Stromverdrängung im Erdreich. (Rövid lökőhullámok csillapodása és torzulás az áramkiszorítás hatására a földben.) Wiss. Veröff. der Siemens-Werke, 1953. 10. k., 1. f.: 42. l.
5. MOELLER, FR.: Die Abflachung steiler Wellenstirnen unter Berücksichtigung der Stromverdrängung. (Meredek hullámhomlokok ellaposodása az áramkiszorítás figyelembevételе esetén.) Arch. Elektrotechn., 1926. 15. k., 6. f.: 547—573. l.
6. MOELLER, FR.: Über den Einfluss der Wanderwellenvorgänge auf die Abflachung steiler Stirnen. (A vándorhullámok lefolyásának hatása a meredek homlokok ellaposodására.) Arch. Elektrotechn. 1927, 18. k., 7. f.: 399—415. l.
7. RĂDULEȚ, R.: Stirnabflachung rechteckiger Wanderwellen auf Kraftübertragungsleitungen. (Négyszög alakú vándorhullámok homlokának ellaposodása távvezetékeken.) Bull. Math. Phys. Ec. Polytech. Bukarest, 1937, 9. k., 1—3. f.: 95—105. l.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző a hengeres vezető tranziens szkin-effektusának szabatos számítását adja meg. A számítást úgy végzi, hogy a villamos és mágneses tér Maxwell-egyenleteit a keresztmetszet mentén integrálja az esetben, ha a felületet a villamos tér egységlökése éri. Ennek eredménye a vezető „indiciális admittanciá"-ja, valamint olyan kifejezések, amelyek a villamos és mágneses erőtér, a tényleges ellenállás, a belső önindukció, továbbá a tranziens jelenségek által fogyasztott és fejlesztett mágneses és hőenergia eloszlását adják meg. Az eredmények segítséget nyújtanak a lökőhullámok és négyzet alakú lökések okozta szkin-effektus számításához is.

ADALÉKOK AZ IZOTRÓP ANYAGÚ TESTEK RUGALMASSÁGTANÁHOZ*

CSONKA PÁL,
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE, BUDAPEST

[Beérkezett 1956. június 27-én]

A dolgozat tisztázni kívánja, mi a feltétele annak, hogy a homogén, izotróp, tökéletesen rugalmas anyagú testen a $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ derékfeszültségek csak az $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ fajlagos nyúlásoktól, a $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ nyírófeszültségek pedig csupán a $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ szögváltozásoktól függjenek.

A dolgozat kimutatja, hogy ez a követelmény akkor teljesül, ha a feszültségek és alakváltozások közt a

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= 2G\varepsilon_x + f(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z),\\
\sigma_y &= 2G\varepsilon_y + f(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z),\\
\sigma_z &= 2G\varepsilon_z + f(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z),
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tau_{xy} &= G\gamma_{xy},\\
\tau_{yz} &= G\gamma_{yz},\\
\tau_{zx} &= G\gamma_{zx}
\end{aligned}$$

összefüggések érvényesek, ahol $G = \text{konst.}$ Ugyanekkor az alakváltozási jellemzők a feszültségekkel pedig így fejezhetők ki:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_x &= \frac{1}{2G}\sigma_x + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),\\
\varepsilon_y &= \frac{1}{2G}\sigma_y + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),\\
\varepsilon_z &= \frac{1}{2G}\sigma_z + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),
\end{aligned}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy},$$

* Kivonat szerzőnek az Acta Technica *17* (1957) kötetének 355/359. lapján angol nyelven megjelent azonos című tanulmányából.

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz},$$

$$\gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}.$$

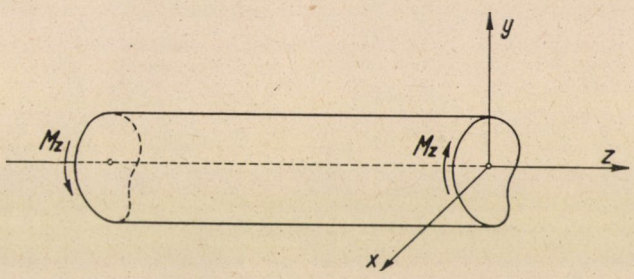
A fenti összefüggések, mint különleges esetet, magukban foglalják a HOOKE-féle rugalmassági egyenleteket is és mintegy azok általánosításának foghatók fel.

A TISZTA CSAVARÁS DE SAINT VENANT-FÉLE ELMÉLETÉNEK ÁLTALÁNOSÍTÁSA*

CSONKA PÁL,
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYETEM SZILÁRDSÁGTANI TANSZÉKE, BUDAPEST

[Beérkezett 1956. július hó 4-én]

E tanulmány célja annak igazolása, hogy a prizmatikus rúd tiszta csavarásának de Saint Venant-féle elmélete egyes oly esetekre is általánosítható, melyekben a rúd anyagának rugalmas viselkedése nem követi a Hooke-féle



1. ábra. Prizmatikus rúd tiszta csavarása

rugalmassági törvényt. Ilyen eset fordul elő mindannyiszor, valahányszor a rúd fajlagos hosszváltozásai csak a derékfeszültségektől, szögváltozásai pedig csak a nyírófeszültségektől függnek.

A bebizonyítandó állítás igazolására tegyük fel, hogy a rúdon (1. ábra) az említett általánosabb esetben is ugyanazok a

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xy} = 0\,, \quad \tau_{yz},\ \tau_{zx}\,, \tag{1}$$

feszültségek keletkeznek, mint a Hooke-féle rugalmassági törvény érvényessége esetében [1]. Ez a feltételezett feszültségrendszer statikai szempontból nyilván lehetséges, kérdés azonban, hogy egyúttal geometriai szempontból is lehetséges-e.

A kérdés eldöntéséhez tudnunk kell, hogy a bevezetésben említett általánosabb esetben az alakváltozási jellemzőkre megoldott rugalmassági egyenletek ilyen alakúak [2] :

* Azonos szerzőnek az Acta Technica *17* (1957) kötetében a 171/173. lapon francia nyelven megjelent tanulmányával.

$$\varepsilon_x = \frac{1}{2G}\sigma_x + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2G}\sigma_y + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{2G}\sigma_z + F(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z),$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}, \qquad \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz}, \qquad \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}.$$

Ezek figyelembevételével az alakváltozási jellemzőkre az

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_z = \tau_{xy} = 0,$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz}, \quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx} \tag{2}$$

értékeket kapjuk. Minthogy a fenti értékek pontosan megegyeznek a Hooke-féle rugalmassági törvény esetében kiadódó alakváltozási értékekkel, melyek pedig geometriai szempontból lehetséges alakváltozást jellemeznek, nyilvánvaló, hogy esetünkben is geometriai szempontból lehetséges alakváltozással van dolgunk.

Ezzel beigazoltuk, hogy az általunk tárgyalt általánosabb esetben a tiszta csavarás okozta feszültségek és alakváltozások ugyanúgy számíthatók, mint a Hooke-féle rugalmassági törvény esetében. Így a tiszta csavarás de Saint Venant-féle elmélete az általunk vizsgált általánosabb esetben is változatlanul érvényes.

Végezetül megjegyezzük, hogy a fentiekben alkalmazott megfontolások a tiszta húzás, illetve tiszta nyomás esetére is alkalmazhatók. Ilyenkor is ugyanazok a képletek használhatók, mint a Hooke-féle rugalmassági törvény érvényessége esetében.

IRODALOM

1. GRAMMEL, R.: Handbuch der Physik, Band VI.: Mechanik der elastischen Körper. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928.
2. CSONKA P.: Adalékok az izotróp anyagú testek rugalmasságtanához. A *MTA Műsz. Oszt. Közleményei* **22** (1957), pp. 75—76.

ÖSSZEFOGLALÁS

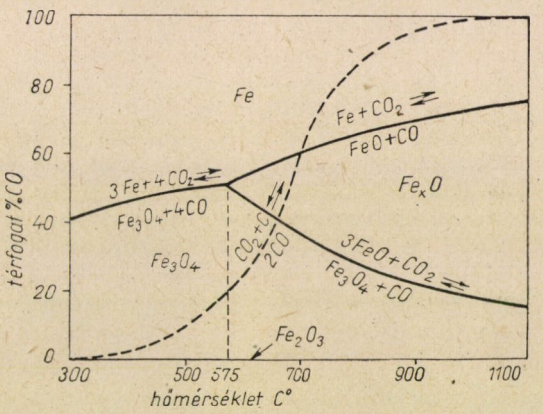
A tanulmány kimutatja, hogy a prizmatikus rúd tiszta csavarásának de Saint Venant-féle elmélete a Hooke-féle rugalmassági törvényt nem követő anyagból levő rudakra is érvényes, feltéve, hogy a fajlagos hosszváltozások csak a derékfeszültségektől, a szögváltozások pedig csupán a nyírófeszültségektől függnek.

LENGYEL VASÉRCPÖRKÖLÉSI KÍSÉRLETEK*

F. LĘCZNAR (Kraków) és TARJÁN GUSZTÁV (Sopron)

[Beérkezett 1956. december 21-én]

A vasoxidok, a C és a CO/CO_2 gázkeverék rendszerének egyensúly-görbéit a BOUDOUARD-görbével kiegészített BAUR—GLÄSSNER-féle diagram ábrázolja (1. ábra). Az abszcissza a hőmérsékletet, az ordináta a CO/CO_2 gázkeverékben



1. ábra. A BAUER—GLÄSSNER-féle redukciós egyensúlyi diagram és a BOUDOUARD-görbe

a CO térfogatarányát mutatja. A folytonos vonallal kihúzott görbék három olyan területet határolnak, amelyben a vasoxiduloxid (Fe_3O_4), a vasoxidul (FeO) és a fémvas (Fe) a gázfázissal egyensúlyban lehet. A diagram abszcissza tengelye (0% CO) egyúttal a vasoxid (Fe_2O_3) egyensúly-„görbéje". A Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeO és Fe szilárd fázisok a valóságban bizonyos határok között egymásban

* A gyengén mágneses vasércek (α-Fe_2O_3 hematit, $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ limonit, $FeCO_3$ sziderit stb.) és egyéb vasvegyületek (pl. vasoxidul FeO) erősen mágneses anyaggá (Fe_3O_4 magnetit, γ-Fe_2O_3 maghemit, Fe fémvas) hőkezeléssel való átváltoztatásakor a végeredményt a pörkölés és lehűtés időtartama, hőmérséklete, redukáló, neutrális vagy oxidáló atmoszférája határozza meg a nyersanyag kémiai összetételén, tömörségén, darabnagyságán stb. kivül. A mágneses pörkölés végeredményét meghatározó tényezők megismerését az teszi nálunk időszerűvé, hogy rövidesen üzembe kerül a rudabányai vasércdúsítómű a maga pörkölő kemencéivel. DR. LĘCZNAR F. krakówi kutató szíves beleegyezésével összevontan közlöm „A limonithomok redukálása", „Vasoxidok kihűlése" és „A hőveszteség befolyása vasoxidok átkristályosodására" című értékes közleményeinek lényeges részét. — TARJÁN G.

oldódnak. Ezért pl. a FeO területén a FeO és Fe_3O_4 gyengén mágneses szilárd oldata (wüstit) keletkezhetik. Minél több az oldatban a FeO, annál kisebb a mágnesessége. A vegyi egyensúly feltételei megváltoznak, ha a CO/CO_2 gázkeverék mellett a redukcióban szilárd C (szén) is részt vesz. Ekkor az egyensúly-diagramban berajzolt szaggatott görbe, a BOUDOUARD-görbe is szerephez jut: szilárd C jelenlétében vegyi egyensúly csak e görbén lehetséges. Erősen mágneses anyagot kapunk akkor is, ha a hatszögű kristályrendszerű hematitot (α-Fe_2O_3) — megfelelő hőkezeléssel — a magnetit kristályrácsával megegyező szabályos rendszerű γ-Fe_2O_3-má, maghemitté alakítjuk, vagy a magnetitet γ-Fe_2O_3-má oxidáljuk. A hematit (α-Fe_2O_3) fémvassá való redukálásáig fokozatosan egymás után következő fázisok: α-$Fe_2O_3 \rightarrow \gamma$-$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow$ $\rightarrow$ Fe. Oxidáláskor megfordított sorrend vezet a fémvastól a hematitig. A redukálás vagy oxidálás sebessége a hőmérséklettel erősen változik. Ezért ha a hőmérséklet és a CO/CO_2 gázkeverék aránya meg is határozza az 1. ábra szerint a reakció lefolyásának az irányát, ez nem azt jelenti, hogy valamelyik cserebomlás egyik vagy másik irányban azonnal és teljesen végbemegy. A reakciók lefolyása ui. az időtől is függ.

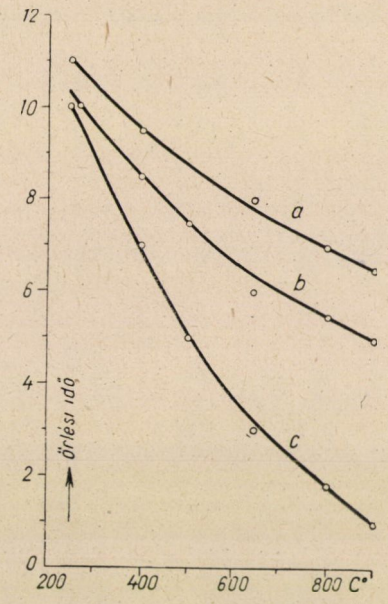
I. Vashomokkő (limonit homok) redukálása

A lengyel limonitércek részben barnavasércek, részben gyepércek. Az utóbbiak keménysége jelentékeny, vastartalma 22—45% között változik, színük sárgásbarna-sötétbarna, fajsúlyuk 3—4, sőt ennél is több, a Fe-tartalomtól függően. Agyag és gyakran 50 súlyszázalékot is meghaladó kvarchomok szennyezi; a SiO_2 szemcsék nagysága 1 mm is lehet. Értékes kísérőanyagként mangánoxidok vannak a nyersércben.

Az ércdarabokat felhevítve a vízveszteség és az ásvány-komponensek hőkiterjedési együtthatóinak különbsége jellegzetes szerkezetváltozást okoz: a kvarcszemcsék és az érctömeg határfelületén repedések támadnak és az érc törékennyé válik. Tehát az őrlési munkaszükséglet csökken és a feltárás (az egyes ásványszemcsék szabaddá válása) javul. Ezt a hatást a felhevített anyag hirtelen lehűtése még fokozza. Magas hőmérsékleten redukálva a limonitot, az különösen törékennyé és a kvarcszemcséktől jól elválaszthatóvá válik. A 2. ábra különböző hőmérsékletre hevített és *a* levegőn hűtött, *b* vízben hűtött, *c* redukálás után tégelyben hűtött limonithomok azonos finomságra való őrléséhez szükséges őrlési időt tünteti fel.

Starachowice környékéről származó limonithomok darabokkal és változó mennyiségű faszénnel töltött tégelyeket különböző időtartamig (az időt a kemence és tégely hőmérsékletének kiegyenlítődésétől kezdve mértük) adott hőfokú kemencében hevítve, majd a tégelyt a kemencéből kivéve és szabad levegőn lehűtve, a redukált ércet felőröltük és mágneses szeparátorra adtuk,

a mező erősségét mindegyik próbánál ugyanakkorára választva. A mágneses szeparálás mágneses termékének súlyszázalékát az egyes próbáknál az 1. táblázat mutatja. (500 C° hőmérsékleten 270 perc pörkölési idő mellett is csak 10 súlyszázalék volt a mágneses rész. E limonithomok redukciójára tehát 500 C° [vagy ennél kisebb] hőmérséklet sem a redukciós idő, sem a redukció foka szempontjából nem volt megfelelő.) Grafikusan a 3. ábra tünteti fel az eredményeket,



2. ábra. Azonos mérvű őrléshez szükséges őrlési idő változása a limonithomok különböző mérvű felhevítésével, *a* levegőn, *b* vízben, *c* redukció után hűtve

ahol az egyes diagramok ordinátája a mágneses rész (koncentrátum) súlyszázaléka ($s\%$), az abszcissza tengely az $a—g$ diagramoknál a redukálásra használt faszén százalékos mennyisége (C%), $h—i$ diagramoknál a redukálás időtartama (perc).

A 3. ábrából kitűnik, hogy megfelelő redukció adott hőmérsékleten a reduktor (faszén) mennyiségétől függ; ez határozza meg az oxigénelvonás mértékét, illetve a redukciós stádiumot (Fe_3O_4, FeO, Fe) egy bizonyos pörkölési idő esetén. Pl. 20 percet választva pörkölési időnek (f diagram) 650 C° hőmérsékleten a mágneses redukció görbéje enyhén emelkedik a szénmennyiség növekedésével. 750 C° hőmérséklet elegendő a Fe_3O_4 stádium elérésére, egész kis mennyiségű szén felhasználásával is; nagyobb szénmennyiség sem okoz 20 perc alatt a Fe_3O_4 állapoton túlmenő redukciót. A 850 és 950 C° hőmérsékletek 20 perces görbéi ellenben bizonyos faszénmennyiségeknél hirtelen esnek, a FeO stádium keletkezésekor minimumot mutatnak, ezután a reduktor mennyiségének növekedésével lassan emelkedve átlépnek a következő Fe stádiumba.

1. táblázat

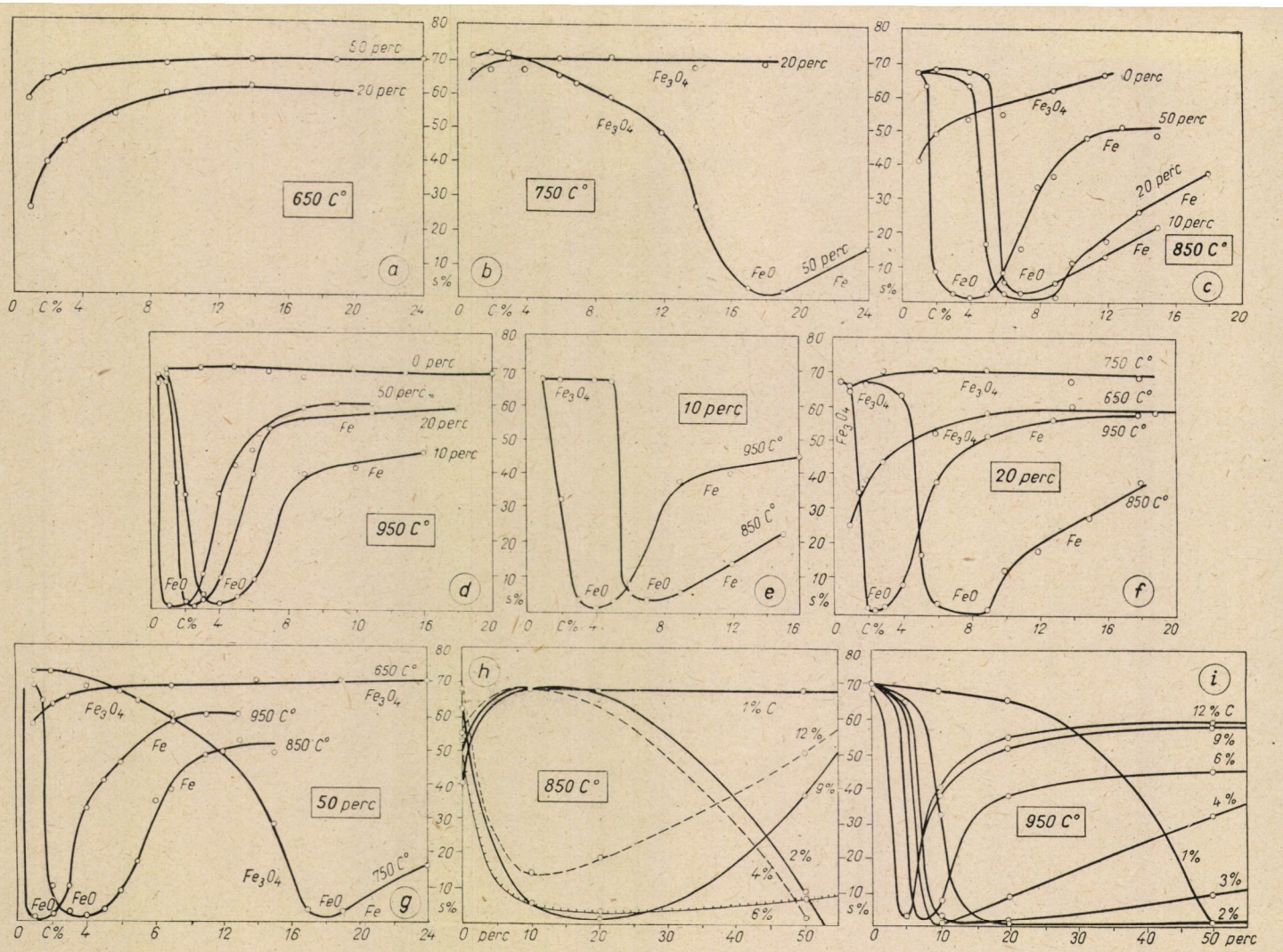
Szén C%	650 C°		750 C°		850 C°				950 C°			
	20	50	20	50	0	10	20	50	0	10	20	50
	perc		perc		perc				perc			
1	25,0	56,8	66,3	71,1	40,9	67,1	66,2	67,2*	69,2	67,9	65,1**	0,1
2	37,7	62,5	66,6	71,4	48,6	67,5	66,6	9,5	—	31,5	1,1	1,0
3	44,1	64,8	70,3	71,3	53,8	—	—	1,8	69,9	3,6	2,0	9,5
4	—	—	—	67,0	—	67,1	63,4	1,0	—	0,9	8,4	31,8
5	—	—	—	—	—	66,5	16,9	2,7	70,0	3,3	—	40,3
6	52,3	67,9	70,4	65,3	54,9	5,5	3,2	8,0	—	7,9	38,1	45,1
7	—	—	—	63,6	—	3,4	—	15,8	69,0	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	34,4	—	—	—	—,
9	58,8	69,0	70,8	59,3	61,9	5,6	1,2	37,3	67,0	38,3	51,6	58,0
10	—	—	—	—	—	—	12,3	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	48,4	—	—	—	59,7
12	—	—	—	49,1	67,0	14,4	18,5	—	69,0	40,0	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	51,8	—	—	56,6	59,2
14	61,5	69,1	67,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	27,0	—	22,5	27,6	48,9	68,0	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,1	—	—
17	—	—	—	3,1	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	69,2	—	—	—	38,3	—	—	—	58,5	—
19	59,0	69,2	—	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	67,8	—	—	—
24	—	—	—	15,1	—	—	—	—	—	—	—	—

*1,5 C%-kal s = 63,1

**0,5 C%-kal s = 67,3%
1,5 C%-kal s = 34,9%
2,5 C%-kal s = 0,8%

A limonithomokok pörkölésének hosszabb időtartama a görbék minimumát a koordinátarendszer kezdőpontja felé tolja el, a FeO terméket kevesebb szén felhasználásával kapjuk meg. 50 perces időtartam (*g* diagram) például elegendőnek mutatkozik a FeO stádium elérésére 750 C° hőmérsékleten már 18% szén esetén. E görbe alatti terület képviseli a mágneses anyagot (leszálló ágon Fe_3O_4, emelkedő ágán Fe), a görbe feletti terület a nem-mágneses anyagot (FeO). A redukció mindhárom stádiuma (Fe_3O_4, FeO és Fe) a limonithomokok pörkölésekor már 750 C° hőmérsékleten is mutatkozik. Nagyobb hőmérsékleten az oxigén elvonás sebessége növekszik, a redukció időtartama pedig csökken.

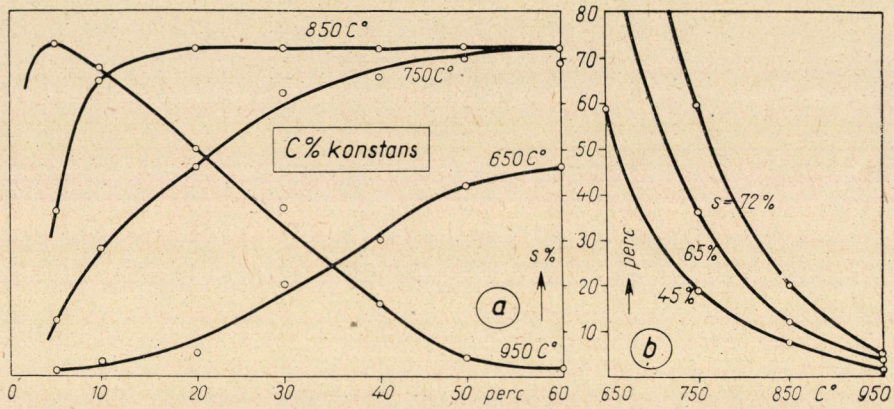
Egy másik, állandó faszén-mennyiséggel végzett kísérletsorozat eredményeit a 2. táblázat és a 4. ábra tünteti fel. Itt az *a* diagram a mágneses rész súlyszázalékát (*s*%) mutatja a pörkölési idő függvényében, különböző pörkölési hőfokoknál, a *b* diagram pedig arról tájékoztat, hogy e kísérletsorozatnál $s = 72, 65$, illetve 45% mágneses rész eléréséhez különböző redukálási hőmérsékleten mennyi pörkölési időre volt szükség. 650 C° hőmérsékleten pl. 60 perc elteltével az anyagnak alig 45%-a a mágneses termék (Fe_3O_4), 750 C°-on ugyanennyi idő alatt a pörkölt anyag 72%-a — gyakorlatilag a vasoxid teljes mennyisége — mágnesessé vált. Ugyanehhez az eredményhez 850 C°-on 18 perc alatt, 950 C°-on 3 perc alatt eljutunk. 72% mágneses termék eléréséhez szükséges



3. ábra. Limonithomokok redukciós görbéi. *s%* mágneses termék súlyszázaléka, C% a redukáláshoz használt faszén súlyszázaléka, C° a redukálás hőfoka, *perc* a redukálás időtartama a tégely és kemence hőfokának kiegyenlítődésétől számítva

2. táblázat

idő, perc	Pörkölési hőfok			
	650°	750°	850°	950°
5	1	12	36	73
10	3	28	65	68
20	5	46	72	50
30	20	62	72	37
40	30	66	72	16
50	42	70	72	4
60	46	72	69	2



4. ábra. Limonithomok redukciós görbéi

redukciós idők 950, 850, 750, 650 C° hőmérsékleten úgy aránylanak, mint 1 : 6 : 20 : 40. A Fe_3O_4-nek FeO-vá való redukciója és a FeO-nak Fe állapotba való redukciója kis hőfokon lassan következik be, még nagy mennyiségű reduktor alkalmazásakor is, de nagy hőfokon, főleg a szénmennyiség növelésekor gyorsan következik be.

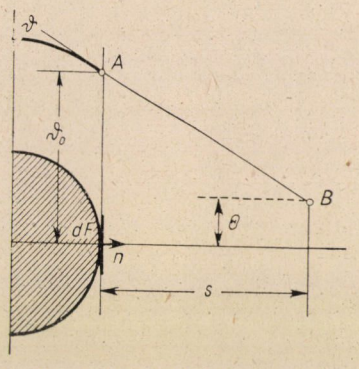
II. Vasoxidok kihűlése

Felhevített vasoxidok levegőn történő lehűlésekor a test magjától a felület felé vezetett hő a felületről sugárzás, vezetés és áramlás útján távozik, s egyidejűleg a levegő a felületről a test belseje felé diffundál. Ennek következtében a test kívülről befelé rétegről rétegre oxidálódik. Gyors vagy lassú hűtéssel a folyamat végén kapott termék minőségét, annak mágneses vagy nem-mágneses jellegét szabályozhatjuk. A lehűlés sebessége annál nagyobb, minél kisebb a test térfogata (tömege) és minél nagyobb a felülete.

A hővezetés, áramlás és sugárzás egyidejűleg mutatkozik, így a hűtés folyamata bonyolult jelenség. A hűtés Newton-féle törvénye : $dq^2 = \alpha(\vartheta_0 - \Theta)$

$dF\,dt$ azon a feltevésen alapszik, hogy a dq hőmennyiség, amelyet a ϑ_0 hőmérsékletű dF felületelem dt idő alatt átad a Θ hőmérsékletű környezetnek, arányos a $(\vartheta_0 - \Theta)$ hőfokkülönbséggel, a dF felülettel és a dt idővel. α hőátvételi együttható dimenziója Kcal m^{-2} h^{-1} $°C^{-1}$. A dF felületről távozó dq hőmennyiségnek a test belsejéből kell pótlódnia hővezetés útján. Ezt a hőmennyiséget a következő egyenlet fejezi ki: $dq^2 = -\lambda[\mathrm{grad}_n\vartheta]_0\,dF\,dt$, ahol λ a hővezetés együtthatója. A két egyenletből kapjuk, hogy

$$[\mathrm{grad}_n\vartheta]_0 = -\frac{\alpha}{\lambda}(\vartheta_0 - \Theta) = -h(\vartheta_0 - \Theta) = -\frac{\vartheta_0 - \Theta}{s}.$$



5. ábra. A hűlő golyó felületi hőmérsékletének meghatározása grafikus úton

$h = \frac{\alpha}{\lambda}$ dimenziója m^{-1}. Reciprok értéke $s = 1/h$ egy bizonyos távolságot jelent. A felülettől s távolságban van B iránypont, amelyen keresztülmennek a test hőmérséklet-görbéihez a felületen (A pontban) húzott érintők (5. ábra). GRÖBER und S. ERKE: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung. Berlin, 1933. c. mű 24, 25, 26. ábrái segítségével meghatározhatók a hűlés különböző időpontjaiban a felületre, illetve középpontra vonatkozó ϑ_0/ϑ_c és $\vartheta_{kp}/\vartheta_c$ hőfok értékek, valamint a test hőveszteségére vonatkozó q/q_c érték. A hőmérsékletet C fokokban $T = \Theta + (\vartheta_0 - \Theta)\frac{\vartheta}{\vartheta_c}$ egyenlet, a hőveszteséget $Q = Q_0\,q_c$ egyenlet szolgáltatja.

4,7 cm átmérőjű 146,7 g súlyú, 850 C°-ra felhevített magnetit golyó *a* áramló levegőben 8 perc alatt, *b* álló levegőben 35 perc alatt hűlt le 50—60 C°-ra. α (Kcal m^{-2} h^{-1} fok^{-1}) értéke 150 az *a* esetben, 37,5 a *b* esetben; a hővezetési együttható (Kcal m^{-1} h^{-1} fok^{-1}) megnetitre $\lambda = 4{,}5$ értékű; a fajsúly $\gamma = \left[\frac{146{,}7 \cdot 3}{4 \cdot 2{,}35^3 \cdot 3{,}14}\right] = 2700$ kg m^{-3}, a fajhő magnetitre $c = 0{,}22$ Kcal kg^{-1} fok^{-1}; tehát $Q_0 = \frac{4}{3}R^3\pi\gamma c(\vartheta_0 - \Theta) = \frac{4}{3} \cdot 2{,}35^3 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}7 \cdot 0{,}22\ (850-50) = 25{,}8$ Kcal; $s = 1/h = \lambda/\alpha$ az *a* esetben $4{,}5/150 = 0{,}03$ m, *b* esetben $\frac{4{,}5}{37{,}5} = = 0{,}12$ m.

3. táblázat

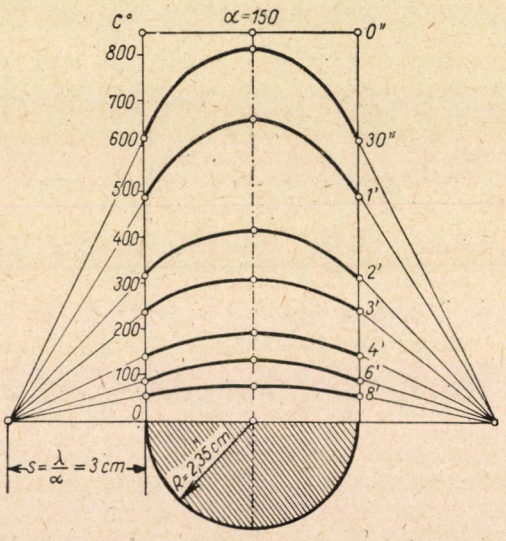
$\vartheta_0 = 850$ C°, $R = 2{,}35$ cm, $\alpha = 150$

Hűtési idő, perc	0,5	1	2	3	4	6	8
ϑ/ϑ_c	0,71	0,55	0,33	0,24	0,12	0,05	0,012
ϑ_{kp}/ϑ	0,96	0,76	0,46	0,32	0,185	0,11	0,037
q/q_c	0,21	0,37	0,61	0,73	0,84	0,94	1,00
Felületi hőfok, t_0 C°	618	490	314	242	146	90	59,6
Középponti hőfok, t_{kp} C°	818	658	418	306	198	138	79
Hőveszteség, Q Kcal	5,41	9,54	15,7	18,8	21,7	24,25	25,8

4. táblázat

$\vartheta_0 = 850$ C°, $R = 2{,}35$ cm, $\alpha = 37{,}5$

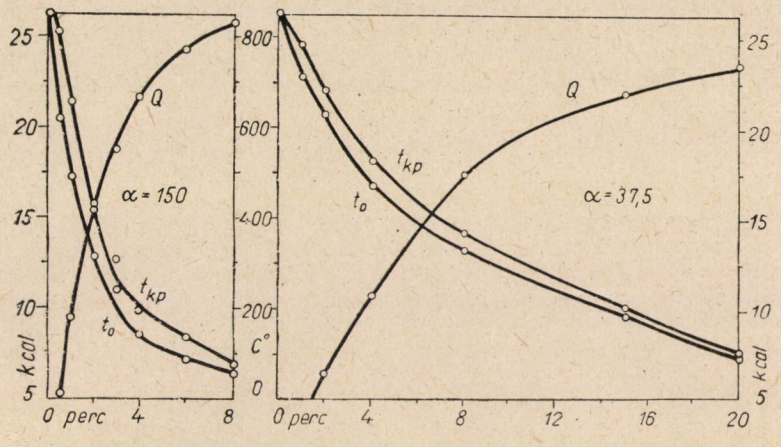
Hűtési idő, perc	1	2	4	8	15	20	35
ϑ/ϑ_c	0,83	0,73	0,53	0,35	0,18	0,06	0,006
$\vartheta_{kp}/\vartheta_c$	0,92	0,79	0,60	0,40	0,19	0,07	0,018
q/q_c	0,13	0,25	0,45	0,68	0,85	0,92	1,00
Felületi hőfok, t_0 C°	714	634	474	330	194	98	54,8
Középponti hőfok, t_{pk} C°	786	682	530	370	202	113	64,4
Hőveszteség, Q Kcal	3,35	6,45	10,8	17,5	21,9	23,7	25,8



6. ábra. Magnetitgolyó gyors hűtésének hőmérséklet-görbéi

A 3. táblázat $\alpha = 150$, a 4. táblázat $\alpha = 37{,}5$ esetében mutatja a hűtés különböző időpontjaiban GRÖBER—ERKE ábrái segítségével meghatározott ϑ_0/ϑ_c, $\vartheta_{kp}/\vartheta_c$ és q/q_c hányadosokat, valamint az ezekkel kiszámított hőmérséklet és hőveszteség adatokat.

A 6. ábra a 3. táblázat ($\alpha = 150$) t_0 és t_{kp} értékeivel megszerkesztett hőmérséklet-görbéket tünteti fel a hűlés különböző időpontjaiban ; a 7. ábra a 3. és 4. táblázat t_0, t_{kp} és Q értékeinek az idővel való változását grafikusan ábrázolja.



7. *ábra.* A hőmérséklet és hőveszteség változása az idővel, magnetitgolyó gyors és lassú hűtésekor

III. A hőveszteség befolyása vasoxidok átkristályosodására

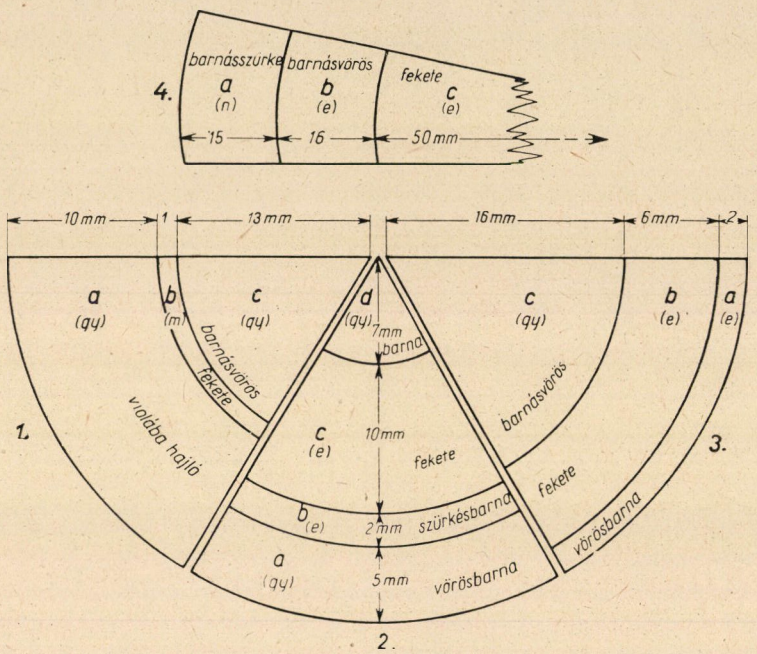
A hőveszteség és hőmérsékletesés befolyással van mind a levegőnek a golyó (vagy szabálytalan) alakú redukált vasércdarabok belseje felé irányuló diffuziójára, mind a rétegekben végbemenő kémiai reakció sebességére és inhomogén oxidálódási folyamatokat eredményez. Pl. 800 C°-nál magasabb hőfokra hevített 5 cm átmérőjű magnetit (Fe_3O_4) gyenge hőeláramlásnál, hosszú ideig tartó hűtésnél ($\alpha < 40$) a γ-Fe_2O_3 maghemit stádiumon át a nem-mágneses α-Fe_2O_3-má, hematittá alakul ; $\alpha = 40-100$ értékek között a magnetit oxidálódása az erősen mágneses maghemitnél befejeződik, miközben megmarad a szabályos kristályrács ; hirtelen hőelvonásnál ($\alpha > 100$) a test hőmérséklete gyorsan csökken, ez alatt az idő alatt a levegő diffúziója a felülettől a mag felé csak vékony rétegre terjed, a kis hőmérsékleten (és rövid idő alatt) az oxidáció túl lassan, vagy egyáltalán nem következik be : a test belsejében megmarad a kezdeti stádium (Fe_3O_4), a felületi réteg esetleg maghemitté (γ-Fe_2O_3) változik.

A 8. ábra 1, 2, 3-mal jelölt körcikkjei egy-egy 4,8 cm átmérőjű hematit golyónak, a 4 jelölésű rajz pedig $FeCO_3$ sziderit darabnak különböző hőkezelés utáni keresztmetszetét mutatják. *e* erősen mágneses, *m* mágneses, *gy* gyengén mágneses, *n* nem-mágneses tulajdonságot jelöl.

Az *1* jelű golyó 850 C°-on való redukálása után a tégelyből kivéve 40 percre 850°-os kemencébe került, hogy ott oxidálódjék, majd a levegőn 35 perc alatt 50—60 C°-ra hűlt. A hematit-golyó 11 mm mélységig Fe_3O_4 stádiumba, a golyó

magja γ-Fe_2O_3 stádiumba redukálódott. A kemencében való oxidálás és a lehűlés alatt a magnetit α-Fe_2O_3 stádiumba kristályosodott át, miközben kis mennyiségben Fe_3O_4 szemek maradtak meg. (Az *a* réteg 3,2% Fe··, 50,7% Fe··· tartalmú.) A *b* réteget a megmaradt magnetit alkotja. A *c* mag az oxidáló izzítás és a hűtés idején γ-Fe_2O_3 állapotból részben α-Fe_2O_3 állapotba kristályosodott át.

A *2* jelű hematit-golyó az előzőhöz hasonló redukálás után 10 percre került a 850°-os oxidáló kemencébe, s ugyancsak 35 perc alatt hűlt 50—60 C°-ra.



8. ábra. 850 C°-on redukált hematit-golyók (*1—2—3*) és sziderit (*4*) oxidálásának eredménye. *e* erősen mágneses, *m* mágneses, *gy* gyengén mágneses, *n* nem mágneses termék. *1* — 40 perces izzítás, lassú (35 perces) hűtés ; *2* — 10 perces izzítás, lassú (35 perces) hűtés ; *3* — gyors (8 perces) hűtés ; *4* — lassú hűtés

A golyónak Fe_3O_4 stádiumba való redukciója 17 mm mélységig hatolt, a belső 7 mm sugarú mag γ-Fe_2O_3-má változott, a kemencében az oxidáció 5 mm vastag rétegen ment végbe, miközben a Fe_3O_4 γ-Fe_2O_3-ba ment át. Az oxigén diffúziója a szabad levegőn való hűtéskor 7 mm mélységet ért el, amire következtetni lehet az 5 mm széles *a* rétegnek és a 2 mm széles *b* gyűrűnek a színéből. Az *a* réteg zömében α-Fe_2O_3-má, *b* öv γ-Fe_2O_3-má oxidálódott. A magnetit öv további 10 mm széles *c* rétegében nem történt semmi változás ; a belső *d* mag a hőkezelés hatására részben hematit állapotba kristályosodott át.

A 3. esetben a hematit-golyót 850 C°-on az előzőknél rövidebb ideig redukáltuk, s a redukáló kemencéből való kivétele után erős légárammal 8 perc alatt 50—60 C° hőmérsékletre hűtöttük. A redukció folyamán a hematit-golyó

8 mm mélységig Fe_3O_4 stádiumig redukálódott, a golyó magva pedig részben γ-Fe_2O_3 állapotba kristályosodott át. Az intenzív hűtés alkalmával az oxidáció 2 mm vastag külső kéregre terjedt ki, aminek következtében az maghemitté alakult, a magnetit öv többi része (*b*) és a belső mag (*c*) nem szenvedett változást.

A 4 jelű sziderit darabot 800 C°-nál nagyobb hőmérsékleten pörköltük, majd szabad levegőn lassan kihűtöttük. Az izzítással FeO stádiumig pörkölt $FeCO_3 = FeO + CO_2$ sziderit külső *a* rétege hematit stádiumig oxidálódott: $FeO \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow \gamma$-$Fe_2O_3 \rightarrow \alpha$-$Fe_2O_3$. A *b* gyűrű maghemit ($\gamma$-$Fe_2O_3$) stádiumig, a golyó *c* magva magnetit (Fe_3O_4) stádiumig oxidálódott, vagy 4 $FeO = Fe_3O_4 + Fe$ szétesést szenvedett. Az *a* réteg 0% Fe··, 29,2% Fe···, *b* réteg 0% Fe··, 23,2% Fe···, *c* réteg 15,0% Fe··, 13,3% Fe··· tartalmú volt.

A *2* jelű golyó keresztmetszetének egész felületén az egyes gyűrűk színeitől függetlenül egyenletesen elosztott fénylő pontok észlelhetők. Mikroszkóp alatt a vörösbarna *a* réteg tömött tömeget mutat, amely kékesfehér színű 10—20 mikron hosszú vékony tű alakú izotróp kristályokkal van sűrűn behintve. Az alapanyagban elszórtan ugyanezeknek a tű alakú képződményeknek pórusos, bokorszerűen átlátszó szerkezetű nagyobb fészkekké történő csoportosulásai (őskristályok) jelentkeznek, amelyek erősebben verik vissza a fényt. A szétesés állapotában is vannak más, kamraszerű őskristályok. Töredékes alakjuk bizonyítja, hogy azelőtt nagyobb kristály volt a helyükön, amely fokozatosan eltűnik az őt körülvevő alapanyag vörös tömegében. Az őskristályok erősebb nagyítás alatt (immerzióban) többnyire inhomogén szerkezetűek; két eltérő színű izotróp ásványból tevődnek össze. Az őskristály széle kékes árnyalatú fehér színű, belső része sötétebb barnás krémsárga. A két ásvány határán a mikroszkóp tubusának felemelésekor a BECKE-féle vonal a sötétebb ásványtól a világosabb felé tolódik el. Mind a két ásvány erősen mágneses. A határmenti fehér ásvány maghemit, amely centripetálisan a középpont felé hatolva az eredeti sötétebb magnetitet metaszomatizálja. A metaszomatózis néha az eredeti ásvány hosszúkás szálkáival párhuzamosan halad, tömör anyagban pedig foltszerű alakot mutat. A metaszomatózis legerősebb volt a golyó felülete mentén. Itt teljesen magnélküli, a maguk egészében maghemitté alakult kristályok is vannak. A vörös sáv belsőbb részén és a *b* övben levő őskristályokban a magnetit túlsúlyban van a maghemit felett, de fordított a helyzet az alapanyagban szétszórt tűk esetében. Hematitot, illetőleg pszeudomorfózis útján magnetitből keletkezett martitot, tehát anizotróp ásványt, nem észleltünk. A sötét magnetit *c* övet, amely főként alapanyagának színében különbözik a vörös felületi résztől, fokozatos vagy hirtelen átmenet választja el ettől. Az őskristályok csak mellék alkotórészek, aránylag kis százaléka az összes anyagnak; habitusuk ugyanaz, mint az *a* és *b* övben, de itt a maghemit szegély eltűnik, az őskristályok tiszta magnetitből vannak. A barnásvörös *d* magban levő őskristályok háromfélék: tiszta magnetitből, vagy magnetitnek és a felületen mutatkozó maghemitnek

keverékéből, vagy tiszta maghemitből állanak. A metaszomatózis mind a három stádiuma egymás mellett minden rendszer nélkül elhelyezett egyedeknél fordul elő. Ez arra mutat, hogy különböző ásványegyedek könnyebben vagy nehezebben képződnek, illetve indulnak bomlásnak. A vizsgált golyóban a maghemit három alakban fordul elő: mint a magnetit őskristályok felületi része, mint apró tű alakú kristály, végül mint tömör, amorf, kriptokristály alapanyag. A kötőanyag hosszúkás szálkái izotrópok, bár alakjukból arra lehet következtetni, hogy eredetileg nem tartoztak a szabályos rendszerbe (Prof. dr. S. JASKÓLSKI).

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat első része ismerteti lengyel limonithomoknak nagyobb hőmérsékletre történt hevítése folytán bekövetkezett azokat a kohéziót gyengítő szerkezeti változásait, amelyeket a redukció és a hirtelen lehűtés még fokoz. Ezek az ércek könnyen redukálódnak, a mágneses pörkölésre legalkalmasabb hőmérséklet 700—850°; ebben az intervallumban a redukció időtartamától és a felhasznált reduktor mennyiségétől függően Fe_3O_4-en kívül FeO és Fe is keletkezhetik. A dolgozat második része foglalkozik a vasoxidok kihűlésével és a hőveszteség befolyásával vasoxidok átkristályosodására.

NAGYOLVASZTÓ ÉS HOZZÁTARTOZÓ FÚVÓGÉP TERVE 1816-BÓL*

SCHLEICHER ALADÁR
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

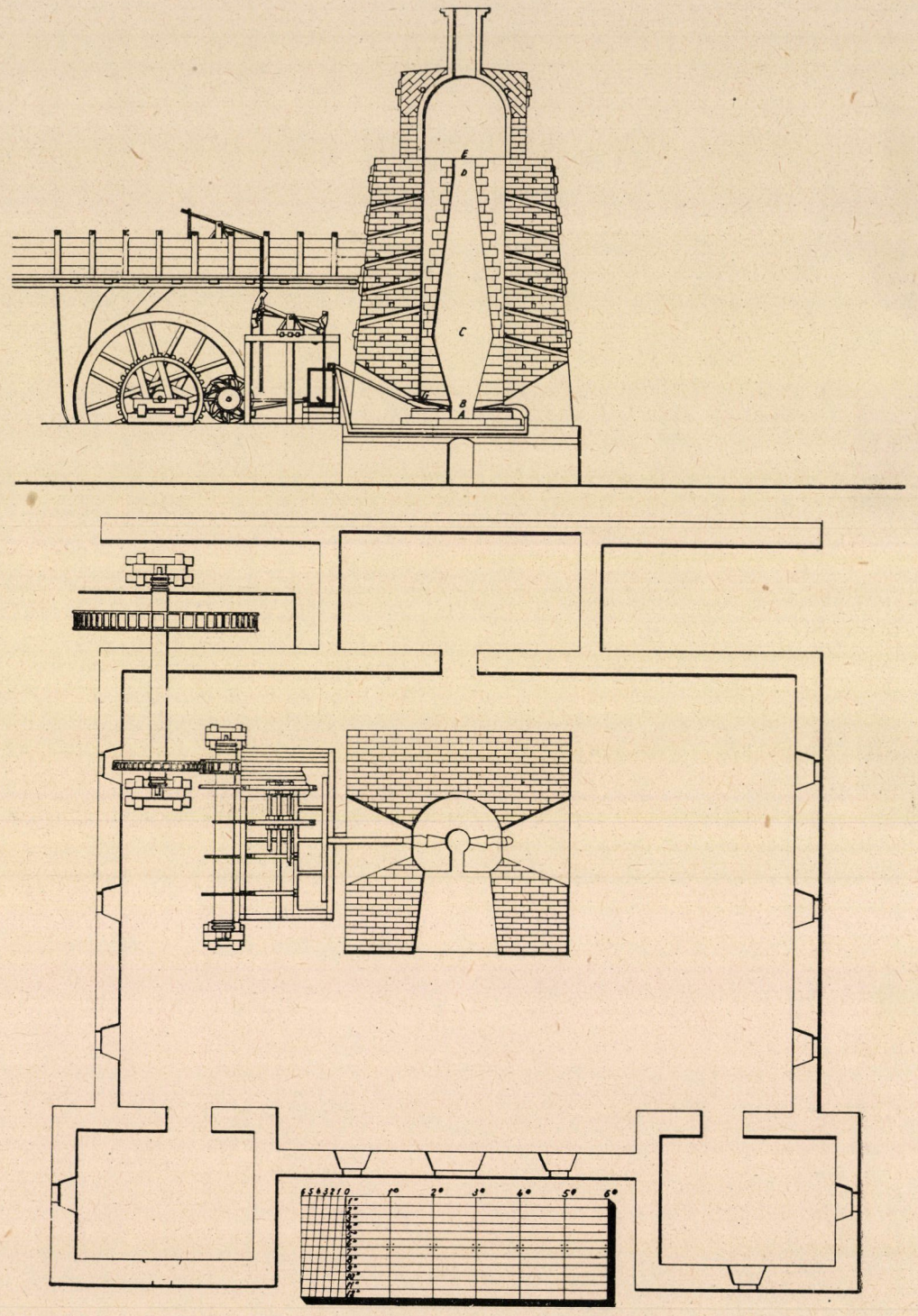
[Beérkezett 1957. március 29-én]

A szerző néhány évvel ezelőtt ugyanezen folyóiratban ismertette az 1813-ban épült és 1952-ben romjaiból újjáépített újmassai nagyolvasztót [1]. Ebben a tanulmányában igyekezett képben és rajzban olyan műszaki leírást adni a szóban forgó olvasztóról, amilyen az olvasztó romjainak addig az időig történt feltárása alapján lehetséges volt. Mivel az olvasztó aknája teljesen nem omlott össze és a leomlott törmelék az aknát óvta a további pusztulástól, az olvasztó ezen részéről lehetett olyan helyreállítási rajzot készíteni, amelyről feltételezhető volt, hogy az az olvasztó eredeti állapotát kifejezte vagy azt legalábbis jól megközelítette. Az olvasztó segédberendezéseiről, így pl. a fúvógépről azonban akkor semmi adatot nem sikerült találni. Előbbi tanulmányunkban is közöltük már, hogy a helyszíni feltárás és a levéltári kutatás tovább folyik, aminek eredményeképpen azóta sikerült megtalálni az olvasztónak és az ahhoz tervezett szekrényes fúvógépnek 1816-ból származó eredeti rajzát.

Ennek az eredeti rajznak fényképmásolatáról készült rajzot az 1. ábrán mutatjuk be. Ha ezt összehasonlítjuk az előző tanulmányban az olvasztó helyreállításáról közölt rajzzal, megállapíthatjuk, hogy a részben feltételezéseken alapuló első rajz és az itt közölt rajz között — főképpen a méretek tekintetében — nagy különbség van. Ez kitűnik az alábbi összehasonlításból, amihez megjegyezzük, hogy az itt közölt rajz méretei bécsi lábban és hüvelykben** értendők, ezekből számítottuk a méterben megadott távolságokat.

* Angol nyelven megjelent az Acta Technica *20* (1958) kötetének 137—144 lapján. Szerzőnek ebben a sorozatban eddig megjelent műszaki tudománytörténeti tanulmányai: I. A fémkohászat története a Mátrahegység területén. Acta Technica *2* (1951) 3/47. (németül); II. A sárgaréz késő középkori feldolgozása és a dróthúzás kezdete Magyarországon. Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl. *9* (1953) 367/370. Kivonat az Acta Technica *7* (1953) 225/231. l-on német nyelven megjelent tanulmányból; III. Az 1813. évben épült és 1952-ben újjáépített újmassai nagyolvasztó. MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. *12* (1954) 403/411. Ugyanez németül Acta Technica *8* (1954) 425/433; IV. Die erste betriebsmässige Erzeugung des Tellurs. Acta Technica *9*. (1954) 213/222; (csak németül); V. A kislődi vashámor története. Nyersvastermelés bauxitos elegyből a XVIII. században. MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. *21* (1957) 395/411. Ugyanez kivonatosan angolul: Acta Technica *18* (1957) 427/431.

** 1 bécsi láb = 12 hüvelyk = 0,3161 m.



1. ábra

	Az [1] alatti tanulmány rajzának méretei	Az 1. ábra méretei
	m-ben	
A—B (a fenék és a fúvósík közötti magasság)	1,350	0,527
B—C (a medence és a poha közötti magasság) ...	1,600	4,113
C—D (a poha és a torok közötti magasság)	6,000	6,638
D—E (a torok magassága)	1,400	0,948
Teljes magasság	10,350	12,226
A poha átmérője	2,400	2,844
A négyszegletes torok oldala	1,600	0,948
A medence átmérője	1,600	0,948

A különbségeken nem csodálkozhatunk. Az olvasztó ugyanis helyreállításakor romokban hevert, a torok jóformán megsemmisült, az akna részben be volt dűlve, a medence is jórészt összeomlott. Az első tanulmány azon állítását, hogy az ott rajzban közölt méretek az eredeti állapotnak felelnek meg, mindenesetre módosítanunk és javítanunk kell. Különösképpen hibásak voltak azok a becslések, amelyek a fúvósík meghatározására vonatkoztak, ezt a síkot ugyanis túl magasra, viszont ezen sík és a poha közötti magasságot túlontúl kicsire becsülték. Az aknának a poha és a torok közötti magassága és ugyanígy az olvasztó teljes magassága a valóságtól csupán kereken egy tizedrésznyi különbséget mutat, viszont a torok magasságát a valóságosnak kereken másfélszeresére becsülték.

A poha átmérőjét, amit már az első tanulmányban is szokatlanul nagynak mondottunk, a most ismertetett és itt közölt rajz még annál is jóval nagyobbnak tünteti fel, ezzel szemben a medence és a torok átmérője (az utóbbinak oldala) csak mintegy 3/5-e volt az első becslés értékeinek.

Az 1. ábrán itt közölt rajz nemcsak azért érdekes, mert annak birtokában helyesbíteni tudjuk az első közlemény téves becsléseit, hanem azért is, mert amíg az első közleményben semmit sem tudtunk mondani az olvasztó segédberendezéseiről, addig a most közölt rajz felvilágosítást ad először a torok feletti részről, amelyet illetőleg annak idején csak találgatásokra szorultunk és amely az első feltevéssel ellentétben nem olyan volt, mint ahogyan azt ott gyanítottuk. Másodszor ez a rajz műszaki tudománytörténeti szempontból azért is nagyon becses, mert képet ad az 1810 és 1813 között épített olvasztónak 1816-ban fúvógéppel történt vagy legalábbis tervezett kiegészítéséről.

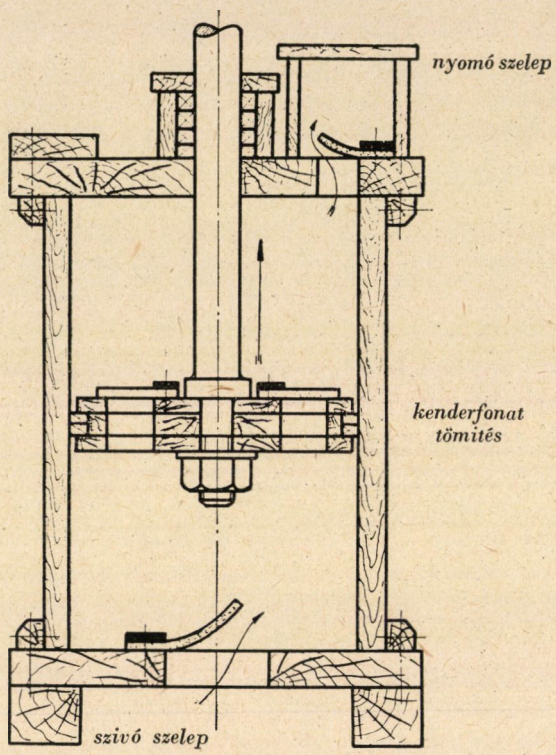
Vankó Rezső okl. vaskohómérnök, aki ismerte egy kereken 50 évvel ezelőtt Menyházán (akkor magyar, ma rumén területen) még üzemben volt hasonló gép működését, az 1. ábra magyarázataképpen a következőket volt szíves mondani.

„A gép működési elve szellemes és a modern egyenáramú légsűrítő elvi működésének felel meg.

A gépet teljesen fából tervezték, csupán a dugattyúrudat, a gerendelyek* homlokcsapjait, a csuklórudak csapjait és a bütykös gyűrűket tervezték vasból.

A fúvógépet felülcsapott vízikerék hajtotta, melynek tölgyfából készült gerendelyére fafogú fogaskerék volt ékelve. Ez a fogaskerék fából készült pálcás fogazású másik fogaskereket hajtott, amely ugyancsak tölgyfából készült előtét gerendelyre volt ékelve.

A fogaskerékpár fogszámát úgy választották, hogy a vízikerék az előtétgerendelyt kb. 2,3-szoros gyorsító módosítással hajtotta.



2. ábra

Az előtét gerendelyre 4 darab öntött vasból készült kettős bütykös gyűrű volt felfűzve és felékelve oly módon, hogy a 4 bütyök egymáshoz viszonyítva 45—45°-kal elfordított helyzetbe került.

Ezek a bütykök forgás közben egy-egy egykarú emelőt nyomtak le, amely fából készült csuklórúd segélyével himbát forgatott el. A himba másik karja szegmenséhez nehéz vasból készült dugattyúrúd csatlakozott. Mind a csuklórúd, mind a dugattyúrúd felső végéhez erős lánc csatlakozott, mely a himba szegmensének vájatába feküdt és a lánc vége a szegmens felső végéhez volt erősítve.

* Az itt idézőjelek közé foglalt szöveg VANKÓ eredeti fogalmazása. A *gerendely* kifejezést szerinte a vízimolnárok a vízikerék tölgyfa tengelyének megnevezésére használják. Ebből alkotta HERMANN Emil, a selmeci bányászati akadémia egykori nagynevű professzora a német Welle megjelölésére a *görönd* nevet, amelyet azonban csak a felvidéken ismertek s az ország egyéb részében nem tudott gyökeret ereszteni. (PÉCH Antal magyar és német bányászati szótára, 2. kiad., Selmec, 1891, I. rész, 126. és 128. l., mindkét kifejezést ismeri.) Tekintve, hogy műszaki tudománytörténetet írunk, érdemesnek véltük VANKÓ magyarázatát itt megismertetni; megjegyezzük azonban, hogy BÁRCZI GÉZA Magyar szófejtő szótára (Budapest, 1941. 94. és 98. l.) mindkét kifejezést más értelemben magyarázza.

A köpű simára gyalult jávorfa deszkából készült, mely keménységénél fogva a dugattyútömítés koptató hatásával szemben jobban ellenáll, mint pl. a fenyőfa. A dugattyút 3 sor vastag tölgyfadeszkából készítették. A középső deszkasor valamivel kisebb méretű, mint a felső és az alsó deszkasor, hogy az így képződött csatornába három kenderkötélből készült fonatot, mint tömítést elhelyezni lehessen. A köpű falával csak a kenderfonat érintkezett, a felső és az alsó deszkasor és a köpű fala között némi hézagot hagytak. A köpű belső falának kenésére marhafaggyút használtak. A kenderfonatot is marhafaggyúval itatták át.

A köpű fenekén bőrből készült szelepet helyeztek el, mely befelé nyílott. A dugattyún is volt bőrből készült két szelep, mely felfelé nyílott. A köpűk fedelére támaszkodva szélgyűjtő csatorna húzódott, melyen felfelé nyíló szelepeket alkalmaztak.

Az előttéttengely bütyke az emelő lefelé történő nyomásával a csuklórúd és a himba közvetítésével a dugattyút felfelé mozgatja. A dugattyú szelepei bezárulnak és a köpű alsó szívó és felső nyomószelepe kinyílik. A dugattyú a felette levő levegőt a gyűjtő csatornába szorítja és a köpű alsó részébe kívülről levegőt szív.

Amikor a bütyök az emelőt elengedi, akkor a nehéz dugattyú és dugattyúrúd nagy súlyánál fogva lesüllyed. Ekkor a szívó és a nyomószelep bezárul és a dugattyú szelepe kinyílik. A köpű alsó részében levő levegő a köpű dugattyú feletti részébe áramlik. A gépnek ezt a működését a 2. ábra szemlélteti.

A négy köpű egymásután dolgozott, úgyhogy mindenik dugattyú az előtét gerendely egyszeri fordulatával két löketet végzett. Ezzel az elrendezéssel elérték azt, hogy a fúvógép a levegőt elég egyenletesen szállította."

Sajnos, arra nézve nincs adat, hogy az itt ismertetett fúvógép csupán terv maradt vagy elkészült-e, sőt a rajzon kívül semmi egyéb adatunk, így pl. a teljesítményre vonatkozó sincsen. BENEDIKT bécsi történész-egyetemi tanár a werfeni vaskohóról írt részletes tanulmányában [4] említi, hogy a salzburgi Werfenben 1808-ban GAINSCHNIGG JÓZSEF a régi fúvógép pótlására háromköpüs — vagy amint a német szakirodalom nevezi: háromszekrényes — új fúvógépet tervezett, ami el is készült. A mi négyszekrényes gépünk az irodalomból ismert gépek közül ezzel a — az irodalomból egyébként nem ismeretes — géppel való összehasonlításra látszik legalkalmasabbnak. Ennek a werfeni fúvógépnek teljesítménye a felülcsapós vízikeréknek (ilyen volt az újmassai olvasztó mellett is) csupán ötszöri fordulata következtében percenként 1800—2000, de a legnagyobb fordulatszámmal 2500 köbláb* volt. MARCHER [5] alatt idézett könyvének VI. táblázata felsorol nagyobb számú szekrényes fúvógépet, azoknak egyik csoportja 1200—1500, a másik kisebb csoport 2500—3000 köbláb teljesítményű volt. Ha figyelembe vesszük, hogy a fából és bőrből készült kovácsfújtatók teljesítménye — MARCHER adatai szerint — többségében azidőtájt percenként 400—800 és csak kivételesen 1200—1400 köbláb volt, akkor feltételezhetjük, hogy az újmassai olvasztó itt ismertetett négyszekrényes fúvógépe korának nagyobb, sőt legnagyobb teljesítményű gépei közé tartozhatott.

A szóban forgó werfeni fúvógép tervezője: GAINSCHNIGG tervének elkészítéséhez figyelembe vette korának legújabb irodalmát, különösen MARCHER 14 kötetes munkáját [5]. Ennek a munkának tárgyunkkal kapcsolatos, bennünket érdeklő részét mi is használtuk, de — sajnos — nem tudtuk megkapni MARCHER egy másik munkáját [6], amely pedig — BENEDIKT szerint — rézmetszésű táblán bemutatja azt a rajzot, amely GAINSCHNIGG tervezéséhez alapul

* 1 angol köbláb = 0,028317 m^3, a 2500 köbláb tehát 85,182 m^3; a régi osztrák láb az angolnál kereken 0,03%-kal nagyobb.

szolgált. Megkaptuk azonban a salzburgi országos levéltár szívessége folytán GAINSCHNIGG ott őrzött eredeti tervrajzának [7] fényképmásolatát, amelyet a 3. ábrán bemutatunk. Ennek az ábrának német nyelvű felírásai* és az 1. ábrával, valamint az újmassai fúvógép működésének fentebbi leírásával való összehasonlítása feleslegessé teszi a 3. ábra részletesebb ismertetését.

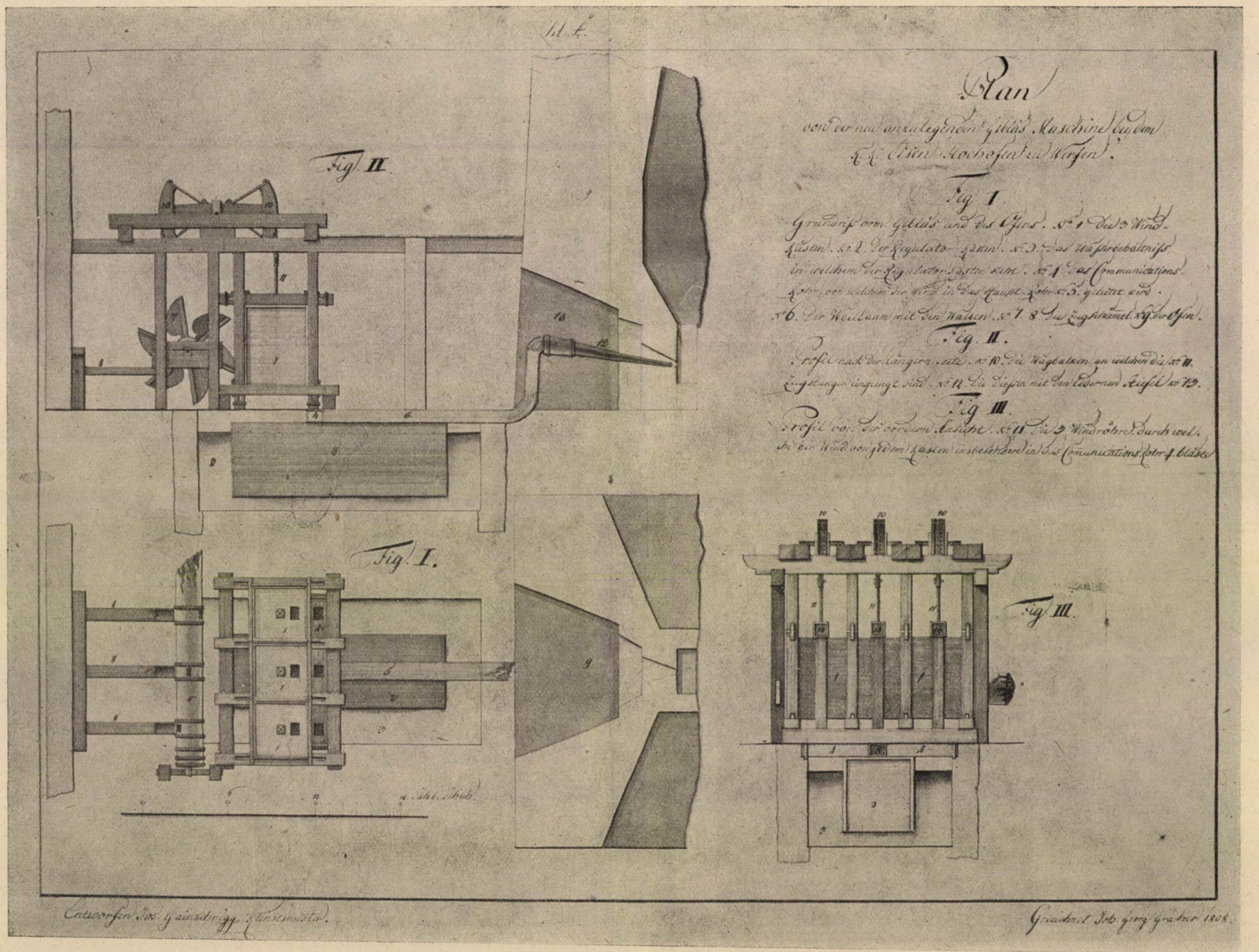
Felmerülhet a kérdés, hogy ha tudtuk — az első közleményben ez kifejezésre is jutott —, hogy nem állanak rendelkezésünkre minden tekintetben kielégítő adatok, miért kellett azokat közölnünk. Ennek az első közleményben már magyarázatát adtuk. Az irodalomban ugyanis mindössze csak két példát ismerünk [2], amikor ilyen romot sikerült az eredeti méretek betartásával helyreállítani, de egyikben sem voltak a romok olyan elhanyagoltak, mint amilyenek a magyar példában voltak. Ez a magyarázata, hogy annak idején csupán megközelítő méreteket volt lehetséges közölnünk.

Igaz, hogy reménykedtünk újabb adatok fellelésében is, de a magyar levéltárak eredménytelen átkutatása után nem mertünk avval számolni, hogy az itt közölt rajz eredetije évek múltán egyik szlovákiai — azelőtt magyarországi — levéltárban fog előkerülni.**

Az első tanulmány állításaival összhangban megállapítható, hogy az olvasztó eredeti alakja igen hasonlít a stájerországi olvasztók azon időből származó profiljaihoz [3].

* *1. ábra.* A fúvógép és a kemence alaprajza. *1* a három köpü vagy szélszekrény *2* a szabályozó szekrény *3* a víztartály, amelyben a szabályozószekrény áll *4* a gyűjtővezeték, amelyen át a fúvószél az *5* fővezetékbe kerül *6* görönd *9* az olvasztó. *2. ábra.* A hosszabb oldal metszete. *10* a himbák, amelyeken a *11* vonórudak vannak *12* fuvóka *13* bőrkarmantyu. *3. ábra.* Metszet elülről.

** A rajz a régebben Magyarországhoz tartozott selmeci = Banska Štiavnicai központi bányászati levéltárban van, ahonnan GINDL JÓZSEF tanár szívessége folytán arról fényképmásolatot kaptunk. Ez utóbbit KISZELY GYULA volt szíves a szerző rendelkezésére bocsájtani. Az itt bemutatott 1. ábra VANKÓ REZSŐ útmutatása alapján erről a fényképmásolatról, míg a 2. ábra az ő vázlata alapján készült.


Plan
von der neu anzulegenden Gebläs Maschine bey dem
K. K. Eisen Hochofen zu Werfen.
Fig. I.
Grundriss vom Gebläs und des Ofens. No. 1. Die 3 Wind-
Kasten. No. 2. Der Regulator Kasten. No. 3. Das Wasserbehältniss
in welchem der Regulator Kasten steht. No. 4. Das Communications
Rohr von welchem der Wind in das Haupt Rohr No. 5. geleitet wird.
No. 6. Der Wellbaum mit den Walzen. No. 7. 8. Die Zugschämel. No. 9. der Ofen.
Fig. II.
Profil nach der längern Seite. No. 10. Die Wagbalken an welchen die No. 11.
Zugstangen eingeengt sind. No. 12. Die Diessen mit den Ledernen Aiefel No. 13.
Fig. III.
Profil von der vordern Ansicht. No. 14. Die 3 Windröhre durch wel-
che der Wind von jedem Kasten insbesondere in das Comunications Rohr 4. bläste
Fig. II.
Fig. I.
Fig. III.
Entworfen Jos. Gainschnigg Kunstmeister.
Gezeichnet Joh. Georg Grätzer 1808.

3. ábra

IRODALOM

1. SCHLEICHER ALADÁR: Az 1813. évben épült és 1952-ben újjáépített újmassai nagyolvasztó. A Magy. Tud. Akad. Műsz. Oszt. Közl. *12* (1954) 403/411. l.
2. Az egyik a stájerországi Vordernbergben az 1840-es években épült faszenes nagyolvasztó (W. SCHUSTER: Die hüttenmännischen Denkmale der Ostmark. Stahl und Eisen *59* [1939] 589/591. l.); a másik a vesztfáliai Wocklumban helyreállított Luisenhütte (D. DICKMANN: Der letzte Holzkohlenhochofen im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. Stahl und Eisen *70* [1950] 887/888. l.)
3. R. SCHAUR: Streiflichter auf die Entwicklungsgeschichte der Hochöfen in der Steiermark. Stahl und Eisen *49* (1929) 489/498. l.
4. H. BENEDIKT: Werfner Eisen. II. Teil. Blätter für Technikgeschichte. Heft *18* (1956) S. 34/76. In Kommission Springer-Verlag, Wien.
5. F. A. v. MARCHER: Beiträge zur Eisenhüttenkunde. Klagenfurt, 1806. 1. Teil, 3. Band, 3. Stück, 2. Heft mit den Tafeln VI und VII.
6. F. A. v. MARCHER: Notizen und Bemerkungen über den Betrieb der Hochöfen und Rennwerke zur Verschmelzung der Eisenerze in verschiedenen Staaten. 5 Hefte, Klagenfurt 1808—1811. A szóbanforgó rajz a második füzetben van.
7. Plan von der neu anzulegenden Gebläs-Maschine bei dem k. k. Eisen-Hochofen zu Werfen. 1808. Mappen aus der k. k. Bergwesens-Registratur, Salzburg XXI. Nr. 17., Landesregierungsarchiv.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző egyik régebbi tanulmányában [1] ismertette a 150 évvel ezelőtt épült újmassai nagyolvasztónak 1952-ben történt helyreállítását. A romok állapota akkor nem tette lehetővé, hogy az eredeti állapotnak minden tekintetben megfelelő méretek legyenek megállapíthatók. Azóta előkerült egy 1816-ból származó rajz, amely hiteles képet ad az olvasztó alakjáról és a hozzátartozó fúvóberendezésről. E dolgozat közli a szóbanforgó rajz másolatát és összehasonlítja azt az első tanulmány valamint egy korabeli másik furógép rajzával és adataival.

ADATOK A FOGASKEREKEK ANYAGTAKARÉKOS MÉRETEZÉSÉHEZ

LÉVAI IMRE
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, GÉPELEMEK TANSZÉKE, MISKOLC

[Beérkezett 1957. június 24-én]

VÖRÖS IMRE egyik könyvében [1] az „Anyagtakarékos méretezés fogaskerekeknél" című fejezetben írja: „hogyha a fogaskerék anyagunkat jól ki akarjuk használni, akkor a geometriai és a szilárdsági méretezést úgy célszerű elvégezni, hogy a felszíni szilárdságra is meg legyen az anyag kellő kihasználása és a kiadódó méreteknél a fog lábtövében is az anyagra megengedhető legnagyobb hajlítófeszültség lépjen fel." Ebből a feltételből kiindulva adódik a kiskerék z_1 fogszáma és ennek a fogszámnak az alkalmazása, [1] szerint, biztosítja az anyag legjobb kihasználását.

Ennek a gondolatnak a részletes elemzéséhez induljunk ki a könyvben is alapul vett méretezési összefüggésekből. Általános fogazásnál a felszíni szilárdságra történő méretezést a következő képlet segítségével végezzük el:

$$bd_{g1}^2 = \frac{M_1}{k_m} \frac{4}{\sin 2\varepsilon} \frac{1+i}{[i+(1-f)]f},$$

amit átalakítva így is írhatunk:

$$bd_{g1}^2 = \frac{M_1}{k_m} \frac{4}{\sin 2\varepsilon} \frac{1+i}{i} \xi_k, \tag{1}$$

ahol

b foghosszúság, mm mértékegységben
d_{g1} a kiskerék gördülő körének átmérője, mm mértékegységben
M_1 nyomaték a kiskeréken, kg/mm mértékegységben
k_m palástnyomás tényező megengedett értéke a főpontban kg/mm² mértékegységben
ε kerékkapcsolószög
$f = \frac{\varrho_{el}}{\varrho_1}$ az egyfogpár kapcsolásnál és a főpontnál levő görbületi sugarak viszonya
$\xi_k = \frac{k_{el}}{k_F}$ az egyedi kapcsolás helyén levő és főpontban ébredő palástnyomás tényezők viszonya.

A fog hajlító igénybevételre való számításakor pedig a

$$Q = \frac{b\,m}{y_1} \sigma_m \tag{2}$$

összefüggést használjuk, ahol

Q fognyomás, kg mértékegységben
b foghosszúság, mm mértékegységben
m modul, mm mértékegységben
σ_m megengedhető hajlító feszültség, kg/mm² mértékegységben
y_1 fogalaktényező

Mielőtt az (1) és (2) összefüggések egymás közötti kapcsolatait vizsgálnánk, találni kell olyan mérőszámot, amelyet az anyagtakarékos méretezések összehasonlításához alapul vehetünk. Célszerűnek látszik, hogy ez a mérőszám az (1) összefüggés baloldalán már kifejezett gördülőhenger köbtartalma, vagy ezzel arányos mennyiség legyen.

Írjuk fel tehát az (1) összefüggéssel meghatározott kiskerék gördülőhengerének köbtartalmát :

$$\frac{d_{g1}^2}{4}\,\pi\, b = \frac{M_1}{k_m}\,\frac{\pi}{\sin 2\varepsilon}\,\frac{1+i}{i}\,\xi_k .$$

A fogaskerékpár köbtartalma pedig, ami anyagtakarékos méretezéshez összehasonlításul alkalmas :

$$K = \frac{d_{g1}^2}{4}\,\pi\, b + \frac{d_{g2}^2}{4}\,\pi\, b = (1+i^2)\,\frac{d_{g1}^2}{4}\,\pi\, b\,, \quad \text{azaz}$$

$$K = (1+i^2)\,\frac{M_1}{k_m}\,\frac{\pi}{\sin 2\varepsilon}\,\frac{1+i}{i}\,\xi_k .$$

Mivel ebben az összefüggésben anyagjellemzőként a palástnyomás-tényező fordul elő, jelöljük az így kapott köbtartalmat K_k-val.

$$K_k = \frac{M_1}{k_m}\,\frac{\pi}{\sin 2\varepsilon}\,\frac{(1+i^2)(1+i)}{i}\,\xi_k . \tag{3}$$

Hasonlóképpen kiszámítható a (2) összefüggéssel meghatározott fogaskerékpár gördülő hengerének köbtartalma is. A (2) összefüggést hozzuk a következő alakra :

$$bm\,\frac{m_g}{m_g} = y_1\,\frac{Q}{\sigma_m} .$$

Szorozzuk meg mindkét oldalt $r_{g1}\pi\,\frac{z_1}{2}$ kifejezéssel. Figyelembe véve, hogy $\frac{m}{m_g} = \frac{\cos\varepsilon}{\cos\alpha}$, rendezés után

$$r_{g1}^2\,\pi\, b = y_1\,\frac{M_1\,\pi}{2\,\sigma_m\cos\varepsilon\cdot\cos\varepsilon/\cos\alpha}\,z_1$$

kifejezés megadja a kiskerék gördülő hengerének köbtartalmát.

A fogaskerékpár köbtartalma pedig :

$$K = M_1 \frac{y_1 (1 + i^2)\pi}{2\sigma_m \cos\varepsilon \cdot \cos\varepsilon/\cos\alpha} z_1$$

Mivel ebben az összefüggésben anyagjellemzőként a fog hajlítószilárdsága fordul elő, jelöljük az így kapott köbtartalmat K_σ-val.

$$K_\sigma = M_1 \frac{y_1 (1 + i^2)\pi}{2\sigma_m \cos\varepsilon \cdot \cos\varepsilon/\cos\alpha} z_1 .$$

Azt látjuk tehát, hogy ha szilárdsági méretezésnél a két összefüggést külön-külön tekintjük, egyébként azonos kiindulási adatokat véve figyelembe, más-más fogaskerék méréthez jutunk. A (3) és (4) kifejezés közül az lesz a mértékadó köbtartalom, amelyik a nagyobb értéket adja. Ez abból következik, hogy a méretezésnek mind törés ellen, mind kipattogzás ellen biztonságosnak kell lennie. VÖRÖS J. professzor az anyagtakarékos méretezés alapjául a két nyomatékazonosságát veszi, ami a két köbtartalom azonosságát is jelenti. Ebből a tényből kiindulva adódik a kiskerék z_1 fogasszáma.

A továbbiakban rá kell mutatnom, hogy anyagtakarékos méretezés akkor is elvégezhető, ha nem ragaszkodunk a két köbtartalom egyenlőségéhez, vagyis az ebből adódó z_1 fogszámhoz. Hasonlítsuk össze a (3) és (4) kifejezést és nézzük meg a K_σ és K_k változását a z_1 fogszám függvényében különböző i értékek mellett. Az összehasonlításhoz szükségünk van a következő függvényekre :

y_1 változása z_1 függvényében (1. ábra).

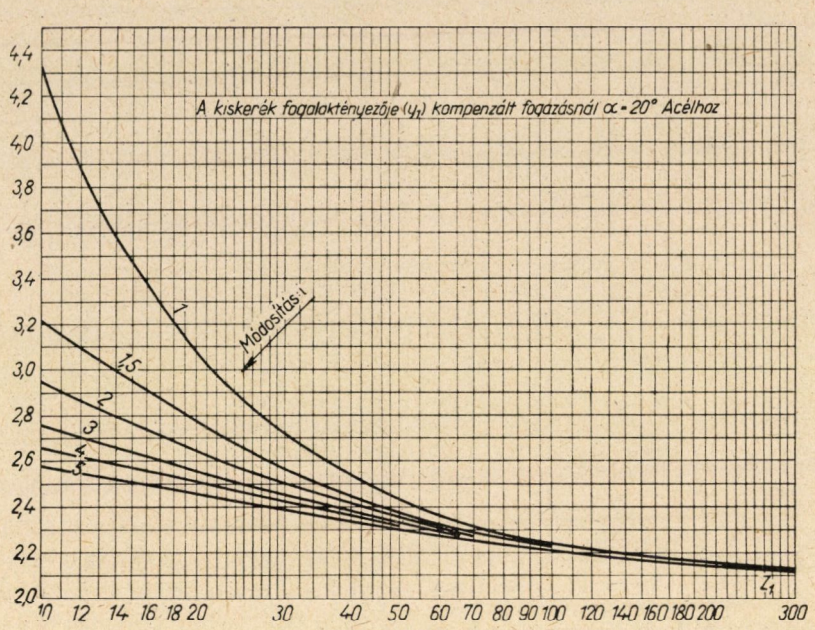
ξ_k változása z_1 függvényében (2. ábra).

A függvények felrajzolásához szükséges értékeket — a kiegyenlített csúszás figyelembevételével — részben számítással, részben szerkesztéssel határoztuk meg. y_1-nél VÖRÖS professzor részéről acélanyagokra közzétett fogalaktényező táblázatot vettük alapul. Egyszerűség kedvéért a vizsgálatot *csak kompenzált fogazás esetére végeztük el*, amikor a szerszám- és kerékkapcsolószög : $\alpha = \varepsilon = 20°$.

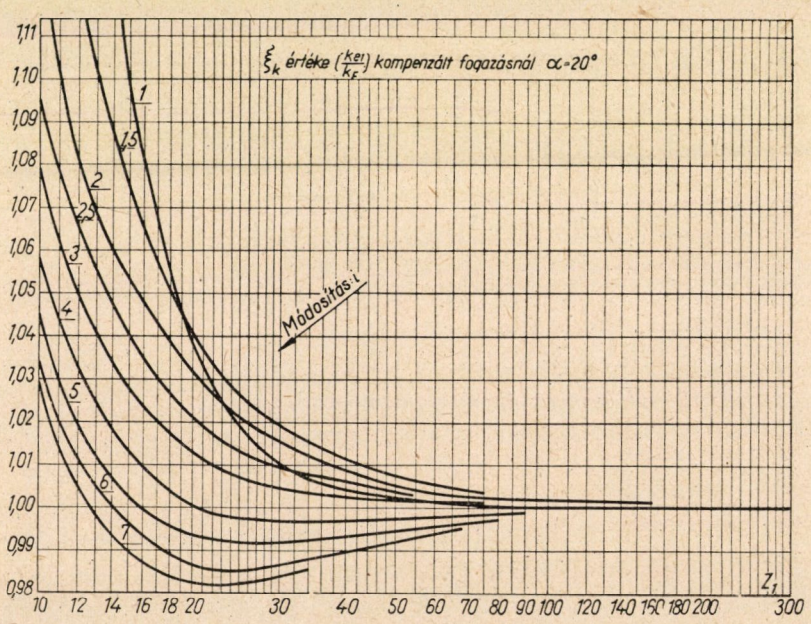
Mivel a (3) összefüggésben csak a ξ_k tényező függ a z_1 fogszámtól, ezért ξ_k változása z_1 függvényében arányos a fogaskerék K_k köbtartalmának változásával ugyancsak z_1 függvényében.

A K_σ köbtartalom változása z_1 függvényében pedig az $y_1\ z_1$ szorzattal arányos.

Az 1. ábra és a 2. ábra alapján határozzuk meg példán a köbtartalom egyenlőséghez tartozó z_1 fogszámot.


A kiskerék fogalaktényezője (y_1) kompenzált fogazásnál $\alpha = 20°$ Acélhoz
Módosítás: i
1
1,5
2
3
4
5
Z_1

1. ábra

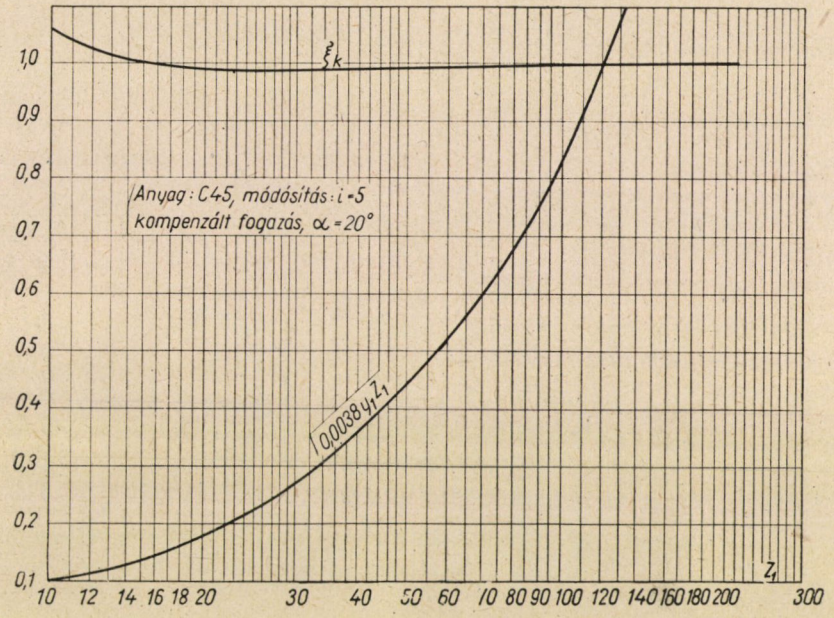

ξ_k értéke ($\frac{k_{e1}}{k_F}$) kompenzált fogazásnál $\alpha = 20°$
Módosítás: i
1
1,5
2
2,5
3
4
5
6
7
Z_1

2. ábra

Válasszuk fogaskerék anyagául a C 45-ös acélt. A fogtő kifáradási határa ismételt hajlításnál: $\sigma_{kif} = 25{,}5$ kg/mm². A palástnyomás tényező kifáradási határa: $k_{kif} = 0{,}34$ kg/mm². A fogaskerékpár módosítása legyen $i = 5$. Induljunk ki a köbtartalom egyenlőségből:

$$M_1 \frac{y_1 (1 + i^2)\pi}{2\sigma_m \cos\varepsilon \cdot \cos\varepsilon/\cos\alpha} z_1 = \frac{M_1}{k_m} \frac{\pi}{\sin 2\varepsilon} \frac{(1 + i^2)(1 + i)}{i} \xi_k .$$

A számításnál egyszerűsítést jelent, ha a törés elleni biztonságot és a palástnyomás tényező biztonságát egyformán választjuk. Sőt még további egyszerűsítés mutatkozik, nevezetesen a dinamikai tényezők értéke mindkét esetben azonos, így a megengedhető feszültség és palást-



3. ábra

nyomás tényező helyett a fenti képletben a kifáradási határ értékeit írhatjuk be. Figyelembe véve továbbá, hogy kompenzált fogazás esetén $\varepsilon = \alpha$, így egyszerűsítés után:

$$\frac{y_1}{\sigma_{kif}} z_1 = \frac{1}{\sin\alpha} \frac{1 + i}{i} \frac{\xi_k}{k_{kif}} .$$

A példa adatainak behelyettesítésével és ξ_k-ra kifejtve

$$\xi_k = 0{,}0038\, y_1 z_1 .$$

Az 1. ábra és a 2. ábra alapján külön-külön felrajzolva a jobb- és a baloldalt z_1 függvényében, a megoldást a két görbe metszéspontja adja (3. ábra). Ennek alapján leolvasható a kiskerék fogszáma: $z_1 = 120$. Az így kapott fogszámot alkalmazva, a fogaskerék törésre és felszíni szilárdságra nézve azonos biztonsággal rendelkezik.

A 3. ábra két görbéje — megfelelő lépték alkalmazásával — megadja bármely z_1 fogszámhoz tartozó K_σ illetve K_k értékeit. Az ábrából az is látható, hogy az elméletileg lehetséges legkisebb köbtartalom nem szükségképpen az azonos szilárdsági biztonsággal rendelkező fogszámmal adódik, hanem a 3. ábra adataival például $z_1 = 25$ körül. Persze az eltérés igen kicsi. De ebben a példában mehetünk $z_1 = 17$ fogig, anélkül, hogy a fogaskerekek osztóhengerének köbtartalma növekednék. Viszont $z_1 = 17$-nél változatlan palástnyomás tényező biztonsági értéke mellett a fog törés elleni biztonsága lényegesen nő (kb. $1/0{,}165 \approx 6$-szoros arányban).

Ehhez a példához hasonlóan határoztuk meg az I. táblázatban felsorolt köbtartalom egyenlőséghez tartozó és azonos biztonsággal rendelkező z_1 fogszámokat különböző anyagokra, különböző módosítások esetén (Öv.-nál Vörös professzornak az öntött vashoz készített fogalaktényező táblázatát vettük alapul).

Az I. táblázatot kompenzált fogaskerekek szilárdsági méretezéséhez felhasználhatjuk. Méretezésnél valamilyen szempont szerint kiválasztjuk a kiskerék z_1 fogszámát és megnézzük, hogy az kisebb-e vagy nagyobb mint a táblázat megfelelő fogszáma. Ha kisebb, akkor a szilárdsági méretezést az (1) vagy (3) összefüggéssel kell számítani. Ha nagyobb, akkor a (2) vagy (4) összefüggéssel.

Az I. táblázat azt mutatja, hogy edzés nélküli anyagoknál általában a K_k érték irányadó a fogaskerék méreteinek megállapításához. Mivel ez bizonyos z_1 határok között közel állandó (2. ábra), a tervezőnek módjában áll ezen határok között más szempontok figyelembevételével megállapítani z_1 értékét.

Edzett és betétben edzett fogaskerekeknél a méretek megállapításakor K_σ értéke döntő. Itt kis méretekre való törekvéskor célszerű kisebb z_1 fogszámból kiindulni.

A K_σ, illetve K_k ismeretében könnyen kiszámítható a kiskerék gördülőhengerének köbtartalma:

$$K_1 = \frac{K}{1+i^2} = r_{g1}^2 \pi b .$$

Ebből adott tengelytávolság esetén az r_{g1}, majd pedig a b méret számítható, ugyanis

$$r_{g1} = \frac{a}{1+i} \quad \text{és} \quad b = \frac{K_1}{r_{g1}^2 \pi} .$$

Ezek a méretek akkor is meghatározhatók, ha a b/a viszonyszámot vesszük fel, mert

$$K_1 = \left(\frac{a}{1+i}\right)^2 \pi b = \frac{a^3}{(1+i)^2} \pi \frac{b}{a} , \quad \text{ebből} \quad a = \sqrt[3]{\frac{(1+i)^2 K_1}{\pi\, b/a}} .$$

I. táblázat

z_1 fogszám értékei kompenzált fogazáshoz, amikor a törés és felszíni szilárdság biztonsága azonos

Anyag			Módosítás (i)								
Megnevezés	Jelölés		1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7
	Szabványos	Régi									
Öntött vas	Öv 18		100	83	75	70	68	63	60	58	57
	Öv 26		75	62	57	53	50	47	45	44	43
Acélöntvény	Aö 52		238	199	177	165	157	147	141	137	134
	Aö 60		212	176	158	147	140	130	125	121	119
Ötvözetlen szerkezeti acél edzés nélkül	A 42,11		288	240	216	201	192	179	172	167	164
	A 50,11		228	190	172	158	150	141	135	131	128
	A 60,11		193	160	143	133	127	119	114	110	108
	A 70.11		170	140	126	117	111	104	100	97	95
Nemesíthető elektro szénacél	C 25		266	220	199	185	176	165	158	152	150
	C 35		232	192	173	161	153	143	137	133	131
	C 45		204	169	151	141	134	125	120	116	114
	C 60		160	133	119	111	105	99	94	91	89
Nemesíthető ötvözött acél	Cr 135	Vc 135	110	91	82	76	72	67	64	62	61
	cianfürdőben edzett		22	20	19	18	17	16	15	15	14
	Ms 135	VMs 135	99	81	73	68	65	60	58	56	55
	cianfürdőben edzett		23	21	19	18	17	16	16	15	15
	CrMo 140	VCMo 140	91	75	67	63	60	56	53	51	50
	cianfürdőben edzett		27	24	22	21	20	19	18	17	17
	CrNi 15,69	VCN 15	87	72	65	60	57	53	48	49	48
	cianfürdőben edzett		43	36	33	32	29	27	26	26	25
	CrNi 25,69	VCN 25	82	68	62	57	54	51	48	47	46
	cianfürdőben edzett		43	36	33	32	29	27	26	26	25
	CrNi 35,69	VCN 35	68	56	51	47	44	41	40	38	37
	cianfürdőben edzett		31	29	26	24	23	22	21	20	20
	CrNi 45,69	VCN 45	51	43	38	35	34	31	30	29	29
	cianfürdőben edzett		23	21	19	18	17	16	16	15	15
Betétben edzhető elektro szénacél	C 10		12	11	11	10	10	9	9	9	9
	C 15		13	12	11	11	10	10	9	9	9
Betétben edzhető ötvözött acél	Cr 80	EC 80	19	17	16	15	14	14	13	13	13
	Cr 100	EC 100	20	18	17	16	15	14	14	14	13
	Ni 15,68	EN 15	14	13	13	12	12	11	11	10	10
	CrNi 25,68	ECN 25	16	15	14	14	13	12	12	12	11
	CrNi 35,68	ECN 35	18	17	16	15	14	13	13	12	12
	CrNi 45,68	ECN 45	19	17	16	15	14	14	13	13	12
		15 CrNi 6	20	18	17	16	15	14	14	14	13
		18 CrNi 8	20	18	17	16	15	14	14	14	13
	41 Cr 4 cianf. edzett		13	12	11	11	10	10	9	9	9
Javítható acél láng vagy indukciós edzéssel		CK 53	16	15	14	13	13	12	12	11	11
	Ms 135	VMs 135	20	18	17	16	15	14	14	14	13
	CrV 150	50 CrV 4	13	12	11	11	10	10	9	9	9

A tengelytávolság ismeretében pedig d_{g1} és b számítható. d_{g1} és b ismeretében $d_{g1} = z_1 m_g$ alapján a modulusz kiszámítható. Szabványos szerszámmodult választva kiszámítható a kiskerék osztóhengerének és a fogaskerék szélességének végleges mérete.

Ha a köbtartalom számításánál a K_k kifejezésből indulunk ki, akkor lehetőség van arra, hogy az azonos biztonsághoz tartozó fogszám alatt z_1-et más szempontok szerint válasszuk. Ilyen szempont lehet a berágódásra való méretezés. A berágódást befolyásoló tényezők függnek a fogszámtól is. Nagy fordulatszámú kerekeknél ezt figyelembe kell venni.

Másik szempont lehet a hidrodinamikai kenés lefolyásának a feltétele. A z_1 fogszám kiválasztásánál számításba jöhet a fogdeformáció is. De figyelembe vehetők egyéb geometriai vagy technológiai problémák, sőt rezgésjelenségek is. Ezekre a közeljövő kutatásainak kell válaszolnia.

Hazai anyagokra nézve most folynak olyan kísérletek, amelyek megadják a kifáradási határértékeket, és az élettartam méretezéshez szükséges élettartam görbéket. Élettartamra való méretezésnél már nem érvényes az I. táblázat, mert különböző élettartamnál megváltozik k_m és σ_m viszonya.

II. táblázat

Fogazás	z_1
Egyenes kompenzált	60
Egyenes általános $\varepsilon = 21°26'$	59
Egyenes belső $\varepsilon = 21°58'$	36
Ferde általános $\beta = 10°$, $\varepsilon = 21°02'$	66
Kompenzált egyenes kúp	50

De nem érvényes az I. táblázat akkor sem, ha eltérünk a kompenzált egyenes homlokkerék fogazástól. A z_2 fogszámnak az I. táblázattól való eltérését érzékelteti a II. táblázat, amely egyetlen példában megmutatja Ms 135 nemesíthető acélnál $i = 4$ módosítás mellett a z_1 fogszám értékeit különböző fogazásoknál. A II. táblázat adatait az I. táblázatéhoz hasonlóan állapítottuk meg, figyelembe véve a jellegzetes fogazási eseteket.

Ferde fogazású kerekeknél ξ_k értéke helyett a fogdeformációból adódó 15%-os felületi-nyomás növekedést vettük alapul. Bár a fogferdeség befolyása csökkenti a fogszám értékét, a példában előforduló $\beta = 10°$ ferdeség nem csökkenti annyira K_k értékét, mint amennyire az 1,15 szorzó növeli.

IRODALOM

VÖRÖS IMRE: Gépelemek. III. köt., Fogaskerekek. Tankönyvkiadó. Budapest 1956.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fogaskerékpár mérete (a gördülőhengerek köbtartalma) a terhelésen (M_1) és az anyagjellemzőkön (σ_m, k_m) kívül — többek között — a kiskerék z_1 fogszámától is függ. Anyagtakarékos méretezésnél az a cél, hogy olyan z_1 fogszámot válasszunk, amelyiknél adott körülmények között (M_1, σ_m, k_m adva) a fogaskerékpár mérete a legkisebb. A vizsgálat azt mutatja, hogy a legkisebb méret a z_1 fogszám bizonyos intervallumában — kb. $z_1 = 20$-tól fölfelé a megfelelő I. táblázati fogszámig — a fogszámtól nem függ (közel állandó). Ahol a táblázati fogszám kisebb mint 20, ott a fogszámnak a táblázati fogszámig való csökkentésével a legkisebb méret is csökken. Általában azonban kimondhatjuk, hogy a z_1 fogszámot célszerű előzetesen 20—25 körül választani, ez anyagtakarékossági és geometriai szempontok szerint is megfelelőnek látszik. A méretezést pedig végezzük el felszíni szilárdság szempontjából, edzett vagy betétben edzett anyagoknál pedig törő szilárdság szempontjából.

GÉPSZÍJBŐR SZILÁRDSÁGA TARTÓS IGÉNYBEVÉTELKOR*

TÓTH GÉZA
A KÉMIAI TUDOMÁNYOK DOKTORA
és
WAICAND FERENC

[Beérkezett 1957. július 22-én]

A hosszú igénybevételek hatására mutatkozó fáradási jelenségeket készbőrökön régóta ismerik, mérésükre azonban mind ez ideig megfelelő vizsgálati módszereket még nem dolgoztak ki. Ilyen tartós fárasztási próbának tekinthető pl. a sokszoros hajlítgatás [1], vagy a gépszíj több tárcsán való járatása [2]. A vas- [3] és textilipari [4] vizsgálatok a tartós és ismételt igénybevételek terén már előbbrejutottak. Ezért szükségesnek tartottuk ilyen irányú vizsgálatok végzését a készbőrökkel is.

Kiindultunk abból a tapasztalatból, hogy a szakítási szilárdság függ a húzási sebességtől. Ha a szakítási szilárdsághoz közeleső igénybevételig terheljük a készbőrt, akkor apró pattogásokat hallunk, amelyek mind gyakoribbakká válnak és bizonyos idő után a bőr elszakad. Valószínűnek tartottuk, hogy a rostnyalábok egyenlőtlensége következtében némelyek erősebben vesznek részt a terhelésben és a legkisebb nyúlású szál szakadása következik be előbb, majd egymás után szakadnak el az egyes szálak, nyúlékonyságukkal fordított sorrendben. Feltehető, hogy egyes szálak a szakítási szilárdságnál már jóval kisebb feszültség hatására elpattannak és ez a jelenség összefüggésben lehet az anyagnak tartós igénybevételkor mutatkozó fáradásával. Minél nagyobb különbség van a bőr rostnyalábjainak, rétegeinek nyúlása között, annál kisebb feszültség elegendő az anyag fáradásának, a szakadási folyamatnak megindításához.

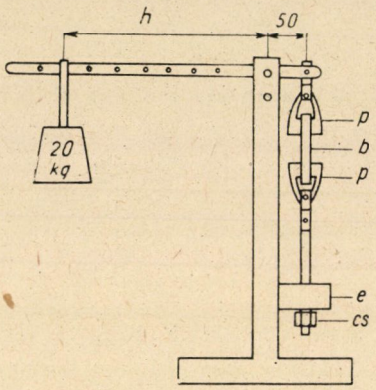
Egyes rostkötegek szilárdságának vizsgálatára még nincs megfelelő módszerünk, viszont a bőr különböző rétegeinek szilárdsága hasítás útján jól tanulmányozható. Így előző közleményünkben [5] kimutattuk, hogy több bőrréteg együttes szakításakor mért maximális szakítóerő kisebb, mint az egyes rétegek szakítóerőinek algebrai összege és ez a maximális erő az egyes rétegek erőnyúlás diagramjaiból kiszámítható.

E kísérletek igazolták azon feltevésünket, hogy minél egyenlőtlenebb nyúlású részekből áll a bőr, annál kisebb erő hatására szakad el és a bőrrostok egyenlőtlen nyúlása következtében a szakadás nem egyszerre, hanem fokozatosan következik be. A sok százezer rostnyaláb eloszlása, vastagsága, meszezése,

* A Bőripari Tudományos Egyesület 1957. évi június 7-i ülésén elhangzott előadás.

cserzése és zsírozása nem egyenletes és a merevebb szálak korábbi elszakadása okozza azt a pattogást, amelyet akkor észlelünk, ha a bőr a szakítószilárdsághoz közeleső terhelés alatt van.

Úgy gondoltuk, hogy a tartós igénybevétel vizsgálati módszereként sikerrel lehet alkalmazni oly készüléket, amely állandó erővel terheli a bőrt. Az 1. ábrán látható készülék kétkarú emelőjének egyik karjához a vizsgálandó bőrt erősítettük, másik karját ismert áttétel mellett huzamos időn át meghatározott súllyal állandóan terheltük és megmértük azt az időt, amely alatt a bőr



1. ábra

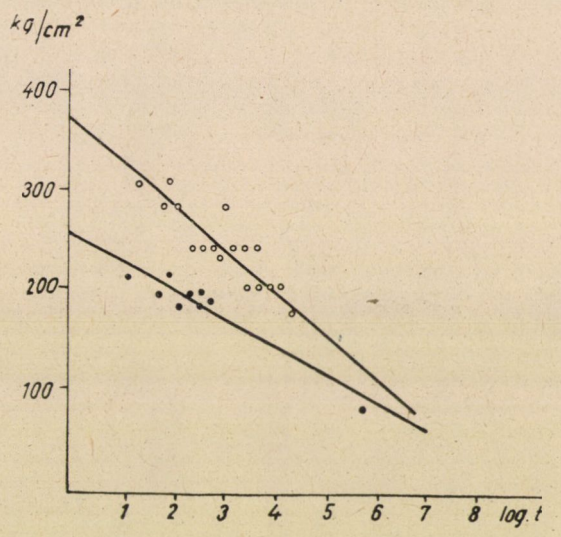
elszakadt. Kísérleteinknél főként gépszíjbőröket vizsgáltunk, amelyeknek szabványos mintavételi [6] helyéről 33×7 cm-es mintát vágtunk ki és ebből 9 db kisméretű (110×100 mm) szakító piskótát csákoztunk ki. A középsőknek meghatároztuk szakítószilárdságait (σ) és a többi próbadarabnál az 1. ábra szerinti 6 egyforma készülékkel, ismert terheléssel (σ') megállapítottuk a szakadási időket.

A *p* felső befogó pofa a kétkarú emelő rövidebb karjához csuklószerűen kapcsolódik, az alsót pedig *cs* csavar az állványzat *e* egyenesbevezetéséhez rögzíti. *cs* csavarral a kétkarú emelőt a kísérlet egész ideje alatt vízszintes helyzetbe hozzuk. A kétkarú emelő hosszabb karjára helyezzük a súlyokat, amelyeket a kívánt feszültség szerint választunk. Gépszíjaknál a tartós terhelés beállítására 20 kg súlyt alkalmazunk. A terhelőkar *h* hosszát minden alkalommal számítás útján állapítottuk meg. A számítás alapjául az szolgált, hogy az alsó befogó pofa 0,5 kg súlyú, a *h* terhelőkar pedig a felső pofa súlyán kívül még 3,5 kg súllyal tart egyensúlyt. Így tehát a mindenkori terheléshez 4 kg-ot hozzá kell adni. Minthogy a rövidebb kar hossza 5,0 cm és a hosszabb karon 20 kg-os súlyt helyeztünk el, azért

$$\sigma' = \frac{\frac{h}{5} \cdot 20 + 4}{a \cdot b}, \quad \text{ebből} \quad h = \left[\frac{a \cdot b \cdot \sigma'}{4} - 1 \right] \text{cm},$$

ahol a a próbadarab szélessége cm-ben,
b a próbadarab vastagsága cm-ben.
és σ' a tartós terhelés értéke, amely $\sigma' = x\,\sigma$. x értéke kísérleteinknél általában 0,60—0,80 között volt.

Nagyszámú vizsgálatot végeztünk gépszíjbőrökkel a szakadási idő és a terhelés közti összefüggés megállapítására. Azt találtuk, hogy a szakadási idő logaritmusai és a terhelés között bizonyos határokon belül lineáris összefüggés van. Ha a szakítószilárdság megállapításánál a szakadás egy perc alatt következik be, úgy ennek értéke a terhelés — log t-diagramon az abszcissza nulla pontjára kerül. Lineáris összefüggés egy percnél rövidebb szakítási idő esetében már nincs. Ezért a szakítószilárdság meghatározásakor a húzás sebességét a szokásos [7] 50 mm/percről 2 mm/percre csökkentettük. Ilyen sebesség mellett a gépszíjbőr szakadása valóságosan egy perc alatt következik be és tapasztalatunk szerint a meghatározások értékeinek szórása inkább kisebb.



2. ábra

A terhelés — log t-diagramon, tehát az egyenes szakasznak két pontját határoztuk meg, mégpedig az 1 perc alatt bekövetkező szakítási erőt és az 1. ábrában vázolt készülékkel a meghatározott terheléshez tartozó szakadási időt. A terhelést általában úgy szabályoztuk, hogy a szakadási idő 1/2 óra és két hét közé essék. Az első kísérleteknél különböző terheléssel szakítottuk el a próbatesteket, a gyűjtött tapasztalatok alapján azonban helyesebb, ha egy kísérletsorozatot azonos terheléssel (általában a szakítószilárdság 60—80%-ával) végzünk és az egyes szakadási idők középértékét vesszük figyelembe.

A 2. ábra két különböző szakítószilárdságú gépszíjbőr szakadási időinek (t percben) logaritmusait tartalmazza a terhelés függvényében. A legkisebb terhelés, amellyel gépszíjbőrt még sikerült elszakítani, a szakító szilárdság 32%-a volt és a szakadás 271 nap alatt következett be. Látható, hogy ugyanazon bőrnél a különböző terhelésekhez tartozó idők logaritmusai tág határok közt egy egyenesen fekszenek, amelyet *tartóssági vonalnak* nevezünk. Minthogy a

vas- [3] és textilipari [4] kutatások szerint is a szakadási idők logaritmusosan változnak a feszültséggel, így feltételezhetjük, hogy a tartóssági vonalból extrapolálással következtetni lehet a gépszíj élettartamára.

Az első táblázat 33 gépszíj- és néhány másfajta bőr tartós terhelési vizsgálatának részletes adatait tartalmazza. Látható, hogy jó minőségű gépszíjbőr log t értékei — 100 kg/cm² terheléssel — nagyrészt 6—7 közt vannak, de találunk kiugró értékeket is (18., 30., 36. számú bőr). Kifejezetten selejtes gépszíjbőr 100 kg/cm² terhelésnél csak egészen rövid ideig tart (32., 33. számú bőr). Minthogy a gépszíj szakadása a legkisebb szilárdságú (pl. varrás helye), vagy a legnagyobb igénybevételű helyen következik be, a 7. rovat pedig középértékeket tüntet fel, így ezen adatokat csak mutatószámnak tekintjük.

A kísérleti adatoknak a gyakorlati tartóssággal való összehasonlítása céljából beégetett nyaksávból gépszíjat készítettünk, amellyel forgó hordót hajtattunk és párhuzamosan a tartós igénybevételi próbát is elvégeztük. A gépszíjbőr szakítási szilárdsága 300 kg/cm² volt; tartós terheléssel pedig a következő értékeket mértük:

240 kg/cm² terheléssel a szakadási idő 40 perc, log t = 1,60
215 kg/cm² terheléssel a szakadási idő 400 perc, log t = 2,60
190 kg/cm² terheléssel a szakadási idő 2400 perc, log t = 3,38.

Ezen értékek közül a legmeredekebb tartóssági vonalat a második érték adja, amelyből extrapolálva 65 kg/cm² terhelésre a szakadási idő logaritmusa log t = 5,6; azaz 0,8 év alatt következnék be a szakadás.

E bőrből gépszíjat készítettünk, amellyel forgó hordót hajtattunk meg. A motormeghajtás adatai:

Névleges teljesítmény	9,5 LE
Áramfelvétel alapján teljesítmény	6,4 LE
A szíj hossza	540 cm
A tárcsák átmérője	180 mm és 480 mm
Szíjsebesség	918 cm/sec.

A gépszíjméretezési táblázatokból számítva 5 × 100 mm² keresztmetszetű gépszíjra volna szükség [8]. E helyett a kísérleti gépszíj 3,5 × 85 = 295 mm² keresztmetszetű volt, amelyet a szíj egy szakaszán 100 mm hosszú kivágásokkal fokozatosan 38 mm²-re csökkentettünk, amikoris a gépszíj elszakadt. A valóságban mutatkozó maximális erő tehát 300 × 0,38 = 114 kg volt.

Az elszakadt gépszíjat újból összeragasztottuk és most csak akkora kivágást eszközöltünk rajta, hogy a terhelés 65 kg/cm² legyen. Evvel a keresztmetszettel (3,5 × 50 = 175 mm²) folyamatosan járattuk a gépszíjat, amely 0,75 évi állandó használat után szakadt el. Ez az érték a 0,80 évi extrapolált értékkel elég jól egyezik.

A gépszíjnak egy helyen történő elvékonyításával megelőztük azt, hogy a szilárdságnak a toldás-varrás okozta csökkenése befolyásolja a tartóssági időt. Úgy látjuk tehát, hogy ezen zavaró hatás kiküszöbölése után a gyakorlatilag megállapított tartósság és a kísérleti módszereinkkel megállapított tartóssági értékek nagyságrendileg megegyeznek.

A tartóssági vonal iránytangensének jelentőségére 3 példát említünk. Kísérleteinknél azt tapasztaltuk, hogy különböző bőrök tartóssági vonalainak iránytangensei lényeges különbségeket mutatnak, ami azt jelenti, hogy nem mindig a nagyobb szakítószilárdságú bőr a tartósabbik. Megvizsgáltunk pl. rossz minőségű gépszíjat (I. táblázat, 32. számú bőr), amelyet próbaképpen úgy készítettünk, hogy nem teljesen átcserzett bőrmintát forró zsírban beégettünk. E bőrminta szakítási szilárdsága ugyan 220 kg/cm² volt, azonban a tartós

terheléskor rendkívül gyorsan elszakadt. A tartóssági vonalon történő extrapolálás szerint 100 kg/cm² terheléssel 2 nap alatt szakadna el, míg a jó minőségű, hidegen zsírozott gépszíjak — amelyek alig nagyobb szakítószilárdságúak — azonos terheléssel legalább 1/2—1 évig tartanak. Amíg tehát e bőr szakítószilárdságának értéke csak 30%-kal kisebb mint a kísérletsorozat átlaga, addig a szakadási idő, még a legkisebb értékek figyelembevételével is, 1/100-ad részére csökkent. Ebből azt látjuk, hogy a szakadási idő meghatározása sokkal érzékenyebb mutatószám, mint a szakítószilárdság.

Hogy a bőr minősítésére a tartós igénybevételi vizsgálat felvilágosításul szolgálhat, azt az I. táblázat statisztikai feldolgozása is mutatja. Általában a nagyobb szakítószilárdsággal bíró bőrök tartóssági vonalainak iránytángensei nagyobbak, bár ez nem mondható ki szabályként. Így a vizsgált bőrök átlagos értékei alapján:

400 kg/cm² feletti	szakítószilárdságú gépszíjnál	tg α	= 45
300—400 cm² közötti	szakítószilárdságú gépszíjnál	tg α	= 35
250—300 cm² közötti	szakítószilárdságú gépszíjnál	tg α	= 26
200—250 cm² közötti	szakítószilárdságú gépszíjnál	tg α	= 18

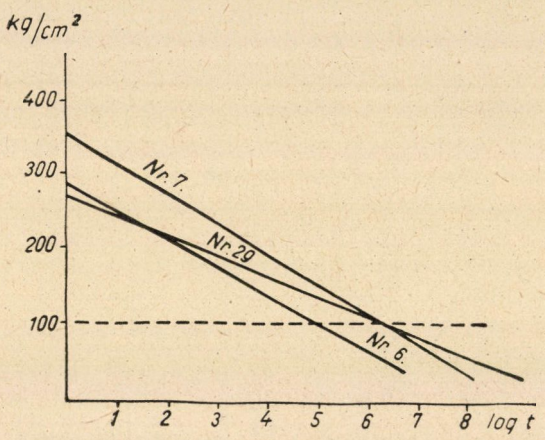
A gépszíj élettartama szempontjából a használat közben bekövetkező legnagyobb igénybevétel és ennek gyakorisága a döntő, amely a szíj rángatásánál és indításánál mutatkozik. Ezen legnagyobb igénybevétel azonban változó, ezért előfordulhat, hogy két gépszíj közül nagyobb terhelésnél az egyik, kisebb terhelésnél a másik bőr lesz tartósabb. Így pl. a 7. és 29. számú gépszíj (I. táblázat) 100 kg/cm² terhelésnél azonos élettartamúnak adódik. 100 kg/cm²-nél nagyobb terhelésnél a 7. számú bőr, 100 kg/cm²-nél kisebb terhelésnél pedig a 29. számú bőr tartósabb (3. ábra). A 6-os számú bőr, noha szakítószilárdsága nagyobb, gyakorlatilag minden igénybevételnél előbb fog elszakadni, mint a 29-es bőr.

Csernov [9] mutatott rá arra, hogy a bőr nyújtásakor a rostok orientációja következik be, ami együtt jár a szakítószilárdság növekedésével. Gépszíj huzamos használatánál is várható a rostnyalábok orientálódása, azonban azt találtuk, hogy a szakítószilárdság kismértékű növekedése nem nagyobb a szokásos szórásoknál. A 4. ábra két különböző gépszíjbőr (I. táblázatban 30., 31. számú bőrök) tartóssági vonalait ábrázolja használat nélkül (kihúzott vonal) és a belőlük készített gépszíjakét két évi használat után (szaggatott vonal). A kétfajta gépszíjbőrből egy közös hajtószíjat készítettünk, amely két évi használat után a 31. számú bőr toldásánál elszakadt. Feltűnő, hogy a tartóssági vonal használat után mindkét esetben meredekebbé válik, ami az élettartam csökkenését jelenti. Minthogy a használt és használat nélküli gépszíjak vizsgálatait egy időben végeztük — a használat nélküli gépszíjbőr mintákat is két évig pihentettük — így a tárolásnál bekövetkező változások hatását e kísérletnél kiküszöböltük.

A három fenti példa világosan mutatja, hogy a szakítási szilárdság értéke különösen feszesebb bőröknél egymagában még nem biztosíték a tartósságra, hanem a tartóssági vonal kis iránytangense szintén szükséges előfeltétele a bőrök tartósságának. Puha bőrökön, ahol a rostok orientációja igen könnyen bekövetkezik, ez a jelenség nem oly feltűnő.

Az egymás mellett fekvő próbatestek tartós igénybevételi vizsgálatainak szórása lényegesen nagyobb, mint a szakítópróbáké. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy a tartós igénybevétel a rostkötegek elhelyezkedésétől nagyobb mértékben függ, mint a szakítószilárdsági vizsgálat.

A legújabb elektronmikroszkópi felvételek felvilágosítást adnak e jelenségre. NEMETSCHEK, GRASSMANN és HOFMANN [10] azt találták, hogy



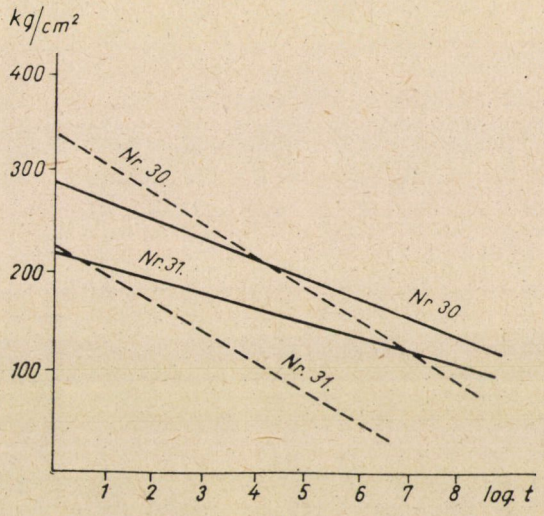
3. ábra

a kétszeresre nyújtott kollagén roston a harántcsíkok relatív helyzete nem változott meg. Felvételükön jól látható, hogy a rost egyik szakaszán a periódus közel kétszer akkora, mint ugyanazon rost más részein. Világos, hogy a további nyújtáskor ez a szakasz fog legelőször elszakadni. Még könnyebben keletkezhetik ilyen helyzet a készbőrben, amelyben az erős összefonódás következtében a rostok egyes szakaszai nem mozoghatnak szabadon, vagy pedig ha a bőr keresztmetszetének egyes rétegei más-más nyúlási értékekkel bírnak. Egyenlőtlenül cserzett vagy zsírozott bőrök külső rétegeinek nyúlása jelentősen különbözhetik a belső rétegekétől. Ennek következtében tartós terheléskor a belső rétegek kisebb nyúlású rostjai viselik a terhelés zömét és így előbb szakadnak el.

A rostnyalábok elrendeződésének ilyen elképzelése mellett érthetővé válik több szerzőnek [11] az a felismerése, hogy az egyes rostnyalábok szakítószilárdsága 50—60 kg/mm² nagyságrendű ; míg a szakítóerő a bőr teljes keresztmetszetére vonatkoztatva ennek alig egyhuszad része. Érthető továbbá, hogy CSERNOV [12] szerint a porozitás figyelembevételével a szakítószilárdság 7—15

kg/mm² nagyságrendű. Ezen adatokból arra lehet következtetni, hogy a rostnyalábóknak csak kis részét éri közvetlenül húzóerő és ezek elszakadása után fokozatosan kerül sor a többi rostnyaláb elszakadására is.

A kísérleteket folytatjuk más bőrökkel és készülékünket át fogjuk alakítani ismételt igénybevételre is. Megkíséreljük a készülék érzékenységének növelésével a szórásokat csökkenteni és reméljük, hogy a pontosság növelésével sikerülni fog a tartós igénybevételre megfelelő, jó mutatószámot kidolgozni. Tudjuk, hogy a gyakorlati használatban nemcsak a mechanikai fáradásnak, hanem az öregedésnek és más elváltozásoknak is van jelentőségük. Jelen vizsgá-



4. ábra

lati módszerünkkel természetesen csak a tartós mechanikai igénybevételkor bekövetkezett változásokra lehet következtetni. Éppen ezért e vizsgálatnak a kémiai öregedési módszerekkel való együttes alkalmazása további lehetőségeket nyújt az anyagvizsgálatok tökéletesítése terén.

FÜGGELÉK

Dr. Fehér István volt szíves felhívni figyelmünket arra, hogy a szakadási idő logaritmusainak és a feszültségnek lineáris összefüggéséből a következőképpen számítható ki a feszültség-idő görbe egyenlete.

$$\sigma' = -a \log t + b$$

egyenletben b jelenti azt a távolságot, amelyet az egyenes σ' ordinátáról lemetsz. Ez a távolság megfelel az egy perc alatt bekövetkezett szakadási időnél mért szakítószilárdságnak, amelyet a fentiekben σ-val jelöltünk.

Tehát

$$b = a,$$

I. táblázat

Sorszám	1 A bőr megnevezése	2 Szakítószilárdság, kg/cm²	3 Tartós terhelés értéke, kg/cm²	4 Szakadási idő percekben t	5 log t	6 100 kg/cm² terhelésre extrapolált log t	7 100 kg/cm² terhelésre extrapolált tartóssági idő
1	Növ. cserz. hid. zsír. gépszíjbőr	350	310	16	1,20		
			310	80	1,90		
			285	89	1,95		
			285	125	2,10		
			285	790	2,90		
			248	199	2,30		
			248	320	2,50		
		380	248	400	2,60		
			248	1 600	3,20		
			248	2 000	3,30		
			248	3 950	3,60		
			235	7 950	2,90		
		395	212	4 020	3,60		
			212	6 300	3,80		
			212	8 050	3,95		
			212	12 500	4,10		
			185	15 800	4,20		
	átlag :	375				6,50	6 év
2	Növ. cserz. hidr. zsír. gépszíjbőr	240	228	50	1,70		
			228	10	1,00		
			206	32	1,50		
		285	206	315	2,48		
			206	400	2,60		
			195	200	2,30		
		270	195	320	2,50		
			195	630	2,80		
			85	391 000	5,59		
	átlag :	265				5,70	1 év
3	Növ. cserz. hid. zsír. gépszíjbőr	360	240	802			
			240	1 990			
		370	240	1 008			
			240	120			
		300	240	220			
			240	5 640			
	átlag :	343	240	1 630	3,21	7,55	67 év
4	Növ. cserz. hid. zsír. gépszíjbőr	340	247	80			
			247	125			
		370	247	490			
			247	340			
		350	247	300			
			247	510			
	átlag :	353	247	307	2,48	5,85	1,3 év

I. táblázat (folytatás)

Sorszám	A bőr megnevezése	Szakítószilárdság, kg/cm²	Tartós terhelés értéke, kg/cm²	Szakadási idő percekben t	log t	100 kg/cm² terhelésre extrapolált: log t	100 kg/cm² terhelésre extrapolált: tartóssági idő
5	Növ. cserz. hid. zsír. gépszíjbőr	310	219	400			
			219	1 090			
		320	219	220			
			219	1 116			
		310	219	1 365			
			219	905			
	átlag:	313	219	849	2,93	6,70	9 év
6		290	217	140	2,15	5,30	0,4 év
7		360	330	6	0,78	6,60	8 „
8		300	190	2 400	3,38	6,05	2 „
9		260	164	11 705	4,07	6,80	12 „
10		290	217	735	2,87	7,25	34 „
11		250	198	303	2,48	6,80	12 „
12		268	209	372	2,57	7,10	23 „
13		295	235	53	1,73	5,50	0,7 „
14		193	156	550	2,74	6,70	9 „
15		360	300	35	1,55	6,60	8 „
16		205	156	1 510	3,17	6,42	5 „
17		240	192	328	2,52	6,95	17 „
18	Növ. cserz. hid. zsír. gépszíjbőr	460	323	3 710	3,57	8,70	950 „
19		350	210	8 055	3,91	7,50	60 „
20		470	300	10 000	4,00	7,70	95 „
21		310	215	3 550	3,55	7,60	75 „
22		220	132	30 500	4,48	6,20	3 „
23		280	245	35	1,55	7,90	150 „
24		350	245	2 160	3,34	7,80	120 „
25		270	188	2 581	3,41	7,30	38 „
26		275	235	46	1,67	7,20	30 „
27		250	158	3 870	3,59	6,00	2 „
28		235	176	570	2,75	6,25	3 „
29		270	217	140	2,45	6,60	8 „
30	Növ. cs. hzs. gépszíjkrupon, 2 évi tárolás után	291	233	850	2,93	9,50	6000 év
	Ua., 2 évi használat után	337	222	5 980	3,78	7,75	105 „
31	Komb. cs. hzs. gépszíjkrupon, 2 évi tárolás után	216	170	2 080	3,32	7,05	21 év
	Ua., 2 évi használat után	220	174	42	1,62	4,02	11 nap
32	Növ. cserz. beégetett gépszíj, selejtes minőség	220	163	45	1,65	3,50	2 nap
33	Növ. cserz. beégetett gépszíj, selejtes minőség	140	70	4 000	3,60	2,00	1½ óra
34	Rámaváll.	320	244	206	2,31	6,60	8 év
35	Blanknyak, barkaérzékeny	200	150	947	2,98	5,90	1,5 év
36	Marhabox	335	268	9 580	3,98	12,8	

továbbá

$$\sigma' = -a \log t + \sigma$$

$$\sigma - \sigma' = a \log t$$

$$t^a = 10^{\sigma - \sigma'}.$$

Ha σ értékét egységnek vesszük és σ' ennek arányos része, valamint a természetes logaritmusra térünk át, úgy

$$t^a = e^{1 - \sigma'}.$$

E képletből a értéke kiszámítható és az a gépszíj tartósági vonalát karakterizálja.

IRODALOM

1. H. Herfeld: Die Qualitätsbeurteilung von Leder etc. 1950. 73. l.
2. D. Woodroffe: Standard Handbook of Industrial Leather 1949. 208 l.
3. Gillemot László: Metallográfia és anyagvizsgálat (Műegyetemi jegyzet). Bp. 1955.
4. Dr. A. Zart: Melliand Textilberichte (1955).
   Hajmásy Tibor: A Textilipari Kutató Intézet közleményei. Bp. 1953.
5. Dr. Tóth G. és Waigand F.: Bőr- és Cipőtechnika, 1957, 104 l.
6. MNOSZ 871—53 Á, 3. l.
7. MNOSZ 871—53 Á, 8. l.
8. Gál Endre: Bőr- és Cipőtechnika, 1951, 120 l. és 1952. 29. l.
9. N. V. Csernov: A bőrgyártás technológiája, III. kötet, 1952. 53 l.
10. Th. Nemetschek, W. Grassmann, U. Hofmann: Z. Naturforschg. 10 b 61 (1955). Referálva: Das Leder 1957. 27. l.
11. Jovanovits und Alge: Collegium 1932. 215. Irodalom: W. Grassmann, Handbuch d. Gerbereichemie etc. II/2. 13. l.
    A. L. Zajdesz és Sz. J. Szokolov: Gizlegprom 1937. 141. l.
    A. N. Mihajlov: A bőrgyártás fiziko-kémiai alapjai. I. 57. l.
12. N. V. Csernov: A bőrgyártás technológiája, III. kötet, 51. l.

ÖSSZEFOGLALÁS

Gépszíjbőr szakításakor a rostok nem egyszerre, hanem egymás után fokozatosan pattannak el. Nyújtáskor a rostnyalábok — a gyártás egyenlőtlensége, vagy a rostok elrendeződése következtében — nincsenek egyenlő mértékben terhelve és az erősebben igénybevett, vagy kisebb nyúlású rostnyalábok előbb szakadnak el. Az 1. ábra szerinti készülékben tartós terheléssel a gépszíjak a szakítószilárdság kis hányadával is elszakíthatók hosszabb időn át. Így pl. a szakítószilárdság 32%-ával terhelt gépszíj 271 nap alatt szakadt el. Ugyanazon bőrnél a különböző terhelésekhez tartozó szakadási idők logaritmusai tág határok között egy egyenesen fekszenek.

A RETESZ FELÜLETI NYOMÁSA

SZŐKE BÉLA

[Beérkezett 1957. augusztus 5-én]

I. A maximális és közepes felületi nyomás aránya

A retesz felületi nyomását a gyakorlatban úgy számítják, mintha a hordozó felületeire ható nyomás egyenletesen oszlanék el mind a tengelyben, mind az agyban levő részen és ennek következtében a retesz egy erőpár hatása alatt állana. Ez a feltevés, amint erre RAFFAJ ANDRÁS rámutatott [1], a retesz sztatikai egyensúlyának a magyarázatára sem elégséges.

A gyakorlattal egyező azzal a feltevéssel, hogy a retesz illesztése a tengelyben szorosabb, mint az agyban — a kerék eltolhatósága, avagy cserélhetősége végett — a retesz egyensúlyi állapota három párhuzamos erő egyensúlyára vezethető vissza [2], mégpedig az 1. ábra szerint az óramutató járásával megegyező h a j t ó tengely esetén az ábra jelöléseivel

$$B - C = E. \tag{1}$$

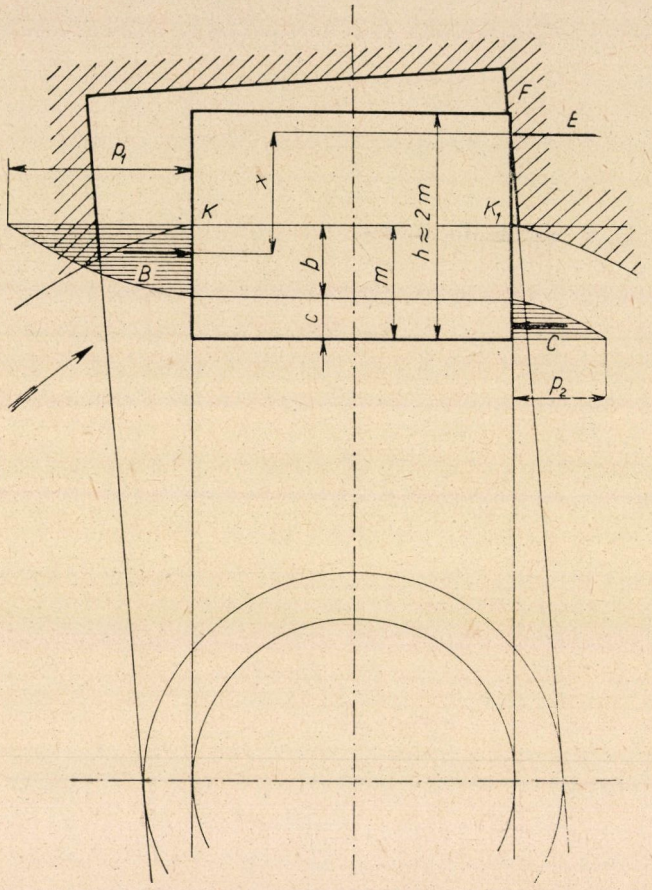
Az E ékerő, mely az átviendő nyomatéktól függ, új reteszkötésnél az F felső pontban támad, de feltételezhető, hogy a használatban keletkező felfekvőfelület következtében a $K - K_1$ retesz-középsík K_1 pontja felé tolódik, sőt egész kis gyártási pontatlanság esetén már kezdetben is itt támadhat.

A három párhuzamos erő legnagyobbika, B, annak a megosztott terhelésnek eredője, melynél a megoszlás görbéjét nem ismerjük, de a várható jelenségek (kiverődés, törés stb.) bekövetkezésére a K pontban keletkező p_1 felületi nyomás mérvadó. Ez a felületi nyomás számítás szerint lényegesen nagyobb az egyenletesen megoszló terhelésből szokás szerint számított p közepes felületi nyomásnál. Hogy a p_1/p arányról fogalmat alkothassunk, az alábbiakban számítással követjük azokat az értékeket, melyek a B és C erőket eredményező megoszló terhelés különböző eseteinél fellépnek.

Mindegyik terhelési eloszláskor két határesetet fogunk vizsgálni: Felső határesetnek tekintjük, amikor E erő az F pontban —, alsó határesetnek, amikor K_1 pontban támad, és ki fogjuk mutatni, hogy a maximális felületi nyomás mind a lineáris, mind a távolság négyzetével növekvő, vagy akár a távolság

négyzetgyökével arányos megoszló terheléskor lényegesen nagyobb a közepes nyomásnál.

Ez a felismerés azért is fontos, mert a legszorosabban összefügg a tengelyvég szabványok kialakításával.



1. ábra. A retesz terhelése

II. A felületi nyomás eloszlása lineáris

A 2. ábra jelöléseivel felírhatók a következő összefüggések:

$$p_2 = p_1 \frac{c}{b}, \tag{2}$$

$$B = \frac{b\,p_1}{2}, \tag{3}$$

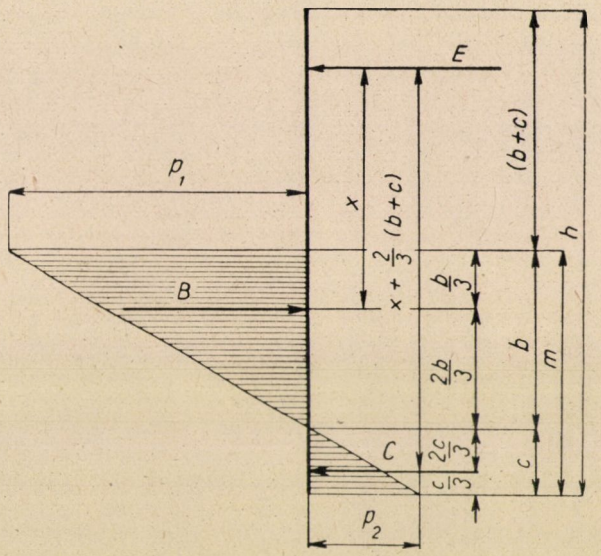
$$C = \frac{c\,p_2}{2}. \tag{4}$$

Ha az E erő B síkjától x távolságban támad, akkor az E eredő síkjára vonatkozó nyomatékokra felírható

$$Bx = C\left[x + \frac{2}{3}(b+c)\right],$$

vagyis (2) tekintetbevételével

$$\frac{b\,p_1\,x}{2} = \frac{c^2 p_1}{2\,b}\left[x + \frac{2}{3}(b+c)\right],$$



2. ábra. A megoszló terhelés lineáris

ebből

$$x\,(b^2 - c^2) = \frac{2}{3}\,c^2\,(b+c)\,,$$

honnan

$$x = \frac{2}{3}\,\frac{c^2}{b-c}\,. \tag{5}$$

A) *Alsó határeset*

E erő K_1 pontban támad, ekkor (5) tekintetbevételével

$$x = \frac{b}{3} = \frac{2}{3}\,\frac{c^2}{b-c}\,,$$

$$b^2 - b\,c = 2\,c^2$$

$$\left(\frac{b}{c}\right)^2 - \frac{b}{c} - 2 = 0,$$

$$\frac{b}{c} = z$$

jelölés bevezetésével

$$z^2 - z - 2 = 0, \tag{6}$$

honnan

$$z = \frac{1 \pm \sqrt{1+8}}{2}.$$

Számunkra csak a pozitív gyöknek van jelentősége és így

$$z = \frac{b}{c} = 2. \tag{7}$$

Ezzel az értékkel

$$m = b + c = (z+1)\,c = \frac{(z+1)\,b}{z},$$

ebből

$$b = \frac{z}{z+1}\,m, \tag{8}$$

$$c = \frac{m}{z+1}. \tag{9}$$

(2) és (7)-ből

$$p_2 = \frac{p_1}{z}, \tag{10}$$

(3)-ból (8) szerint

$$B = \frac{z\,m\,p_1}{2\,(z+1)}, \tag{11}$$

(4)-ből (9) és (10) szerint

$$C = \frac{m\,p_1}{2\,z\,(z+1)}. \tag{12}$$

(1) szerint

$$E = B - C = \frac{(z^2-1)\,m\,p_1}{2\,z\,(z+1)},$$

vagyis

$$E = \frac{(z-1)\,m\,p_1}{2\,z}. \tag{13}$$

A szokásos számításnál használatos p közepes nyomással

$$E = m\,p. \tag{14}$$

(13) és (14) összevetéséből

$$\frac{(z-1)\,p_1}{2\,z} = p,$$

tehát a maximális és közepes felületi nyomás hányadosa

$$q = \frac{p_1}{p} = \frac{2\,z}{z-1}. \tag{15}$$

Az alsó határesetben a (7) alatti érték behelyettesítésével

$$q_a = \frac{p_1}{p} = 4\ . \tag{15}$$

B) *Felső határeset*

E erő F felső pontban támad; az ennek megfelelő nyomatéki kar és (5) egyenlet összevetéséből

$$\frac{4}{3}\,b + c = \frac{2}{3}\,\frac{c^2}{b-c},$$

$$4\,b^2 - b\,c - 5\,c^2 = 0,$$

bevezetve $b/c = z$ jelölést

$$4\,z^2 - z - 5 = 0 \tag{6}$$

és

$$z = \frac{1 \pm \sqrt{1+80}}{8},$$

honnan a pozitív gyök

$$z = \frac{b}{c} = 1{,}25 \tag{7}$$

és (15) szerint

$$q_f = \frac{2{,}5}{0{,}25} = 10. \tag{15}$$

Számtani középérték szerint

$$p_1 = 7\,p.$$

III. A felületi nyomás eloszlása a távolság négyzetével egyenesen arányos

A 3. ábra jelöléseivel

$$p_2 = p_1\,\frac{c^2}{b^2}. \tag{2a}$$

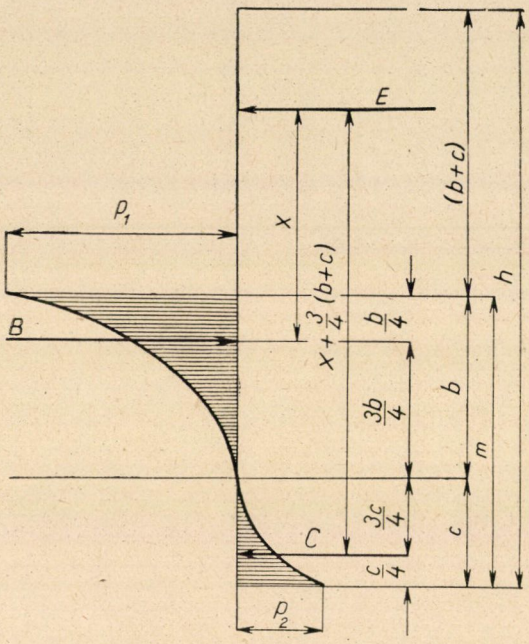
A parabola területét derékszögű négyszöggé kiegészítő terület a teljes négyszög

1/3-ad része, a súlypont pedig a szélektől b/4, illetve c/4 távolságra van, tehát

$$B = \frac{b p_1}{3}, \tag{3a}$$

(2*a*) tekintetbevételével

$$C = \frac{c p_2}{3}. \tag{4a}$$



3. ábra. A megoszló terhelés a távolság négyzetével egyenesen arányos

A nyomaték E erő síkjára

$$B x = C\left[x + \frac{3}{4}(b + c)\right].$$

Ebbe (3*a*) és (4*a*) értékeit behelyettesítve és rendezve,

$$x(b^3 - c^3) = \frac{3}{4} c^3 (b + c,$$

honnan

$$x = \frac{3}{4} \frac{(b + c)}{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1}, \tag{5a}$$

A) *Alsó határeset*

(5*a*) tekintetbe vételével

$$x = \frac{b}{4} = \frac{3}{4}\,\frac{(b+c)}{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1},$$

honnan

$$\left(\frac{b}{c}\right)^4 - 4\left(\frac{b}{c}\right) - 3 = 0.$$

$z = b/c$ jelöléssel

$$z^4 - 4z - 3 = 0\,. \tag{6a}$$

A jelváltások száma egy pozitív gyökre utal, amit különösebb számítás nélkül köbskálás logarlécen kevés próbálgatás után leolvashatunk, ha a (6*a*) egyenletet

$$z^3 - 4 = \frac{3}{z}$$

alakban írjuk fel. A leolvasott érték

$$z = \frac{b}{c} = 1{,}784. \tag{7a}$$

(2*a*) és (7*a*)-ból

$$p_2 = \frac{p_1}{z^2}\,. \tag{10a}$$

(3*a*)-ból (8) szerint

$$B = \frac{z\,m\,p_1}{3\,(z+1)}, \tag{11a}$$

(4*a*)-ból (9) és (10*a*) szerint

$$C = \frac{m\,p_1}{3\,(z+1)\,z^2}\,. \tag{12a}$$

(1) szerint (11*a*) és (12*a*) értékeivel

$$E = B - C = \left|\frac{z}{z+1} - \frac{1}{(z+1)\,z^2}\right| \frac{m\,p_1}{3}$$

$$E = \frac{z^3 - 1}{z^2\,(z+1)}\,\frac{m\,p_1}{3}\,.$$

Ezt az értéket összevetve a szokásos számítási mód

$$E = m\,p$$

értékével, a felületi nyomások hányadosára nyerjük

$$q = \frac{p_1}{p} = \frac{3\,z^2\,(z+1)}{z^3 - 1}\,. \tag{15a}$$

A (7*a*) érték behelyettesítésével

$$q_a = \frac{p_1}{p} = 5{,}7\,. \tag{15a}$$

B) *Felső határeset*

A megfelelő nyomatéki kar és (5*a*) érték összevetéséből

$$\frac{5}{4}\,b + c = \frac{3}{4}\,\frac{b+c}{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1}\,.$$

Rendezés után

$$5\left(\frac{b}{c}\right)^4 + 4\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 8\left(\frac{b}{c}\right) - 7 = 0,$$

bevezetve $b/c = z$ jelölést

$$5\,z^4 + 4\,z^3 - 8\,z - 7 = 0. \tag{6a}$$

A (6*a*) egyenletnek csak egy pozitív gyöke van, melynek értéke

$$z = \frac{b}{c} = 1{,}18415 \tag{7a}$$

és (15*a*) szerint

$$q_f = \frac{p_1}{p} = \frac{3 \cdot 1{,}184^2 \cdot 2{,}184}{1{,}184^3 - 1} = 13{,}91\,. \tag{15a}$$

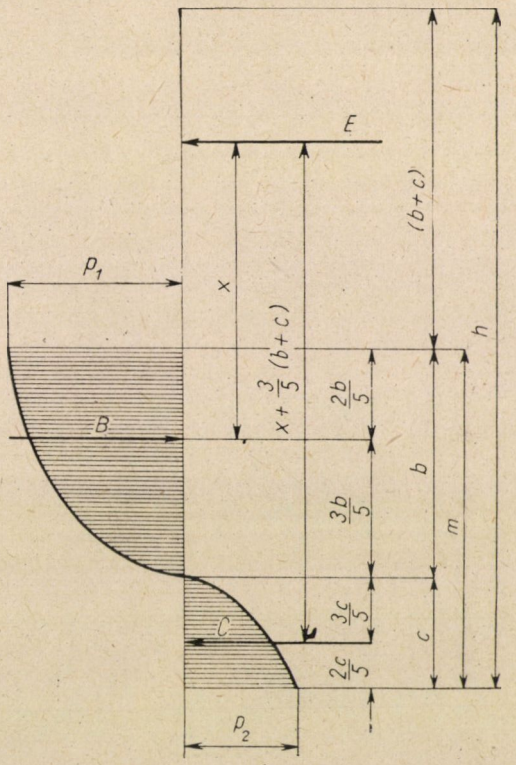
Számtani középérték szerint

$$p_1 = 9{,}8\,p.$$

IV. A felületi nyomás eloszlása a távolság négyzetgyökével egyenesen arányos

A 4. ábra jelöléseivel

$$p_2 = p_1 \sqrt{\frac{c}{b}}. \tag{2b}$$



4. ábra. A megoszló terhelés a távolság négyzetgyökével egyenesen arányos

A parabola-rész területe a körülírt négyszög 2/3 része, a súlypont távolsága a szélektől $2b/5$, illetve $2c/5$ távolságra van, tehát

$$B = \frac{2}{3} b p_1 . \tag{3b}$$

(2b) tekintetbevételével

$$C = \frac{2}{3} c p_2 \tag{4b}$$

A nyomaték E erő síkjára

$$B x = C\left[x + \frac{3}{5}(b + c)\right].$$

Ebbe (3*b*) és (4*b*) értékeit behelyettesítve és rendezve

$$x\,(\sqrt{b^3} - \sqrt{c^3}) = \frac{3}{5}\sqrt{c^3}\,(b + c),$$

honnan

$$x = \frac{3}{5} \cdot \frac{b + c}{\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1}}. \tag{5b}$$

A) *Alsó határeset*

A megfelelő nyomatéki kar és (5*b*) tekintetbevételével

$$\frac{2}{5}\,b = \frac{3}{5}\,\frac{b + c}{\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1}},$$

honnan

$$2\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^5} - 5\left(\frac{b}{c}\right) - 3 = 0.$$

Bevezetve a

$$\sqrt{\frac{b}{c}} = \sqrt{z} = y$$

jelölést,

$$2y^5 - 5y^2 - 3 = 0. \tag{6b}$$

Ennek az egyenletnek egyetlen pozitív gyöke

$$y = \sqrt{z} = 1{,}473.$$

és

$$z = \frac{b}{c}\,1{,}473^2 = 2{,}17. \tag{7b}$$

(2*b*) és (7*b*)-ből

$$p_2 = \frac{p_1}{\sqrt{z}}, \tag{10b}$$

(3*b*)-ből (8) szerint

$$B = \frac{2}{3}\,\frac{z}{z+1}\,m\,p_1, \tag{11b}$$

(4*b*)-ből (9) és (10*b*) szerint

$$C = \frac{2}{3}\,\frac{m}{z+1}\,\frac{p_1}{\sqrt{z}}. \tag{12b}$$

(1) szerint (11*b*) és (12*b*) értékeivel

$$E = B - C = \frac{2}{3} m p_1 \cdot \frac{z\sqrt{z} - 1}{(z+1)\sqrt{z}}.$$

Ezt az értéket összevetve a szokásos számítás

$$E = m p$$

értékével, a felületi nyomások hányadosára nyerjük

$$q = \frac{p_1}{p} = \frac{3}{2} \cdot \frac{(z+1)\sqrt{z}}{z\sqrt{z} - 1}. \tag{15b}$$

A (7*b*)-beli számértékkel

$$q_a = \frac{p_1}{p} = 3{,}2\,. \tag{15b}$$

B) *Felső határeset*

A megfelelő nyomatéki kar és (5*b*) tekintetbevételével

$$\frac{7}{5} b + c = \frac{3}{5} \frac{b+c}{\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^3 - 1}},$$

rendezés után

$$7\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^5} + 5\sqrt{\left(\frac{b}{c}\right)^3} - 10\left(\frac{b}{c}\right) - 8 = 0\,.$$

Bevezetve a

$$\sqrt{\frac{b}{c}} = \sqrt{z} = y$$

jelölést,

$$7y^5 + 5y^3 - 10y - 8 = 0\,. \tag{6b}$$

Az egyenlet egyetlen pozitív gyöke

$$y = \sqrt{z} = 1{,}142$$

és

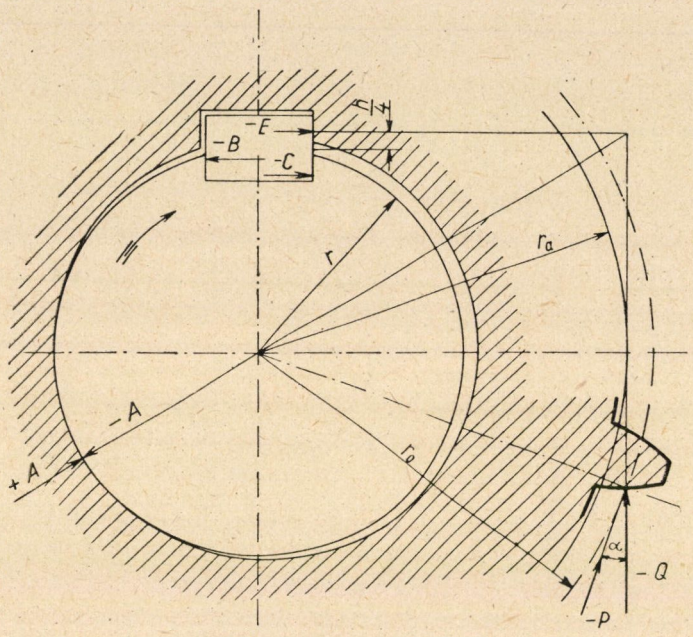
$$z = \frac{b}{c} = y^2 = 1{,}142^2 = 1{,}31\,, \tag{7b}$$

és (15*b*)-be a nyert számértéket behelyettesítve,

$$q_f = \frac{p_1}{p} = 8{,}065. \qquad (15b)$$

Számtani középérték szerint

$$p_1 = 5{,}63\,p.$$



5. ábra. A kerék síkjában ható erők

V. A kerék síkjában ható erők

A tengely, retesz és kerék kinematikai láncának egyes tagjaira érvényesülő erőhatásokat előző jelöléseink megtartásával és az 5. ábra figyelembevételével így adhatjuk meg:

A hajtó tengelyre hat: $P\,r_0 = Q\,r_a$ forgatónyomaték, $(-B)$, $(-C)$, melyek eredője E, továbbá A tengelyerő.

A reteszre hat: $(+B)$, $(+C)$, $(+E)$

A kerékre hat: $(-Q)$, $(-E)$ és $(-A)$ tengelyreakció.

Az előzőek szerint E erő karja csak a felfekvés (benyomódás) alakulásával változtatja értékét, de a különbség nem lehet több, mint $m = h/2$ (1. ábra), ami E abszolút értéke szempontjából (az egész kis méretű tengelyeket nem tekintve) elhanyagolható és

$$E \approx \frac{P\,r_0}{r + h/4} = \frac{Q \cos\alpha\, r_0}{r + h/4} = \frac{P\,r_a}{r + h/4}$$

érték állandónak tekinthető, ha P kerületi erő nem változik.

Az A tengelyreakció a tengely forgása közben nemcsak irányát, hanem nagyságát is változtatja és erről más helyen [3] kimutattuk, hogy reteszes tolókerekeknél a súrlódási és szerkezeti viszonyoktól függően a keréktestet a tengelyhez képest elmozdítja, amit az 5. ábrában is érzékeltetünk.

A B és C erőkről tudunk a legkevesebbet és az előző számításokban tetszőlegesen és tág határok között felvett felületi nyomáseloszlás mellett kiszámított határértékeket táblázatban foglaljuk össze :

A felületi nyomás eloszlása	Alsó határ		Felső határ		Számtani közép
	$z = \frac{b}{c}$	$q_a = \frac{p_1}{p}$	$z = \frac{b}{c}$	$q_f = \frac{p_1}{p}$	$\frac{q_a + q_f}{2}$
$cx^{\frac{1}{2}}$ függvény szerint	2,17	3,2	1,31	8,065	5,63
cx függvény szerint	2	4	1,25	10	7
cx^2 függvény szerint	1,784	5,7	1,18415	13,91	9,8

Ha a három terhelési feltétellel kapott számítási eredmények számtani középértékeinek is a számtani közepét tekintjük elfogadhatónak, akkor azt kell mondanunk, hogy 7,21-szor, kereken 7-szer akkora a p_1 maximális felületi nyomás, mint az a középnyomás, amit a gyakorlati számításoknál tekintetbe vesznek.

Az igénybevételt lényegesen fokozzák a dinamikai hatások.

A számítás eredményei arra is intenek, hogy nagy elővigyázatra van szükség a tengelyvég szabványok módosításánál és kívánatos a keletkező felületi nyomásoknak a megfelelő műszerekkel [1], kiváltképpen pedig a feszültségoptika eszközeivel [2] való meghatározása, mivel a deformáció tekintetbevételével végzett számítások sem lennének biztonságosabbak a most tárgyaltaknál.

VI. A folyási határ valószínű jelentősége

Az előző számításokat azzal a számítási egyszerűsítéssel végeztük, hogy

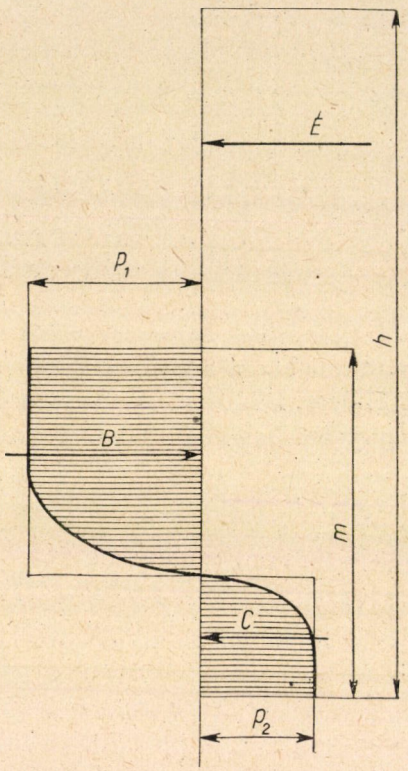
1. A számításokban előforduló h ékmagasság nem a teljes ékmagasságot, hanem az élletörések után maradó, a tényleges hordozó felületnek megfelelő magasságot tünteti fel. Az élletörések a felfekvő felületet mintegy 10%-kal csökkentik.

2. A terhelés eloszlását az ék hossza mentén egyenletesnek tételeztük fel.

3. A számítások csak olyan mérvű forgatónyomatékokra érvényesek, melyeknél az igénybevétel nem éri el a folyási határt, avagy az eredmények csak a folyási határ nélküli „feltételezett" anyagra érvényesek.

Gyulai Zoltán egyetemi docens véleménye szerint a számítások eredményeként feltételezhető a maradó deformáció és ennek következtében a 6. ábrá-

hoz hasonló terheléseloszlás. Kezdeményezésére az alábbiakban elvégezzük a számítást arra az eszményi határesetre, amikor az igénybevétel a teljes hordozó felület mentén eléri a folyási határt — ami tulajdonképpen az egyenletes terhelés eloszlásának felel meg — és feltételezzük, hogy a nyomott sávok szélessége az eredő nyomásokkal arányos. Az ékmagasságra és a hosszmenti egyenletes terheléseloszlásra vonatkozó fenti feltételek e számításra is vonatkoznak.



6. ábra. Feltételezett megoszló terhelés részleges maradó deformációnál

A 7. ábra jelöléseivel

$$p_2 = p_1 \frac{c}{b}, \tag{2c}$$

$$B = b\,p_1, \tag{3c}$$

$$C = c\,p_2, \tag{4c}$$

továbbá

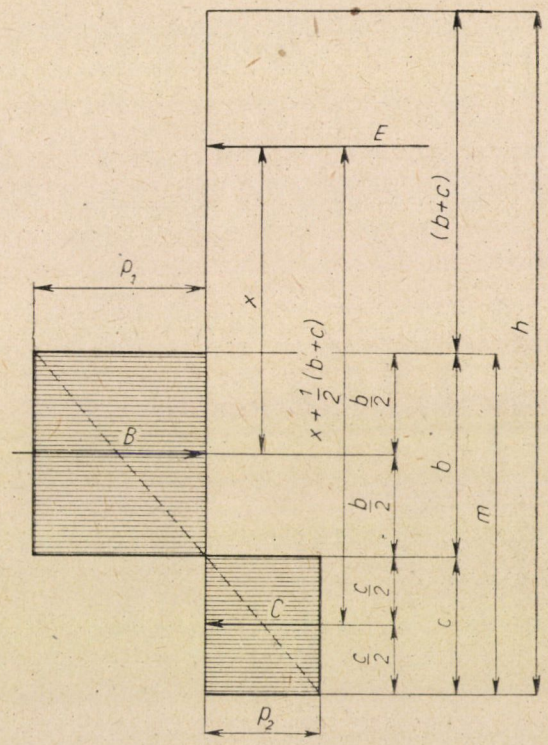
$$B\,x = C\left[x + \frac{1}{2}(b + c)\right],$$

honnan a fenti összefüggések tekintetbevételével

$$x = \frac{c^2}{2(b-c)}. \tag{5c}$$

A) *Alsó határeset*

$$x = \frac{b}{2} = \frac{c^2}{2(b-c)},$$



7. ábra. Feltételezett megoszló terhelés a folyási határnál nagyobb igénybevétel esetén

honnan a meghatározó egyenlet $\frac{b}{c} = z$ jelölés bevezetésével

$$z^2 - z - 1 = 0 \tag{6c}$$

és ebből

$$z = \frac{b}{c} = 1{,}618. \tag{7c}$$

Továbbá (8) és (9) tekintetbevételével

$$B = \frac{z}{z+1} m p_1, \tag{11c}$$

$$C = \frac{m}{(z+1)\,z}\,p_1 \tag{12c}$$

és

$$E = B - C = \frac{z-1}{z}\,m\,p_1 .$$

A szokásos középnyomással

$$q = \frac{p_1}{p} = \frac{z}{z-1} \tag{15c}$$

és z fenti értékével

$$q_a = \frac{p_1}{p} = \frac{1{,}618}{0{,}618} = 2{,}62 . \tag{15c}$$

B) *Felső határeset*

$$x = \frac{b}{2} + b + c = \frac{c^2}{2\,(b-c)},$$

honnan a meghatározó egyenlet

$$3z^2 - z - 3 = 0 \tag{6c}$$

és

$$z = \frac{b}{c} = 1{,}18 . \tag{7c}$$

(15c) szerint

$$q_f = \frac{p_1}{p} = \frac{z}{z-1} = \frac{1{,}18}{0{,}18} = 6{,}56 \tag{15c}$$

Számtani középérték szerint

$$p_1 = 4{,}59 .$$

E számítás, mely a tényleges igénybevételeknél valószínűleg kisebb értékekre vezetett, azért figyelemre méltó, mert eredményei közel járnak a 4. ábrában felvett $c\sqrt{x}$ szerint változó terheléseloszlás eredményeihez.

IRODALOM

1. RAFFAJ ANDRÁS: A reteszkötés erőjátéka. Gép, 1957. 1. szám.
2. SZŐKE BÉLA: A retesz lehetséges terhelései. (A Gép 1958. évf. 4. sz.)
3. SZŐKE BÉLA: Erőjáték reteszes fogaskerekeknél. (A MTA Acta Technica 1958. XXI. kötet, 1—2. füzet)

ÖSSZEFOGLALÁS

A reteszre ható három erőhatás közül az E ékerő az átviendő nyomatékból kellő pontossággal meghatározható. Ez az erő azonban annak a két egymással ellenkező irányú B és C erőnek az eredője, melyeknek nagyságát nem ismerjük. Mivel irányuk ellenkező, a retesz tengelyben fekvő részén erőhatás alatt nem álló semleges sík lesz, a legnagyobb felületi nyomás pedig B erő környezetében a retesz választó síkjában keletkezik. Ez a p_1 legnagyobb felületi nyomás — mely legnagyobb jelentőségű a várható jelenségek (kiverődés, elnyíródás) bekövetkezésénél — a B és C környezetében fennálló felületi nyomás megoszlásának és az E erő támadási helyének függvénye.

E legnagyobb p_1 felületi nyomás határértékeit kiszámítottuk három feltételezett megoszló terhelés esetére (lineáris, a távolsággal négyzetes arányban növekvő és a távolság négyzetgyökével arányos) és a „folyási határ nélküli anyag"-nál azt találtuk, hogy dinamikai hatások tekintetbevétele nélkül kb. 7-szerese annak a közepes felületi nyomásnak, amit a szokásos számításoknál feltételeznek, sőt felső határesetben több mint 13-szorosa is lehet és alsó határesetben is több, mint 3-szorosa.

Maradó deformáció feltételezésénél is 2,62÷6,56-szoros nyomások mutatkoznak.

E felismerés, mely kísérleti igazolásra szorul, szoros összefüggésben van a tengelyvég kialakításának kérdésével.

AZ ALKOTÓK AKTIVITÁSÁNAK KISZÁMÍTÁSA KÉTALKOTÓS FÉMOLDATOKBAN

HORVÁTH AURÉL
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, ÁLTALÁNOS KÉMIAI TANSZÉK, MISKOLC

[Beérkezett 1957. augusztus 7-én]

I. Ideális és reális oldatok; standard állapotok

Azokat az oldatokat, amelyek bármely alkotójának aktivitása tetszőleges koncentrációnál a móltörttel egyenlő, *ideális oldatoknak* nevezzük. Ha a standard állapot a tiszta állapot, akkor ezeknél az oldatoknál

$$\gamma_i = \frac{a_i}{x_i} = 1\,, \tag{1}$$

ahol γ_i, a_i, ill. x_i bármely „i" oldatalkotó aktivitási együtthatója, aktivitása, ill. móltörtje. Az ideális oldatok minden koncentrációnál követik a Raoult-féle törvényt, amely az

$$f_i = k_i \cdot x_i \tag{2}$$

képlet szerint lineáris összefüggést állapít meg bármely oldatalkotó fugacitása (f_i) és móltörtje között. Ha $x_i = 1$, azaz a tiszta „i" alkotóról van szó, akkor

$$k_i = f_i = f_i'\,, \tag{3}$$

tehát a (2) képlet k_i *arányossági tényezője a tiszta „i" alkotó fugacitása* (f_i'). Ha a tiszta „i" alkotónak az oldatéval azonos viszonyok közti állapota a standard állapot, akkor a Raoult-törvény

$$f_i = f_i' x_i \tag{4}$$

alakban írható fel.

Ennek a képletnek minden lehetséges koncentrációnál és mindkét alkotóra vonatkozó érvényessége az oldat ideális jellegének feltétele, mint az 1. ábra mutatja, amely a fugacitás és a móltört közötti lineáris összefüggést szemlélteti. (Az 1. index az oldószerre, a 2. index az oldott anyagra vonatkozik.)

Az aktivitás — definíciószerűen — az adott (f) és a standard állapotra vonatkozó (f^0) fugacitás viszonyszáma; ha a tiszta állapot a standard állapot, akkor

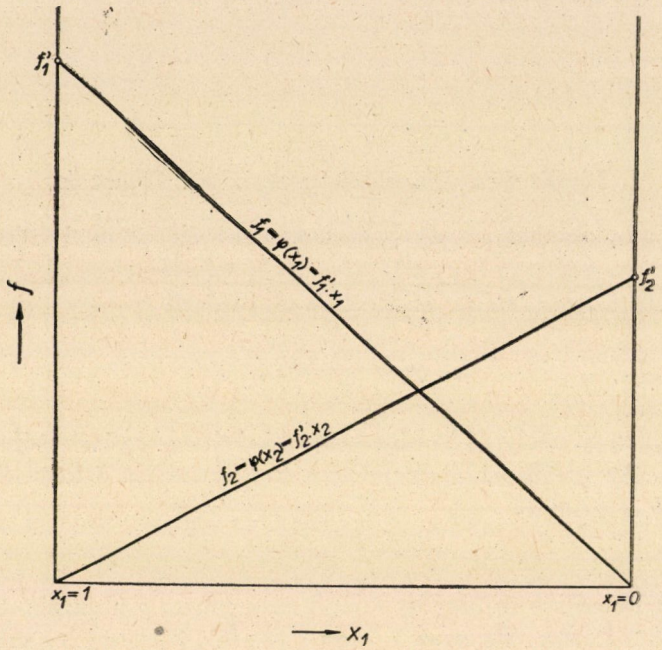
$$a_i = \frac{f_i}{f_i^0} = \frac{f_i}{f_i'} = x_i\,. \tag{5}$$

Az ideális oldatokra az (5) egyenleten kívül még a következő összefüggések érvényesek :

$$\Delta \overline{S}_i = -R \ln x_i = -4.576 \log x_i \tag{6a}$$

$$\Delta \overline{H}_i = 0 \tag{6b}$$

$$\Delta \overline{G}_i = RT \ln a_i = RT \ln x_i = 4{,}576\, T \log x_i . \tag{6c}$$



1. ábra

Az ideális oldatoknál tehát a parciális moláris oldási entrópiának meghatározott értéke van, a parciális moláris oldáshő értéke 0, a parciális moláris termodinamikai potenciál pedig a móltörtből közvetlenül kiszámítható.

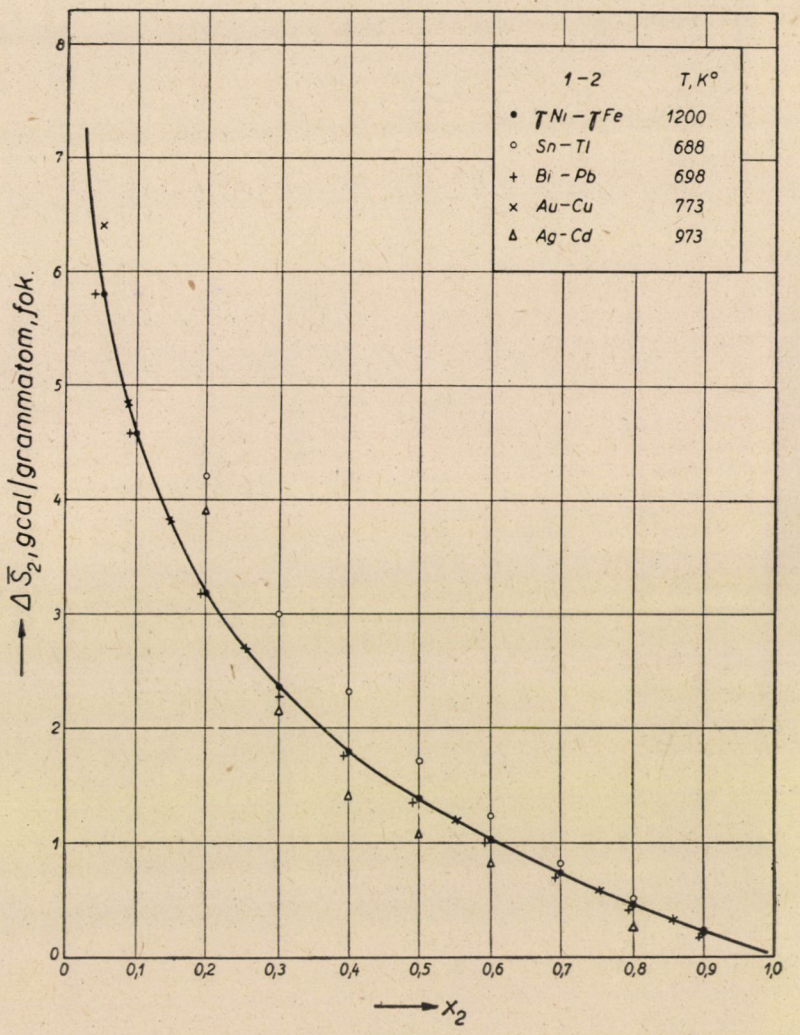
Ilyen ideális — vagy közel ideális — oldatokat alkotnak azok a fémek, amelyek atom-méretei (pl. atomátmérői) egymáshoz közel vannak ; a két fém megszilárdulás után is oldva marad egymásban. Az ilyen ötvözetek rácsszerkezete rendezetlen.

A 2. ábra diagramvonala a (6a) egyenletet ábrázolja. Az ábrán berajzolt jelek és pontok különböző kétalkotós ötvözetekre vonatkoznak [1].

A *reális oldatoknál*, mint a 3. és 4. ábra mutatja, az $f_i = \varphi(x_i)$ függvényt ábrázoló diagramvonal az ideális oldatra jellemző egyenestől pozitív vagy negatív irányban elhajlik. Az ábrák szerint a *Raoult-törvény* érvényessége, amely ennél az oldattípusnál különben is *csak az oldószerre vonatkozik*, szűkebb koncentrációsávra (Δx) korlátozódik, amelynek felső határértéke fémoldatokban $x_1 = 0{,}85$ (85 mólszázalék).

Az oldott anyagra ugyanebben a Δx szélességű koncentrációtartományban az

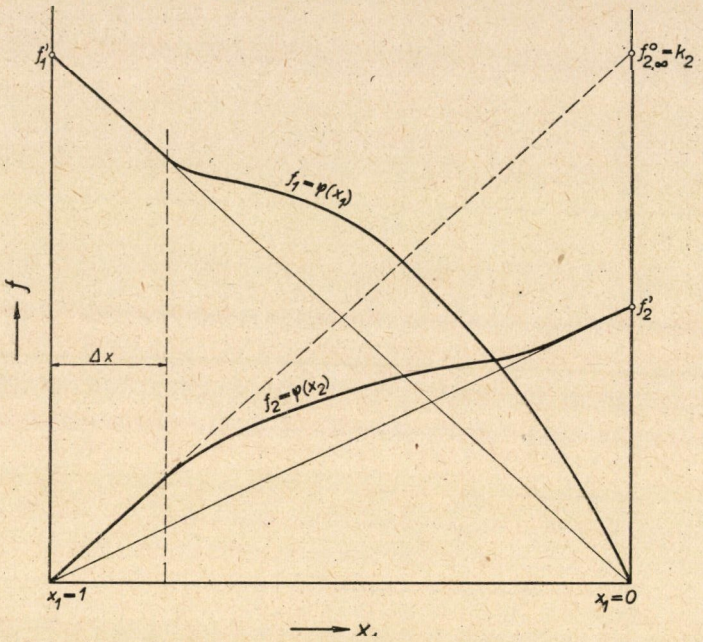
$$f_2 = k_2 x_2 \tag{7}$$



2. ábra

alakban felírható *Henry-féle törvény érvényes*, amely ugyancsak lineáris összefüggést állapít meg a fugacitás és a móltört között, de itt a k_2 *arányossági tényező már nem a tiszta oldott anyag fugacitását jelenti.* A grafikus ábrázolásban ez úgy jelentkezik, hogy az $f_2 = \varphi(x_2)$ görbeszakasz a Δx koncentrációtartományban lineáris ugyan, de az ideális oldatra vonatkozó egyenessel nem esik egybe, míg az oldószer görbéje ezen a szakaszon nemcsak egyenes, hanem az ideális oldatra jellemző egyenesen fekszik.

Míg az oldószer aktivitásának számításakor a tiszta állapotot célszerű standard állapotnak választani, addig az oldott anyag esetében két lehetőség kínálkozik:



3. ábra

a) a standard állapot *a tiszta állapot;* ekkor

$$a_2 = \frac{f_2}{f_2^0} = \frac{f_2}{f_2'} \leqq x_2 , \tag{8}$$

mert f_2' sem egyenlő k_2-vel.

b) a standard állapot *a végtelen hígításra vonatkoztatott állapot;* ekkor:

$$a_{2,\infty} = \frac{f_2}{f_{2,\infty}^0} = \frac{f_2}{k_2} = x_2 , \tag{9a}$$

vagy másként:

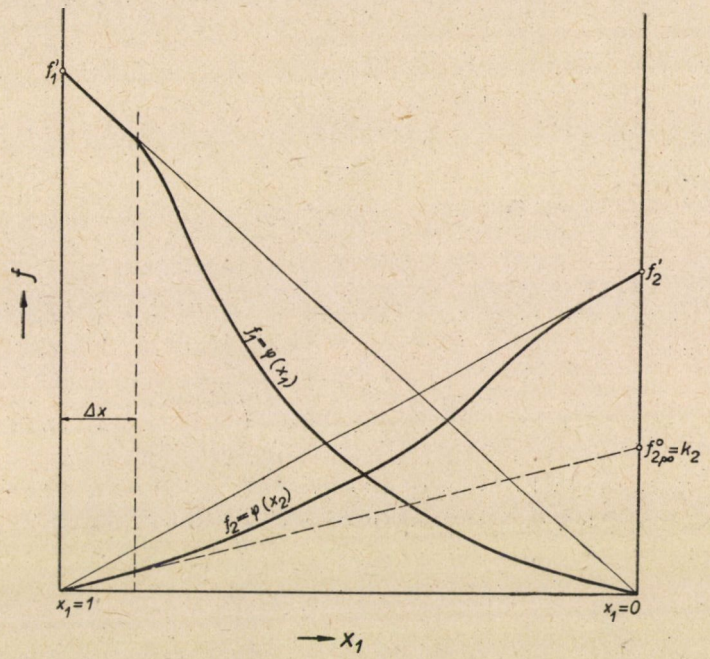
$$\lim \frac{a_{2,\infty}}{x_2} = \lim \gamma_{2,\infty} = 1 \tag{9b}$$

$$x_2 \to 0 \qquad x_2 \to 0$$

A $k_2 = f_{2,\infty}^0$ értéket az $f_2 = \varphi(x_2)$ görbéhez húzott és $x_2 = 0$ ponton átmenő érintőnek az $x_2 = 1$ értékhez tartozó ordináta-tengellyel való metszéspontjánál közvetlenül le lehet olvasni.

Különös figyelmet érdemel a nem ideális viselkedésű oldatoknak egy csoportja. Ezekre az oldatokra jellemző, hogy parciális moláris oldási entrópiájuk a

$$\Delta \bar{S}_i = -R \ln x_i = -4{,}576 \log x_i \tag{10}$$



4. ábra

képletből számított értékkel egyezik ugyan, parciális moláris oldáshőjük azonban nem zérus, hanem meghatározott értéke van, amely a

$$\Delta \bar{G}_i = RT \ln a_i \tag{11}$$

és

$$\Delta \bar{S}_i = -R \ln x_i \tag{12}$$

képletből:

$$\Delta \bar{H}_i = \Delta G_i + T \Delta \bar{S}_i = RT \ln \gamma_i = 4{,}576\, T \log \gamma_i \tag{13}$$

alakban adódik.

Ezeket az oldatokat *szabályos oldatoknak* szokás nevezni [2, 3].

A szabályos oldatokban az atomok hő okozta mozgása eléggé élénk ahhoz, hogy megakadályozza vegyületek vagy asszociátumok keletkezését; ezért a szabályos oldatok rácsszerkezete éppúgy rendezetlen, mint az ideális oldatoké. Ezt a megállapítást azok a mérési eredmények is alátámasztják, amelyek szerint a szabályos oldatok bármely alkotójának parciális moláris oldási entrópiája ugyanakkora, mint az ideális oldatok alkotóié.

II. Aktivitási görbék. Az oldat-típusok osztályozásának kibővítése

Az alkotók aktivitásának számítása

Az alkotók aktivitását az ordinátatengelyre, móltörtjét az abszcisszatengelyre felhordva az összetartozó értékekből kapott pontok az ún. *aktivitási görbéket* adják. Ezek a görbék egymással a Gibbs—Duhem—Margules-egyenlettel kifejezett

$$x_1 d \ln a_1 + x_2 d \ln a_2 = 0 \tag{14}$$

összefüggésben állnak.

Integrálva :

$$\int_{x_1=1}^{x_1} d \ln a_1 = - \int_{x_2=0}^{x_2} \frac{x_2}{x_1} d \ln a_2 . \tag{15}$$

Figyelembe véve, hogy $x_1 = 1$ esetén az $a_1 = 1$ egyenlőség is érvényes, a (15) egyenlet

$$\ln a_1 + - \int_{x_2=0}^{x_2} \frac{x_2}{x_1} d \ln a_2 \tag{16}$$

alakban is írható és ezzel lehetséges az összetétel és az egyik alkotó aktivitásának ismeretében a másik alkotó aktivitásának kiszámítása.

Ha az

$$\frac{x_2}{x_1} = \varphi (\ln a_2)$$

függvény ismeretes, akkor az integrálás analitikai úton hajtható végre ; ha nem, akkor a keresett értéket az

$$\frac{x_2}{x_1} = \varphi (\ln a_2)$$

görbe alatti terület grafikus integrálásával határozhatjuk meg (5. ábra). (Célszerűségi okokból szokás az abszcissza-tengelyen — $(\ln a_2)$ értékeket ábrázolni.)

Az 5. ábra szerint

$$\text{ha} \quad x_1 = 0, \quad \text{akkor} \quad \frac{x_2}{x_1} = \infty ; \quad \text{így} \quad (- \ln a_2) = 0 ; \quad a_2 = 1$$

$$\text{ha} \quad x_2 = 0, \quad \text{akkor} \quad \frac{x_2}{x_1} = 0 ; \quad \text{így} \quad (- \ln a_2) = \infty ; \quad a_2 = 0 .$$

Mivel a görbe a hígított oldatoknak megfelelő koncentrációtartományokban mindkét koordináta-tengelyhez aszimptotikusan közeledik, *a grafikus integrálás a határértékek közelében* $\ln a_1$*-re nem ad meghatározott értéket.*

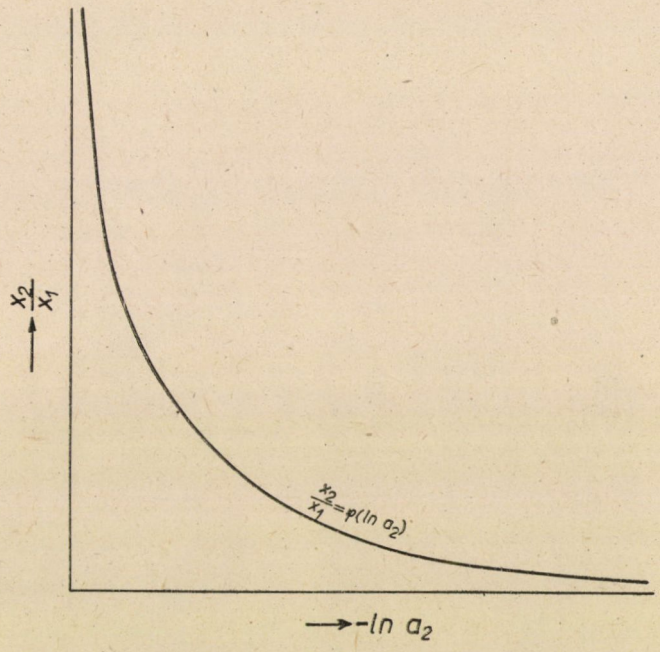
A határértékeknél is meghatározott eredményt ad azonban a (16) egyenletnek az aktivitási együtthatókra történő alkalmazása.

Kétalkotós oldatoknál:

$$x_1 = 1 - x_2 .$$

Differenciálva:

$$dx_1 = - dx_2 .$$



5. ábra

Átalakítva:

$$x_1 \frac{dx_1}{x_1} = - x_2 \frac{dx_2}{x_2} ,$$

vagy

$$x_1 \, d \ln x_1 = - x_2 \, d \ln x_2 . \qquad (17)$$

A (17) egyenletnek a hasonlóképpen átrendezett (16) egyenletből történő levonása az

$$x_1 \, d \ln \frac{a_1}{x_1} = - x_2 \, d \ln \frac{a_2}{x_2} , \qquad (18)$$

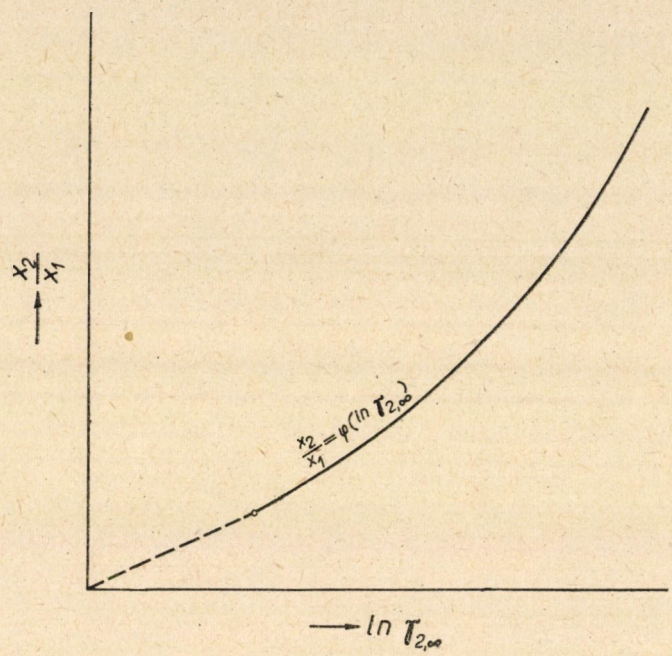
illetőleg

$$x_1 \, d \ln \gamma_1 = - x_2 \, d \ln \gamma_2 \qquad (19)$$

egyenletet adja. Innen az 1. sz. alkotó aktivitási együtthatója:

$$\ln \gamma_1 = - \int_{x_2=0}^{x_2} \frac{x_2}{x_1} d \ln \gamma_2 . \tag{20}$$

Ez az összefüggés — az aktivitásokra vonatkozó (16) képlettel szemben — már lehetővé teszi a határértékek extrapolálás útján történő meghatározását.



6. ábra

Az extrapolációt a választott standard állapot figyelembevételével kell végezni.

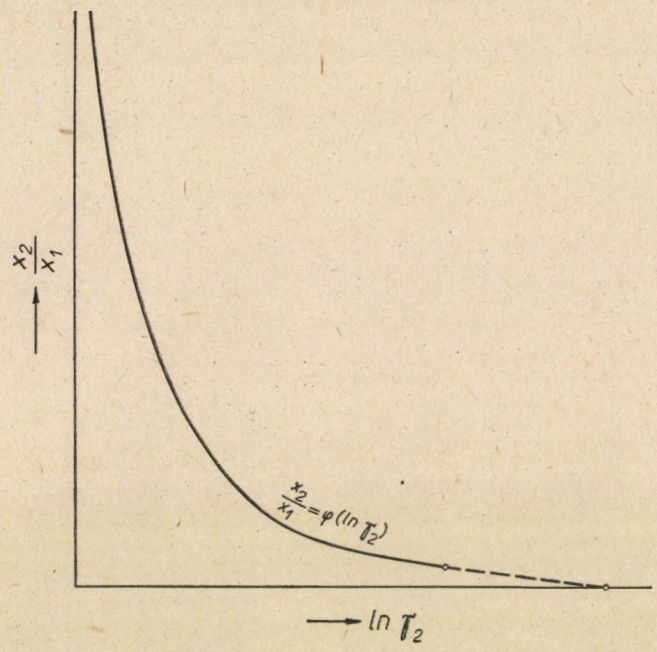
a) Ha a standard állapot a *végtelen hígításra vonatkoztatott állapot*, akkor az

$$\frac{x_2}{x_1} = \varphi (\ln \gamma_2)$$

függvényt ábrázoló görbét az $x_2 = 0$ határértékre $\left(\frac{x_2}{x_1} = 0\right)$ lineárisan extrapolálhatjuk. Ennél a határértéknél (6. ábra) a (9b) egyenlet szerint:

$$\lim_{x_2 \to 0} \gamma_{2,\infty} = \lim_{x_2 \to 0} \frac{a_{2,\infty}}{x_2} = 1 .$$

A másik határértéknél, ahol $x_1 = 0 \left(\text{és } \frac{x_2}{x_1} = \infty\right)$, a tiszta oldott anyagról van szó. Minthogy azonban a standard állapot nem a tiszta állapot, azért az aktivitás nem egyenlő a móltörttel ($a_2 \leqq x_2$), azaz $\gamma_{2,\infty}$ sem egyenlő 1-gyel és értéke a tiszta állapotra, mint standard állapotra vonatkozó aktivitási együtt-



7. ábra

ható (γ_2) és a megfelelő fugacitások (f_2 és $f^0_{2,\infty}$) értékének ismeretében a

$$\gamma_{2,\infty} = \gamma_2 \left(\frac{f'_2}{f^0_{2,\infty}}\right) \tag{21}$$

képletből számítható ki. Ennek megfelelően ennél a koncentrációhatárnál $\ln \gamma_{2,\infty}$ nem zérus, hanem határozott véges értéke van.

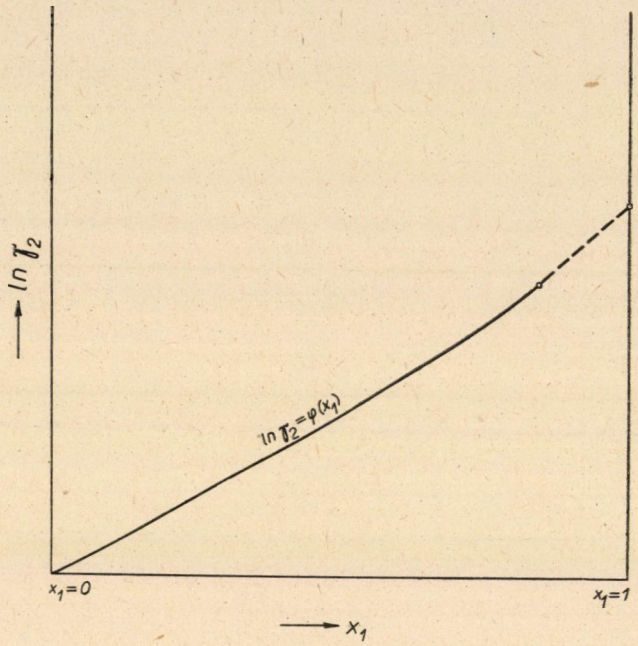
b) Ha a standard állapot *a tiszta oldott anyag állapota, akkor* $x_2 = 1$ esetén az aktivitás egyenlő a móltörttel, azaz

$$a_2 = x_2 \text{ és így } \ln \gamma_2 = 0 .$$

A koncentráció másik határértékénél, ahol $x_1 = 0$, azaz a rendszer tiszta oldószerből áll, x_2 zérus ugyan, de a standard állapot megválasztása következtében $\ln \gamma_2$ értéke mégsem $(-\infty)$, hanem határozott véges értéke van, amelynek meghatározása kétféle módon lehetséges.

Az első módszerrel $\frac{x_2}{x_1}$ értékeit $\ln \gamma_2$ függvényében ábrázoljuk (7. ábra). A lineárisan extrapolált görbének az abszcissza-tengellyel való metszéspontja $\ln \gamma_2$ keresett értékét közvetlenül megadja.

Bár a görbe utolsó szakaszának közel egyenesvonalú jellege aránylag pontos extrapolációt biztosít, még pontosabb eredményre jutunk a *második*



8. ábra

módszerrel, ha a $\ln \gamma_2 = \varphi(x_1)$ függvényt grafikusan ábrázoljuk (8. ábra). Az összetartozó értékek pontjainak összekötése olyan görbét ad, amelynek ugyancsak lineáris grafikus extrapolációja az $x_1 = 1$ móltörtértékhez tartozó ordinátatengellyel való metszéspontban $\ln \gamma_2$ keresett értékét adja.

A (20) egyenlettel megadott függvény grafikus integrálására Lewis, Hildebrand, Rey, Chipman, Karapetyanc és mások [3, 4, 5, 6, 7] tettek kísérletet.

Ahhoz, hogy $\ln \gamma_2$-nek $x_2 = 0$ melletti határértékét még pontosabban meg lehessen határozni, célszerűbbnek látszott az abszcissza-tengelyre x_1 helyett x_1^2 értékeit felvenni; a

$$\ln \gamma_2 = \varphi(x_1^2)$$

típusú görbék ugyanis már $x_1^2 = 0{,}5$ felett majdnem kivétel nélkül lineárissá válnak és ezzel az extrapolációt biztosabbá és pontosabbá teszik.

Egyes szabályos oldatokkal végrehajtott kísérletek azt mutatták, hogy ezeknél *az egyik alkotó parciális moláris oldáshője a másik alkotó móltörtjének négyzetével arányos, azaz*

$$\Delta \overline{H}_1 = bx_2^2 \text{ vagy } \Delta \overline{H}_2 = bx_1^2. \tag{22}$$

Minthogy az ilyen típusú oldatoknál egyben a (13) képlettel megadott összefüggés is érvényes, kapjuk, hogy:

$$RT \ln \gamma_1 = 4{,}576\, T \log \gamma_1 = bx_2^2. \tag{23}$$

A (22) egyenlet szerint a parciális moláris oldáshőnek a másik alkotó móltörtjével való változását egy-paraméteres parabola adja meg.

A szabályos oldatoknak ezt a csoportját *szigorúan szabályos oldatoknak* lehet nevezni.

A (19) képlettel megadott és bármely kétalkotós oldatra érvényes Gibbs—Duhem—Margules-egyenlet átalakítása a

$$\frac{d \log \gamma_1}{d(x_2^2)} = \frac{d \log \gamma_2}{d(x_1^2)} \tag{24}$$

egyenlethez vezet s ezzel az egyik alkotó aktivitási együtthatójának logaritmusa és a másik alkotó móltörtjének négyzete közti összefüggést matematikailag is igazolja; ennek az összefüggésnek alapján feltételezhető, hogy *a* (23) *képlet* nemcsak a szigorúan szabályos, hanem *minden oldattípusra érvényes és éppen „b" értékéből lehet az oldat típusát meghatározni.*

A $\log \gamma_1 = \varphi(x_2^2)$ függvény megrajzolása, amelynek eredeti célja a határértékek pontos meghatározása volt, teszi lehetővé az oldat típusának a görbe alakjából történő meghatározását (9. ábra) a következő megfontolások alapján:

a) ideális az az oldat, amelynek a diagramban $\log \gamma_1 = 0$ értéknél fekvő *vízszintes egyenes* felel meg.

Ennek feltétele, hogy a

$$4{,}576\, T \log \gamma_1 = bx_2^2$$

képletben $b = 0$ *legyen* (9. ábra 1. sz. diagramvonal).

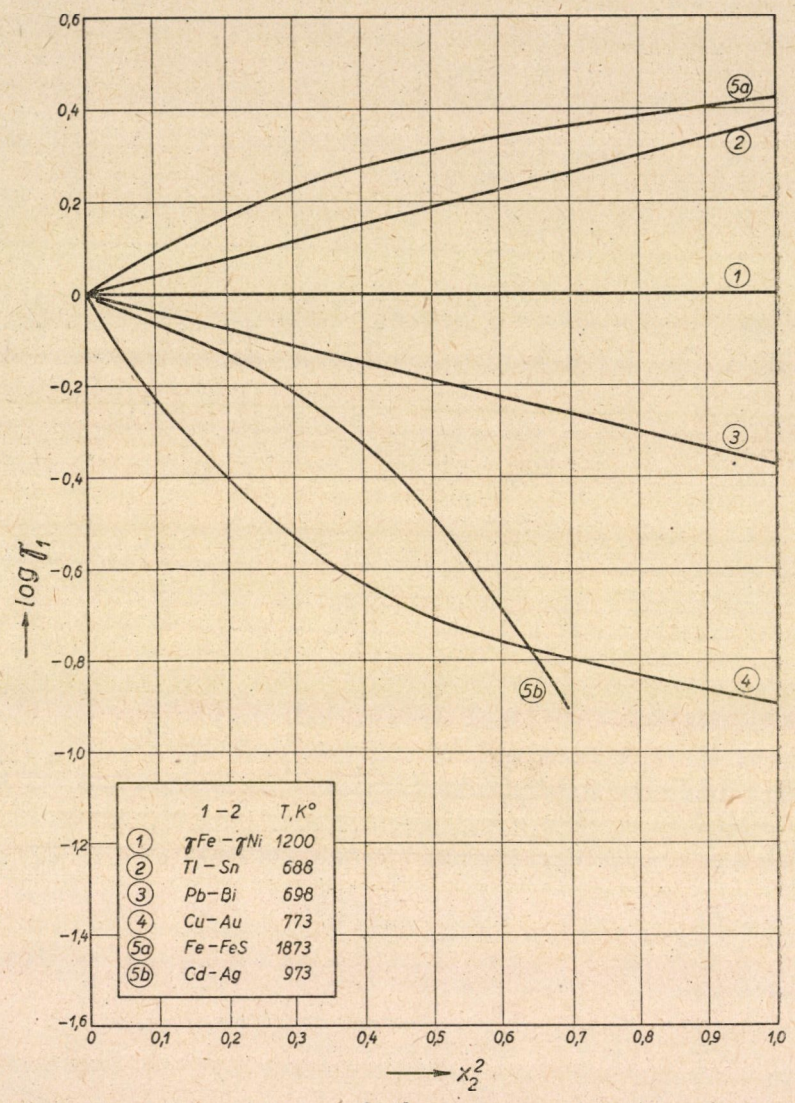
A $b = 0$ feltételből következik az ideális oldatokra jellemző

$$a_1 = x_1$$

feltétel is.

Az $a = \varphi(x)$ függvényt ábrázoló *aktivitási görbék* 45°-*os* egyenesek (10. ábra).

Ezekre az oldatokra a már közölteken kívül még a (6a), (6b) és (6c) összefüggések is érvényesek.



9. ábra

Az ideális viselkedésű fémoldatok száma nem nagy: ilyen jellegű pl. a γFe—γNi és az Sn—Bi-rendszer.

b) Szigorúan szabályos az oldat, ha a (23) képletben b = konst.; a függvényt ekkor α dőlésszögű *egyenes* ábrázolja, amelynek a diagramból közvetlenül leolvasható iránytangense a

$$b = 4{,}576 \cdot T \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

összefüggés alapján megadja „b" értékét is. Az iránytangens előjele az ideális Raoult-egyenestől való elhajlás irányát is megadja (9. ábra 2. és 3. sz. diagramvonal).

A szigorúan szabályos rendszerek *aktivitási görbéi szimmetrikusak* (11. ábra).

A (6a), (6b) és (6c) egyenletek természetesen ezekre az oldatokra is érvényesek.

Ezt az oldattípust képviselik a Tl—Sn (pozitív deviáció) és a Pb—Bi (negatív deviáció) kétalkotós rendszerek.

c) Szabályos az oldat, ha a (23) képletben „b" nem konstans, hanem maga is *függvénye* x_2*-nek*. A

$$\log \gamma_1 = \frac{b}{4{,}576\, T}\, x_2^2$$

függvényt ekkor *szabályos görbe* ábrázolja. Mivel azonban $b = \varphi(x_2)$, azért a *görbe nem egy-paraméteres parabola* (9. ábra, 4. sz. diagramvonal).

A szabályos oldatok esetében a (23) képlet $x_1 = 0$ mellett

$$4{,}576\, T \log \gamma_1 = b x_2^2$$

alakban, $x_2 = 0$ mellett pedig

$$4{,}576\, T \log \gamma_2 = b' x_1^2$$

alakban írható fel; a $b = \text{konst.}$ és $b' = \text{konst.}$ feltétel tehát csupán a görbe egyenes szakaszaira, azaz az $x_1 = 0$ és $x_2 = 0$ értékeknek megfelelő határértékek kiszámítására alkalmazható, közbeeső koncentrációknál azonban $b = \varphi(x_2)$ és $b' = \varphi'(x_1)$. Az ilyen típusú oldatoknál továbbá

$$\Delta \overline{H}_1 = b x_2^2$$

és

$$\Delta \overline{H}_2 = b' x_1^2$$

nem szimmetrikus görbék többé, mert $b \lesseqgtr b'$. Ezeknek az oldatoknak szabályos jellege tehát csupán abban jut kifejezésre, hogy a

$$\Delta \overline{H}_1 = RT \ln \gamma_1 = 4{,}576\, T \log \gamma_1$$

és

$$\Delta \overline{S}_1 = -R \ln x_1 = -4{,}576 \log x_1$$

összefüggések minden koncentráció-értéknél érvényben maradnak.

Az aktivitási együttható közbeeső koncentrációknál csak grafikus integrálással határozható meg.

A szabályos oldatok *aktivitási görbéi aszimmetrikusak* (13. ábra). Ilyen viselkedést mutatnak a Zn-Sn, Zn-Cd, Cd-Pb (pozitív deviáció) és a Cu-Au, Zn-Cu, Zn-Ag, Cd-Bi (negatív deviáció) kétalkotós rendszerek.

d) A (23) képlet érvényességét feltételezhetjük azonban a *reális oldatoknál is.* Ennek a feltevésnek alapja az aktivitási görbéknek a (14) egyenlettel adott korrelációja, amelyet a (24) képlet matematikailag is igazol. A „*b*" tényező ezeknél az oldatoknál is x_2 függvénye, de a $\log \gamma_1 = (x_2^2)$ függvényt itt *szabálytalan görbe* ábrázolja (9. ábra 5a és 5b sz. diagramvonal), amelyet a (23) képlettel csak akkor adhatunk meg, ha a b és x_2 közti funkcionális összefüggést ismerjük.

A határértékek pontos meghatározása céljából a (23) képletet ekkor

$$x_1 = 0 \text{ mellett } 4{,}576\, T \log \gamma_1 = b\, x_2^2 \text{ és}$$

$$x_2 = 0 \text{ mellett } 4{,}576\, T \log \gamma_2 = b'\, x_1^2$$

alakban írhatjuk fel és b = konst., valamint b' = konst.' feltételt csak a görbe lineáris kezdő- és végszakaszára alkalmazhatjuk. Az a koncentrációtartomány, ameddig ez a feltétel érvényes, természetesen a szóban forgó rendszertől függ.

A 9. ábrán az Ag-Cd kétalkotós rendszert ábrázoló 5b sz. diagramvonal kezdeti szakaszán mutatkozó enyhe törések minden valószínűség szerint az $AgCd_3 (x_{Ag}^2 = 0{,}06)$, az Ag_5Cd_8 $(x_{Ag}^2 = 0{,}148)$ és az AgCd $(x_{Ag}^2 = 0{,}25)$ összetételű vegyületekhez tartoznak.

Az ilyen oldatok *aktivitási görbéi* ugyancsak *aszimmetrikusak* (15. ábra).

Ilyen viselkedést mutatnak a Fe-FeS, a Tl-Pb, a Cd-Ag és a Zn-Pb kétalkotós rendszerek.

A fentiekben levezetett és az oldattípusok megkülönböztetésére felhasználható törvényszerűségeket áttekintően az I. táblázat foglalja össze.

I. táblázat

Függvény	Ideális	Szigorúan szabályos	Szabályos	Reális
	oldatok			
$\Delta \overline{H}_1$	0	$= RT \ln \gamma_1$	$= RT \ln_1 \gamma_1$	$\lesseqgtr RT \ln_1 \gamma_1$
$\Delta \overline{S}_1$	$(-R \ln x_1)$	$= (-R \ln x_1)$	$= (-R \ln x_1)$	$\lesseqgtr (-R \ln x_1)$
$\ln \gamma_1 = \frac{b}{RT} x_2^2$	vízszintes egyenes	egyenes	szabályos görbe	szabálytalan görbe
b	0	konst.	$\varphi (x_2)$	$\varphi (x_2)$
$a = \varphi (x)$	45°-os szimmetrikus egyenesek	szimmetrikus görbék	aszimmetrikus görbék	aszimmetrikus görbék

III. Példák kétalkotós oldatok típusának és az alkotók aktivitásának meghatározására

1. γFe—γNi *rendszer* (T = 1200 K°)

Adva vannak a γFe aktivitásának értékei [1] a koncentráció függvényében (II. táblázat 1. és 2. sora). A kísérletileg meghatározott $\Delta \bar{s}_{Fe}$-értékeknek megfelelő pontok [1] az ideális görbén feküsznek (2. ábra). Az ismert szabályok szerint kiszámított további értékeket a II. táblázat foglalja össze.

II. táblázat

1	x_{Fe}	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
2	a_{Fe}	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
3	γ_{Fe}	1							
4	$\log \gamma_{Fe}$	0							
5	x_{Ni}^2	1,00	0,81	0,64	0,36	0,16	0,04	0,01	0,00
6	b	0							
7	$\log \gamma_{Ni}$	0							
8	γ_{Ni}	1							
9	a_{Ni}	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,00

A $\log \gamma_{Fe} = bx_{Ni}^2$ függvényt vízszintes egyenes ábrázolja (9. ábra 1. sz. diagramvonal), az $a = \varphi(x)$ függvényeket (10. ábra) pedig két 45°-os szimmetrikus egyenes.

Az oldat ideális.

2. *Tl-Sn rendszer* (T = 688 K°)

Adva vannak x_{Tl} és a_{Tl} értékei [1]. A tiszta ón esetében $x_{Tl} = a_{Tl} = 0$ és így a tallium aktivitási együtthatójára a

$$\gamma_{Tl} = \frac{a_{Tl}}{x_{Tl}} = \frac{0}{0}$$

számítás szerint határozatlan érték adódnék. A $\log \gamma_{Tl} = \varphi(x_{Sn}^2)$ függvény (9. ábra 2. sz. diagramvonal) *egyenest* ad, amelynek leolvasható iránytangense :

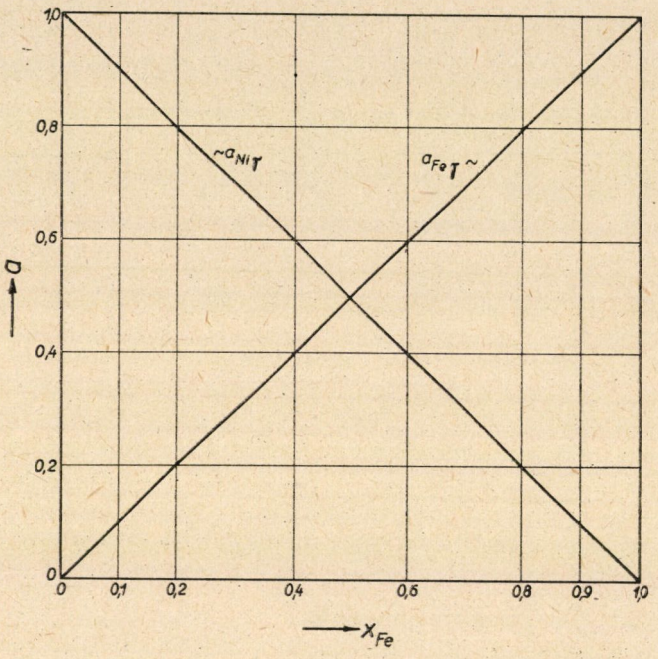
$$\operatorname{tg} a = 0{,}370.$$

Ebből az adatból számítva $b = 1160$.

A függvény lineáris extrapolációjával $x_{Tl} = 0$-nál:

$$\log \gamma_{Tl} = 0{,}370 .$$

Ugyanezt az eredményt adja a „b" tényezővel való számítás is.



10. ábra

A további számítások eredményeit a III. táblázat foglalja össze.

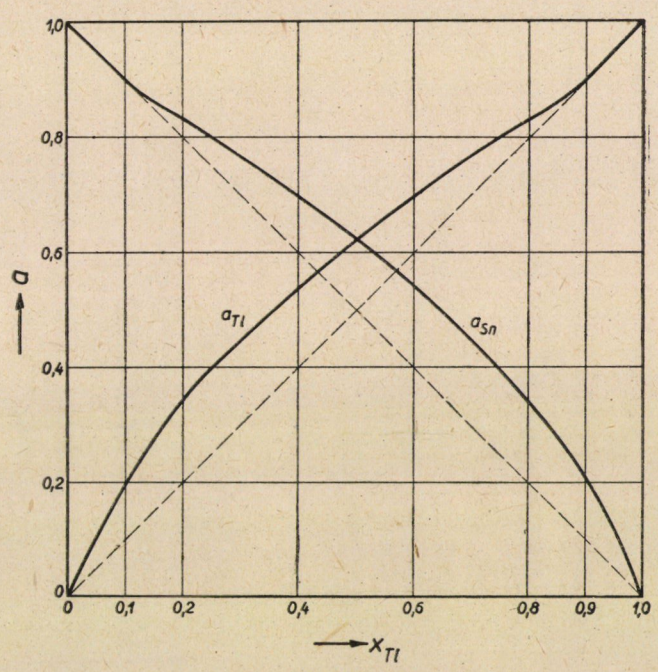
III. táblázat

1	x_{Tl}	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
2	a_{Tl}	0,00	0,20	0,35	0,54	0,69	0,83	0,9	1,0
3	γ_{Tl}	2,35	2,00	1,75	1,35	1,15	1,04	1,00	1,00
4	$\log \gamma_{Tl}$	0,370	0,301	0,248	0,130	0,060	0,016	0,000	0,000
5	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{4{,}576\ T}$	0,370							
6	$\log \gamma_{Sn}$	0	0,004	0,016	0,060	0,130	0,248	0,301	0,370
7	γ_{Sn}	1	1,01	1,04	1,15	1,35	1,75	2,00	2,35
8	a_{Sn}	1	0,91	0,83	0,69	0,54	0,35	0,20	0,00

Az $a = \varphi(x)$ függvényeket megrajzolva *két szimmetrikus aktivitási görbét* kapunk (11. ábra). Az oldat tehát *szigorúan szabályos*, mint azt egyébként a 9. és a 2. ábra is igazolja.

3. *Cu-Au rendszer* (T = 773 K°).

Adva vannak x_{Cu} és a_{Cu} értékei [1]. Ha $(-\log \gamma_{Cu})$ és x_{Au}^2 számítással kapott és összetartozó értékeit diagramba rajzoljuk, *szabályos görbét* kapunk (9. ábra,



11. ábra

4. sz. diagramvonal). A méréssel meghatározott [1] és a

$$\Delta \overline{H}_{Cu} = 4{,}576\, T \log \gamma_{Cu}$$

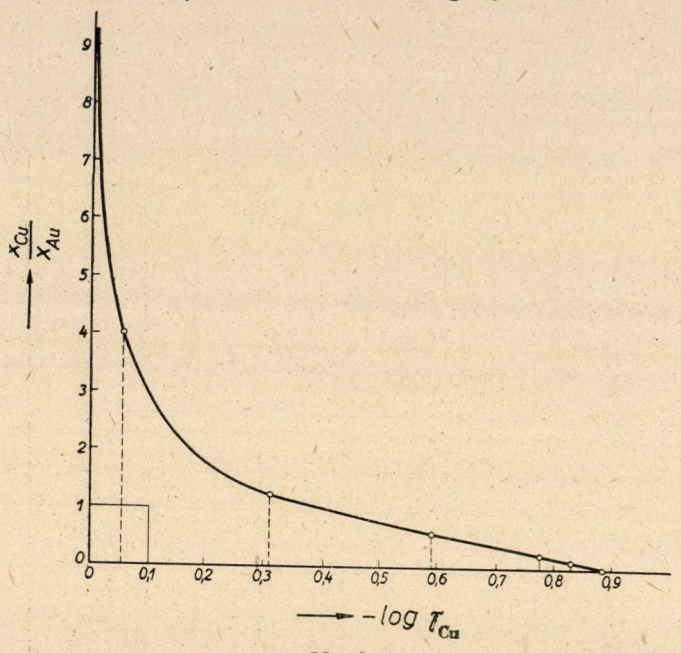
képletből kiszámított értékek (IV. táblázat 5. és 6. sora) egyezése az *oldat szabályos* jellegét igazolja. Minthogy itt „*b*" maga is x_{Au} függvénye, először az

$$\frac{x_{Cu}}{x_{Au}} = \varphi\,(-\log \gamma_{Cu})$$

függvényt kell grafikusan integrálni (12. ábra). A szakaszonként integrálás eredményét a táblázat 8. sora adja ; ezekből — a planiméterfaktorral beszorozva — kiszámíthatók $(-\log \gamma_{Au})$ és γ_{Au} értékei.

A $(-\log \gamma_{Cu})$-nak és $(-\log \gamma_{Au})$-nak $x_{Cu} = 0$ és $x_{Au} = 0$ melletti határértékei vagy grafikus extrapolációval, vagy a „b" tényező segítségével állapíthatók meg.

A számítás eredményét a IV. táblázat foglalja össze.



12. ábra

IV. táblázat

1	x_{Cu}	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
2	a_{Cu}	0,000	0,015	0,033	0,102	0,300	0,710	0,900	1,000
3	γ_{Cu}	0,129	0,148	0,164	0,255	0,498	0,885	1,000	1,000
4	$-\log \gamma_{Cu}$	0,89	0,830	0,785	0,595	0,303	0,054	0,003	0,000
5	$-\Delta \bar{H}_{Cu}$ (mért) [1]	—	—	2770	2100	1070	190	10	0
6	$-\Delta \bar{H}_{Cu}$ (számított)	(3150)	(2940)	2760	2100	1075	191	0	0
7	x_{Cu}/x_{Au}	0,00	0,11	0,25	0,67	1,25	4,00	9,00	∞
8	Planiméterértékek	0,000	0,001	0,002	0,012	0,036	0,090	0,046	∞
9	$-\log \gamma_{Au}$	0	0,007	0,021	0,107	0,364	1,005	1,340	1,650
10	a_{Au}	1	0,887	0,763	0,470	0,174	0,020	0,005	0,000

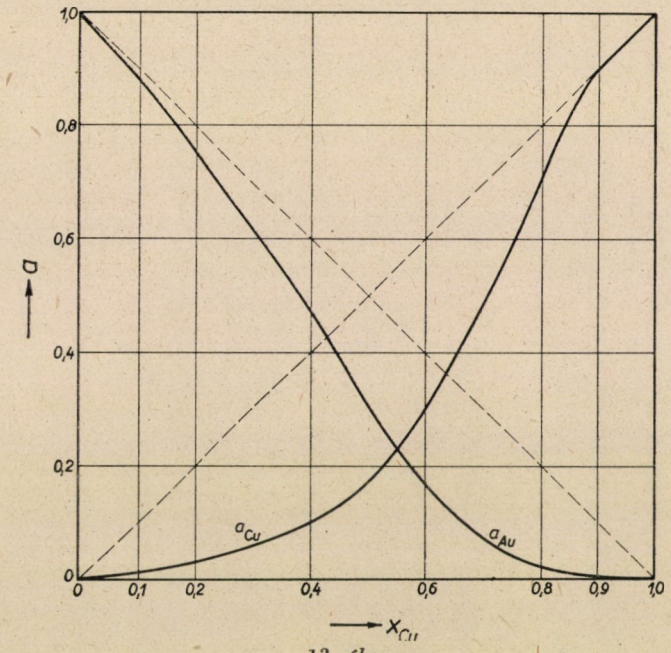
A rendszer aktivitási görbéi aszimmetrikusak (13. ábra); minthogy azonban a mért és számított $\Delta \bar{H}_{Cu}$-értékek megegyeznek, az *oldat szabályos*, amit a 2. ábra megfelelő pontjai is igazolnak.

4. *Fe-FeS rendszer* (T = 1873 K°).

Adva vannak a különböző x_{Fe} és a_{Fe}-értékek [7]. Mivel a

$$\log \gamma_{Fe} = \varphi(x^2_{FeS})$$

függvényt *szabálytalan görbe* ábrázolja (9. ábra 5a sz. diagramvonal), a „*b*"

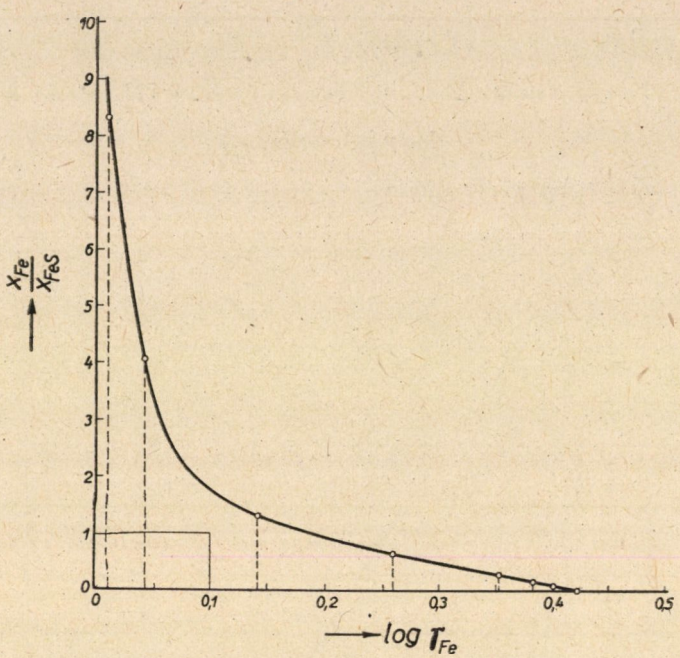


13. ábra

tényező is x_{FeS} függvénye. Ezért *az integrálás* csak *grafikusan hajtható végre* (14. ábra). Az előző rendszeréhez hasonló számítások eredményét az V. táblázat foglalja össze.

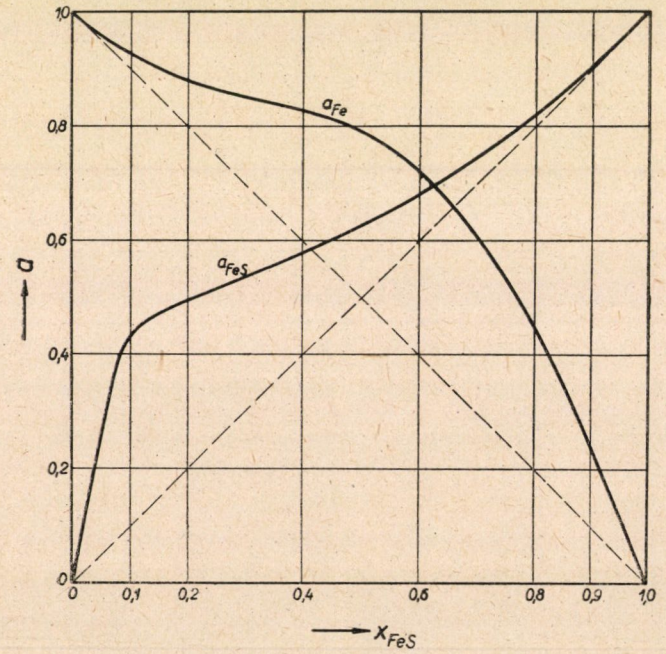
V. táblázat

1	x_{Fe}	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
2	a_{Fe}	0,00	0,24	0,45	0,72	0,83	0,88	0,93	1,00
3	γ_{Fe}	2,64	2,40	2,25	1,80	1,38	1,10	1,03	1,00
4	$\log \gamma_{Fe}$	0,420	0,380	0,352	0,254	0,14	0,041	0,012	0,000
5	x_{Fe}/x_{FeS}	0,00	0,11	0,25	0,67	1,25	4,00	9,00	∞
6	Planiméterértékek	0,000	0,001	0,001	0,012	0,031	0,060	0,065	∞
7	$\log \gamma_{FeS}$	0,0000	0,0037	0,0074	0,052	0,167	0,389	0,64	0,80
8	a_{FeS}	1,00	0,91	0,82	0,68	0,585	0,492	0,440	0,000



14. ábra

Az *aktivitási görbék aszimmetrikusak* (15. ábra).
Mivel a mért és számított $\Delta \bar{H}_{Fe}$-értékek nem egyeznek, az ***oldat reális.***



15. ábra

IRODALOM

1. O. KUBASCHEWSKI—E. EVANS: Metallurgical thermochemistry (London, 1956).
2. J. H. HILDEBRAND: J. Am. Chem. Society. 1929.
3. J. H. HILDEBRAND: J. Am. Chem. Society. 1933.
4. LEWIS—RANDALL: Thermodynamics and the free energy of chemical substances (Mc Graw Hill, 1923).
5. KARAPETYANC: Himicseszkaja termodinamika (Moszkva, 1949).
6. J. H. HILDEBRAND: Solubility of non electrolytes (Am. Chem. Society Monograph, 1936).
7. M. REY: Equilibres chimiques et métallurgiques (Dunod, Paris, 1939).

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ideális és reális oldatok termodinamikai tulajdonságai. A szokásos standard-állapotok összehasonlítása. Az alkotók aktivitásának és aktivitási együtthatójának számítási elve a Gibbs—Duhem—Margules-egyenlet alapján. A kétalkotós oldatok osztályozásának kibővítése ideális, szigorúan szabályos, szabályos és reális oldatokra a határértékszámításhoz használatos

$$RT \ln \gamma_1 = 4{,}576\, T \log \gamma_1 = b x_2^3$$

egyenlet általánosításával. Az oldat típusának meghatározása b értékéből és az aktivitási görbék alakjából. A különböző oldattípusok jellemző függvényeinek táblázatos összehasonlítása és ezek érvényességének igazolása a γFe—γNi, Tl—Sn, Cu—Au és Fe—FeS kétalkotós rendszerek aktivitásainak kiszámításával.

TRANZIENS JELENSÉGEK IDŐÁLLANDÓJA

A. AVRAMESCU
A ROMÁN NÉPKÖZTÁRSASÁG TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁJÁNAK LEVELEZŐ TAGJA

[Beérkezett 1957. október 8-án]

Valamely elszigetelt rendszer az energiakicserélődési folyamatok szempontjából olyan állandó egyensúlyi állapot felé tart, amelyben az állapotjelzők értéke nem különbözik egymástól. Ezt az egyensúlyi állapotot a rendszer, általános jellegükben diffúziós jelenségekhez hasonló tranziens folyamatokon keresztül éri el. Valóban, a hőmérsékletkülönbségek hőáramlással, a sebességkülönbségek súrlódással, a koncentrációs-különbségek diffúzió útján egyenlítődnek ki, éppen úgy, mint ahogyan a potenciálkülönbségek villamos áram útján egyenlítődnek ki a vezetőkben. Az ilyen tranziens jelenségek, igazi természetüket tekintve, meg nem fordíthatók, ezért elkerülhetetlen következményük a rendszer entrópiájának megnövekedése. A jelenségeknek ezt a csoportját a matematika nyelvén parabolikus differenciálegyenlet írja le:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \cdot \Delta u . \tag{1}$$

Ez az egyenlet azt fejezi ki, hogy az u állapotfüggvény idő szerinti változása valamely pontban arányos ugyanennek a függvénynek gradiensével a szomszédos pontban. A cm/mp dimenziójú a állandó azt a sebességet fejezi ki, amellyel az u állapotfüggvény értékkülönbségei tovaterjednek.

Az (1) egyenletet igen részletesen tanulmányozták az analitikai hőelmélet fejlődésével kapcsolatban, aminek eredményeképpen számos fizikai és műszaki probléma megoldását találták meg. Mindezek a megoldások alkalmazhatók más olyan tranziens jelenségekre is, amelyek ugyanezzel a differenciálegyenlettel írhatók le. Mindazonáltal ezeknek a jelenségeknek a matematikai leírása nehézséget okoz a rezgési jelenségek ama nagyobb csoportjánál, amelyek a

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \cdot \Delta u \tag{2}$$

hiperbolikus differenciálegyenlettel, vagy a

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + \omega^2 u = 0 \tag{3}$$

rezgési egyenlettel adhatók meg, ahol c, amelynek a dimenziója cm/mp, a hullámok terjedési sebessége és ω a lüktetés. A hullámok terjedési sebessége és a rezgések frekvenciája vagy periódusszáma olyan alapparaméterek, amelyek az amplitudóval és a középértékekkel együtt lehetővé teszik a harmonikus jelenség közel teljes leírását. Itt azonban az a állandó nem sebesség dimenziójú és így nem adhatja meg az állapotfüggvény értékkülönbségeinek terjedési sebességét. Sőt, tekintettel az idő és távolság között fennálló négyzetes összefüggésre, a késleltető potenciálok módszere sem alkalmazható ezekre a jelenségekre.

A jellemző paraméterek hiányában az energia szétszóródásával járó tranziens jelenségeket a hasonlósági tétel segítségével kellett tanulmányozni, elsősorban abból a célból, hogy meg lehessen állapítani a jelenség lefolyását jellemző, a dimenziótól független paraméterek számértékét. E paraméterek egyike az at/X^2 kifejezés, ahol X annak a testnek egyik vonalas mérete, amelyben a diffúzió lejátszódik. Megvizsgáltuk az egyszerű geometriai testeknek, pontosabban a síklapnak, hengernek és gömbnek a viselkedését e paraméter függvényében, de semmiféle összefüggést sem találtunk e három test között. Ezért azt a célt tűztük ki, hogy más olyan paramétert találjunk, amely tökéletesebben jellemzi a különböző egyszerű testek viselkedését, lehetővé teszi azok között egyszerű összefüggések felállítását és általánosságban megkönnyíti e jelenségek egészben való tanulmányozását.

E geometriai testek viselkedésének a részleges külső befolyásoktól való minél tökéletesebb függetlenítése céljából feltételezzük, hogy az állapotfüggvény a test belsejében, annak minden pontján, $t = 0$ időpillanatban az $u = 1$ állandósult állandó értéken van. A $t = 0$ időpillanatban az állapotfüggvényt a vizsgált test felületén zérus értékre hozzuk (a gyakorlatban pl. meleg testnek temperáló fürdőben való lehűtésével stb.). Nézzük meg, hogy a vizsgált test milyen módon éri el ezt az állapotot, más szóval vizsgáljuk meg, hogy a test miként reagál az állapotfüggvénynek a felületén bekövetkezett negatív egységnyi megváltozására. A reakció hasonlatosságot mutat a villamos áramkörök „indiciális admittanciá"-jával.* Ezért az állapotfüggvény változását a szimmetriasíkban, a szimmetriatengelyben vagy szimmetriapontban — tehát a test közepén — kell vizsgálni.

Eddig a pontig az egyes kérdések az újabb szakirodalomból már ismeretesek és megoldásukra rendszerint a Laplace-transzformációt használják fel. Röviden soroljuk fel az eredményeket :

a) Végtelen síklap $x = \pm X$, amelynek vastagsága $2X$ és szimmetriasíkja $x = 0$. Az (1) egyenlet ebben az esetben

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \tag{4}$$

* Indiciális admittancián a térerősség vagy feszültség egységlökése folytán a vezetőben keletkező pillanatnyi admittanciát értik. (*A szerk.*)

alakú. Megoldását az

$$u = \begin{cases} 1, & \text{ha } t < 0 \\ 0, & \text{ha } t > 0 \end{cases} \quad \text{és } x = X \tag{5}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, \text{ ha } x = 0$$

határfeltételekre harmonikus analízissel kapjuk meg. Kifejezése

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\frac{1}{2}\alpha_n} \cdot e^{-\alpha_n^2 \frac{t}{T}} \cdot \cos \alpha_n \frac{x}{X}, \tag{6}$$

ahol $\alpha_n = \frac{1}{2}(2n-1)\pi$ a feladat saját értéke és a $T = \frac{X^2}{a}$ kifejezésnek idődimenziója van.

Az $x = 0$ szimmetriasíkra nézve

$$u_0 = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\frac{1}{2}\alpha_n} \cdot e^{-\alpha_n^2 \frac{t}{T}}. \tag{7}$$

b) Végtelen henger, amelynek sugara R és szimmetriatengelye $r = 0$. Az (1) egyenlet ebben az esetben

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right) \tag{8}$$

alakú. Megoldás (amely kevésbé ismert) az

$$u = \begin{cases} 1, & \text{ha } t < 0 \\ 0, & \text{ha } t > 0 \text{ és } r = R \end{cases}$$

$$\frac{\partial u}{\partial r} = 0, \text{ ha } r = 0 \tag{9}$$

határfeltételekre

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\beta_n \frac{r}{R}\right)}{\frac{1}{2}\beta_n J_1(\beta_n)} e^{-\beta_n^2 \frac{t}{T}}, \tag{10}$$

ahol a β_n értékek a $J_0(\beta) = 0$ egyenlet gyökei és a $T = \frac{R^2}{a}$ kifejezésnek idődimenziója van.

A henger középvonalában, amelyre nézve $r = 0$

$$u_0 = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\frac{1}{2}\beta_n J_1(\beta_n)} \cdot e^{-\beta_n^2 \frac{t}{T}} . \tag{11}$$

c) Gömb, amelynek sugara R és középpontja $r = 0$. Az (1) egyenletet a v függvényében fejezzük ki és a $v = ru$ transzformáció segítségével a (3) egyenlet alakjára hozzuk, amelynek határfeltételei

$$v = \begin{cases} r, & \text{ha } t < 0 \\ 0, & \text{ha } t > 0 \end{cases} \quad \text{és } r = R \tag{12}$$

$$\frac{\partial v}{\partial r} = \infty, \text{ ha } r = 0 .$$

Az egyenlet megoldása

$$v = R \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\frac{1}{2}\gamma_n} e^{-\gamma_n^2 \frac{t}{T}} \sin \gamma_n \frac{r}{R} , \tag{13}$$

ami u-ra nézve azt adja, hogy

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\frac{1}{2}\gamma_n} e^{-\gamma_n^2 \frac{t}{T}} \frac{\sin \gamma_n \frac{r}{R}}{\frac{r}{R}} , \tag{14}$$

ahol

$$\gamma_n = \pi n \quad \text{és} \quad T = \frac{R^2}{a} .$$

A megoldás értéke a középpontban

$$u_0 = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} 2 e^{-\gamma_n^2 \frac{t}{T}} = \tag{15}$$

$$= 1 - \Theta(0) ; \tag{16}$$

ahol Θ (O) a Jacobi-féle zérusrendű theta-függvény :

$$\Theta(0) = 1 - 2q + 2q^4 - 2q^9 + \ldots ,$$

amelynek argumentuma

$$q = e^{-\pi^2 \frac{t}{T}} .$$

E három összefüggő alakra hozott (7), (11) és (15) alatti megoldásban az α_n, β_n és γ_n kifejezés a három feladat saját értékének tekinthető és a $T = X^2/a$ olyan időállandó, amely mind a három esetre érvényes.

A megoldásokat már korábban is használták, elsősorban a vizsgált test viselkedésének összehasonlítására és az u_0 függvény értékét az at/X^2, illetve az at/R^2 paraméterek függvényében fejezték ki. Feltételezve, hogy az alakzatok vonalas mérete egyenlő, az 1. ábrán feltüntetett görbéket kapjuk, amelyek az irodalomból már jól ismertek [1], [2]. Ezek a görbék többek között azt mutatják, hogy a gömb gyorsabban hűl le, mint a henger vagy síklap. Ez az oka továbbá annak is, hogy a pontszerű villamos érintkezők miért szórják szét könnyebben a hőt tömör érintkeződarabokban, mint a vonalszerű vagy nagyfelületű érintkezők.

A három görbe monoton csökkenő. Érintőjük vízszintes és így szubtangensük a kezdőpontban végtelen.

Az $e^{-\frac{t}{T}}$ exponenciális függvényhez hasonló alakú időállandó nem definiálható a szubtangens hosszának a meghatározásával. Ismeretes azonban, hogy ugyanakkor az exponenciális görbe alatti terület az

$$\int_0^\infty e^{-\frac{t}{T}} dt = T \tag{17}$$

összefüggés értelmében egyenlő az időállandóval.

Ha ezt az elvet az 1. ábra görbéire, tehát az állapotfüggvénynek a testek középpontjában felvett értékére alkalmazzuk, akkor meglepő eredményre jutunk.

Valóban, ha a síklapra vonatkozó (7) egyenlet szerinti u_0 görbe alatt fekvő területet kiszámítjuk, akkor azt kapjuk, hogy

$$\int_0^\infty u_0\, dt = T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{\frac{1}{2}\alpha_n^3} = T \frac{2 \cdot 2^3}{\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^3} =$$

$$= T \frac{16}{\pi^3} \cdot \frac{\pi^3}{32} = \frac{T}{2} = \frac{X^2}{2a}. \tag{18}$$

A hengerre vonatkozó (11) egyenlet integrálva

$$\int_0^\infty u_0 \cdot dt = T \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\frac{1}{2}\beta_n J_1(\beta_n)}. \tag{19}$$

A szerző számításai alapján a végtelen összeg értéke 1/4, mert

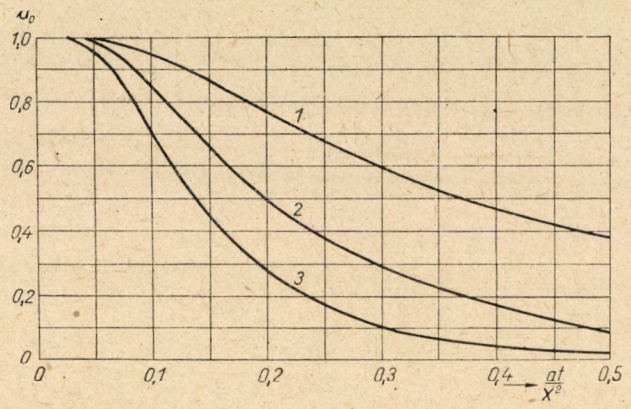
$$\sum_{m=0}^{\infty}{}' \sum_{n=0}^{\infty}{}' \frac{1}{\beta_n^{2m+1} J_1(\beta_n)} = \sum_{m=0}^{\infty}{}' \frac{1}{2^{2m+1}} = \frac{2}{3} \tag{20}$$

és így

$$\int_0^\infty u_0 \cdot dt = \frac{T}{4} = \frac{R^2}{4a} . \tag{21}$$

Végül, a gömb esetében, integrálva a (15) kifejezést, azt kapjuk, hogy

$$\int_0^\infty u_0 \cdot dt = T \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n^2} .$$



1. ábra. Egyszerű testek — síklap *1*, henger *2*, gömb *3* — középpontjának hűlése

A végtelen összeget EULER számította ki:

$$\int_0^\infty u_0 \, dt = T \frac{2}{\pi^2} \cdot \frac{\pi^2}{12} = \frac{T}{6} = \frac{R^2}{6a} . \tag{22}$$

Következésképpen megkaptuk a három időállandót, amelyeknek a kifejezése

$$\text{síklapra} \quad T_l = \frac{X^2}{2a} ,$$

$$\text{hengerre} \quad T_h = \frac{R^2}{4a} ,$$

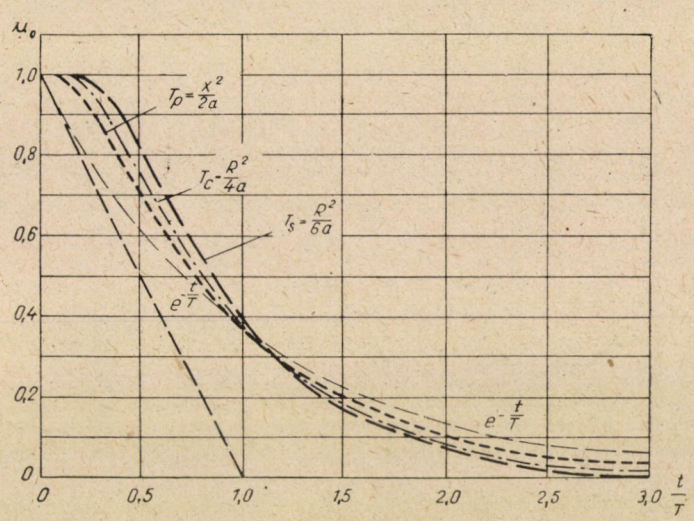
$$\text{gömbre} \quad T_g = \frac{R^2}{6a}$$

egyszerű és folyamatos sorozatot alkot. A nevező számtényezője azoknak a főirányoknak a számát adja meg, amelyekben a diffúzió a központból kiindulva

lefolyik. A rendszer szabadsági fokainak számával való kapcsolat ugyancsak világos.

A 2. ábra az u_0 állapotfüggvény értékét tünteti fel a test középpontjában. Az abszcisszára a megfelelő t/T numerikus időt mértük fel. A különböző egyszerű testek sajátos viselkedése közvetlenül leolvasható.

Az állapotfüggvény gyakorlatilag befolyásmentes a test középpontjában olyan numerikus időre nézve, amely síklapnál, hengernél és gömbnél kisebb, mint rendre 0,096, 0,194 és 0,288.



2. *ábra.* Síklapban, hengerben és gömbben lejátszódó tranziens jelenség időállandója

Ezért, ama tény ellenére, hogy a diffúzió a gömb belsejében gyorsabb lefolyású (amint az az 1. ábrán látható), az állapotfüggvény értéke a középpontban mégis viszonylag hosszabb időn át marad fenn, mint a henger tengelyén vagy a síklap szimmetriasíkján.

Érdekesség kedvéért közöljük az egységnyi numerikus időhöz, tehát az időállandóval egyenlő időhöz tartozó állapotjelző értékét. Ismeretes, hogy az exponenciális függvény e helyen $1/e = 0{,}36788$. Az időállandót ezért gyakran úgy is értelmezik, mint azt az időt, amelyen belül a függvény erre az értékre csökken.

Ha a (7), (11) és (15) egyenletekben a $t/T_u = 1$ helyettesítést elvégezzük, akkor az állapotfüggvény értéke a középpontban rendre: 0,3708, 0,3770 és 0,3833. Nyilvánvaló tehát, hogy az időállandó fenti értelmezése nem lehet általános jellegű és csak az exponenciális függvényre érvényes.

Ezzel szemben az időállandó olyan értelmezése, amely szerint az a görbe alatti területnek és a kezdeti időértéknek, tehát annak az időnek a hányadosa, mialatt a középpont felveszi a középértéket, jóval általánosabb jellegű. Ez az

értelmezés érvényes az exponenciális görbére nézve, de éppen úgy kiterjeszthető bármely más görbére is.

Az irodalomban [3] rámutattunk arra is, hogy ennek az időállandónak a tranziens jelenségeknél fizikai szerepe és értelme van.

IRODALOM

1. GRÖBER—ERK: Die Grundgesetze der Wärmeübertragung. (A hőátadás alaptörvényei.) Springer, Berlin, 1933.
2. MIHEEV, M. A.: A hőátadás alapelvei (orosz nyelven). Goszenergoizdat, Moszkva és Leningrád, 1949.
3. AVRAMESCU, A.: A tranziens szkin-effektus. (Transient Skin Effect.) A Román Népköztársaság Tudományos Akadémiája Műszaki és Kémiai Tudományok Osztályának Közleményei, 1952, 4. évf. 3—4: 225. l. (Magyar nyelven megjelent a MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXII. köt. [1958] 57/73. l.)

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a hiperbolikus differenciálegyenlettel vagy rezgési egyenlettel megadott tranziens jelenségek jellemző paraméterének meghatározását vizsgálja. Kimutatja, hogy az említett jelenségek lefolyásának leírására és összehasonlítására alkalmas általános jellegű jellemző paraméter az állapotfüggvényt ábrázoló görbe alatti területnek és a kezdeti időértéknek, tehát annak az időnek a hányadosa, amely alatt a középpont az állandósult középértéket felveszi. A levezetett eredményeket a síklap, henger és gömb gyakorlati esetére alkalmazza.

A FÉMEK FORGÁCSOLÁSÁNAK VIZSGÁLATA GYORSÍTOTT FILMFELVÉTELLEL

Sz. P. TAMBOVCEV †
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1957. október 12-én]

Forgácselem képződés

Ez ideig általában azt tartották, hogy a forgácselem egy darabból összetevődő képlékeny deformálódó test, amely adott forgácsolási folyamatnál eléri az ennek megfelelő legnagyobb térfogatát.

A képlékeny alakváltozás folyamatos kiterjedéséről alkotott vélemény az egész forgácsolásnál leváló rétegre a munkadarab külső rétegeinek viszonylag kismértékbeni érintésénél főleg a 0,2 m/perc vagy ekörüli vágó sebességen felvett mikrofelvételeken alapult.

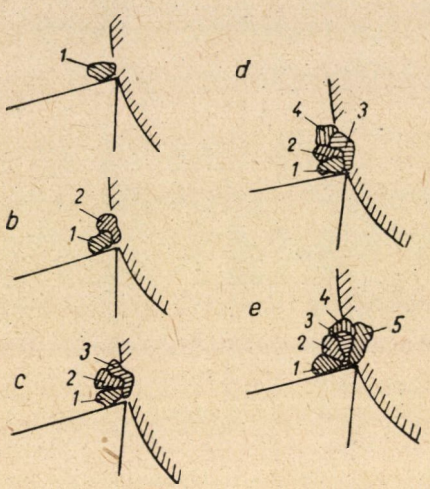
A szerzőnek sikerült először gyorsfelvétellel megállapítani a forgácsolásnál jelentkező szövetszerkezeti változásokat.

Valójában a mikrofelvételek megmutatták, hogy a forgácsleválás folyamata úgy megy végbe, hogy a vágási vonal, melyet a szerszám adott fogásmélységre való beállítása határoz meg, azonnal megszakad, mivel a szerszám előtt és alatt (a darab irányába) nagy térfogat szenved alakváltozást.

Mivel az anyag polikristályos szerkezetű, így a forgácsképződés szakaszos jellegű s az elcsúszott és összetorlódott kristályok folyamatosan keményednek. A kristályoknak és kristályszemcséknek e csoportjait szubelemeknek nevezzük (1. és 2. ábra). Ezeket a kifejezéseket először a szerző használta a forgácsolás elméletében.

A szubelemek fokozatosan egymásra tolódva és deformálódva, a forgácsolás vonalát a munkadarab irányába hátra szorítják. Így a munkadarab előírt mérete már a forgácsolás kezdeti szakaszában megváltozik. Innen ered a munkadarabok tényleges méreteinek ismert szóródása is (szóródási mező), noha a forgácsolási viszonyok változatlanok és a gép—szerszám—munkadarab rendszer merevségét is figyelembe vették. Az ilyen fajta szóródás nagyoló megmunkálásoknál figyelmen kívül hagyható, a simító megmunkálásoknál viszont annál inkább számításba kell venni. Ezenkívül a forgácsolási viszonyokat (különösen a fogásmélységet) simító és finom műveletek részére nem az elméleti, hanem a nagyolás után kapott valóságos munkadarab méretek alapján kell megadni.

Ebből következik, hogy a nagy pontossággal gyártandó munkadarabok előállítása során az összes megmunkálási műveletben feltétlenül önműködő méretellenőrzést kell alkalmazni.

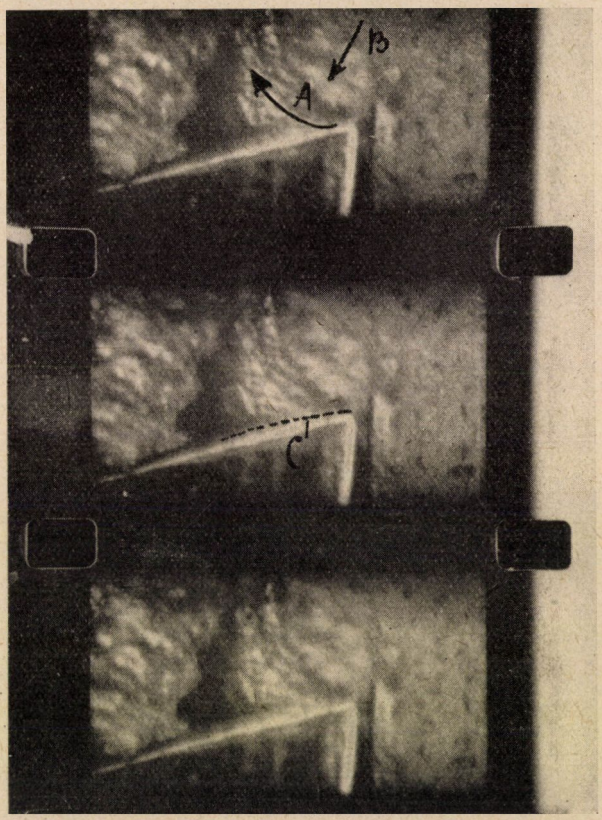


1. ábra. A szubelemek keletkezésének elvi vázlata. a—I. fokozat, b—II. fokozat, c—III. fokozat, d—IV. fokozat, e—V. fokozat. 1, 2, 3, 4, 5 szubelemek

2. ábra. Szubelem csoport alumínium forgácsolása közben

A szubelemek csoportjai, vagy a nagyobb szubelemek külön-külön is képződhetnek, ezek szívós anyagok (kis széntartalmú acél, modifikált és nagyszilárdságú öntött vas) forgácsolásakor az alakváltozást szenvedett anyagrészecskék összetorlódását idézik elő. Az anyagrészecskéknek ezt az összetorlódását nevezzük mi „kom"-nak (3. ábra). A „kom" egyáltalán nem egyezik meg az élrátét képződés „jelenségével", hanem a forgácsolás folyamatának egyik elengedhetetlen fizikai tulajdonsága.

A kom a homloklapon helyezkedik el, rátapad a vágóélre, fölötte elcsúszó anyagrétegekre nyomást gyakorol, ezeket képlékenyen deformálja. Ez a kom helyettesíti a vágóélt, az összetorlódott anyag térfogatát az elméletihez képest növeli, a forgácselemet a megmunkálandó anyag tulajdonságától, a megmunkálás jellegétől és a forgácsolási viszonyoktól függő adott méretre alakítja ki.



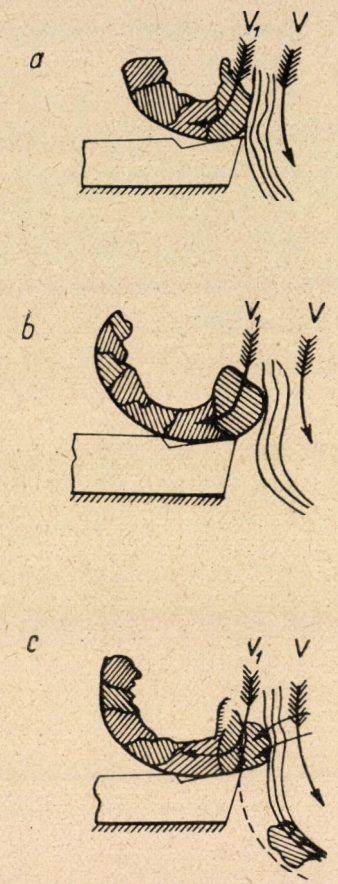
3. ábra. A 10—15 jelzésű acél forgácsolás közbeni komhoz közeledő deformált fém hullám terjedése

A kom azáltal, hogy a lecsúszó forgácstól a vágóélt védi, azt mintegy helyettesíti.

A kom a forgácsolás vonalát erősen a munkadarab irányába mozdítja el. A vágóél előtti és a szerszám alatti képlékeny alakváltozás terjedésének határvonala közel egyforma a kom határvonalával. Változatlan forgácsolási viszonyok mellett megmunkált azonos munkadarabok méreteinek még nagyobb mértékű szóródása figyelhető meg.

Ha a forgácsolási sebességet 10—8 m/percre csökkentjük, és ha a fogásmélység 1,5—2 mm, akkor a kom nagyobb méreteket vesz fel, és olyan jelenséggé alakul át, melyet mi konzolnak nevezünk. E konzollá való

átalakuláshoz a kom több nagyobb, szubelemekből álló testet alkot, amely a homloklapon aránylag nagy területen helyezkedik el. A lecsúszó új forgácsrétegekkel a homloklaphoz szorított kom az egyik végén befogott tartóhoz hasonlít s ezért is neveztük el konzolnak. A konzol hatása nagyobb, mint a komé. A konzol által képződött ferde vágóél már közvetve sem érintkezik a



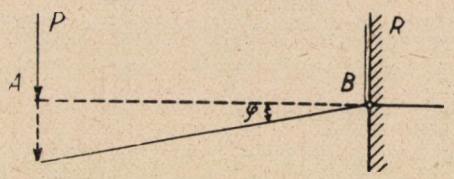
4. ábra. A konzol leválása és továbbjutása
a—I fokozat
b—II fokozat v_1 — a forgács továbbjutásának sebessége
c—III fokozat v — vágó sebesség

munkadarabbal. A forgácsolás vonala még jobban eltolódik a megmunkálási felület irányába. Így jelentősen megnő a képlékeny alakváltozást szenvedett anyag térfogata. A konzol az általa deformált anyag leváló rétegének növekedéséhez mérten rakódik le és növekszik. Végül a vágóél fölé kinyúló része letöredezik és hozzátapad a munkadarab felületéhez.

Ha a forgácsoló erő nagyobb, mint a konzol súrlódási ereje, akkor a lecsúszó forgács a konzolt leviszi a szerszám homloklapjáról (4. ábra).

A konzol jelensége azt eredményezi, hogy a megmunkálási felületen viszonylag nagy területen bemélyedések képződnek és tapadványok maradnak a munkadarabon. A konzol fokozatos növekvő méretei, majd a forgács okozta letöredezések vagy kopások járulékos rezgésforrássá válhatnak a forgácsoló erők váltakozása következtében.

A rezgések sem a gép—szerszám—munkadarab merevségének fokozásával, sem pedig a villamos motor karakterisztikájának merevségével sem küszöbölhető ki. A gép—szerszám—munkadarab rugalmas rendszer merevsége csökkentheti ugyan a rezgést, teljesen megszüntetni azonban nem képes. A kom és konzol jelenséggel magyarázható például az is, hogy az üregeléssel kapott furatok belső felületei hullámosak, valamint, hogy az üregeléssel ellentétes irányban „sorja" képződik akkor is, ha szerszám fogain nincs élrátét.



5. ábra. A szerszám szupportba való befogásának elvi vázlata

A képlékeny alakváltozás hullámos eloszlása

A gyorsított filmfelvétel alkalmazása lehetővé tette, hogy tisztázzuk a képlékeny alakváltozási folyamat tényleges jellegét a forgácsolási zónában. Az általunk felvett filmkockák szemléltetően mutatják, hogy a képlékeny alakváltozás akkor kezdődik, amikor bekövetkeznek a deformálódó anyag egymást követő hullámosságát előidéző kristályok vagy kristálycsoportok elcsúszásai (3. ábra). Az alakváltozási hullámok a vágóél előtt haladnak a leválasztandó anyagréteg felé és e megmunkálási felület alatti rétegre is kiterjednek. A hullámosság nyomai a leválasztandó anyag teljes eltávolítása után is megtalálhatók a forgácson és a munkadarab felületén. A megmunkálási felület magán hordja mind az érdesség tisztán kirajzolódó vonalait, mind a hullámcsúcsok elnyíródásának nyomait. A munkadarab felületén kirajzolódó hullámosság szabályos kiemelkedései és bemélyedései teljes mértékben megegyeznek a forgácsban észlelhető alakváltozási hullámok elhelyezkedésével.

A forgácsleválás folyamatának részünkről feltárt lényege azt bizonyítja, hogy a képlékeny alakváltozás zónájába eső anyagtérfogat jóval nagyobb annál, mint amit az adott forgácsolási viszonyokból kiindulva feltételeztünk. A szerszám vágóélét takaró kom és konzol az anyagtérfogatra 1,5—2-es nagyobb nyomást gyakorol, mint az adott forgácsolási viszonyoknál a megmunkálandó anyag jellegének és a szerszám geometriájának figyelembevételével megadnak.

A munkadarab mélysége felé irányuló deformációk az anyag tulajdonságaitól függően a fogásmélység 1,5—2-szeres értékét is elérhetik.

A hullámosság-képződés a forgácsoló erőt képező értékek szakaszos változásához vezet. E változásokat, ha csak a P_z fő forgácsoló erő összetevőt vesszük figyelembe, a következő alakban írhatjuk fel:

$$P'_z = P_z\left[\frac{1}{f} + \frac{0{,}75}{e}\frac{(\Delta e)}{\Delta f}\right]\Delta f, \quad \text{vagy} \quad P'_z = P_z\frac{\Delta f}{A},$$

ahol

$$\frac{1}{A} = \left[\frac{1}{f} + \frac{0{,}75}{e}\frac{(\Delta e)}{\Delta f}\right];$$

itt

P'_z—a P_z új értéke az anyag hullámosságának elnyíródása következtében,
P_z a forgácsoló erő függőleges összetevőjének az elméleti forgácskeresztmetszethez tartozó értéke,
e előtolás, Δe az előtolás növekedése a forgács szélesedése következtében.
f fogásmélység; Δf a fogásmélység növekedése.

A Δ_f növekedését a következő képlettel határozzuk meg:

$$\Delta f = 2\,A_0 \sin\frac{\psi}{2}\cos\left(\omega\tau - \frac{\psi}{2}\right), \quad \text{ahol}$$

A_0 a hullámosság amplitudója; ψ a hullámosság szakaszainak elcsúszási szöge; ω lengési frekvencia; τ az idő.

Az alakváltozási sebesség függőleges összetevője ez esetben egyenlő lesz

$$V_z = \frac{V}{l};$$

ahol V a forgácsolási sebesség, l a szerszám alatti alakváltozási zóna hossza.

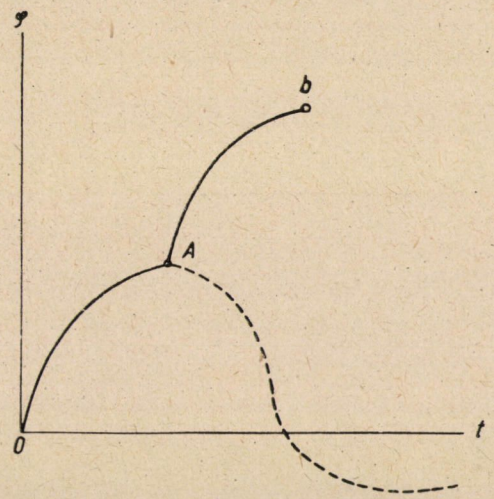
A szerszámgép—szerszám—munkadarab rendszerében ébredő mechanikai rezgések okai

A képlékeny alakváltozás terjedésének fizikai jellegével összefüggő természetes keletkezésű rezgésektől függetlenül a forgácsolási folyamatban a megmunkálási felületen mechanikai rezgések is keletkeznek.

Az azonos számú rezgéseket végző rugalmas testek egyik egységes rendszerét a szerszám és annak befogókészüléke, a másikat a tárgy és befogókészüléke alkotja.

E két rendszer kölcsönös hatással van egymásra. Az egyik rendszer rezgésideje annyiszor nagyobb a másik rendszer rezgésidejénél, ahányszor nagyobb az egyik rendszer tehetetlenségi nyomatéka a másik rendszer tehetetlenségi nyomatékánál.

A szerszám—szán rendszerben ébredő rezgések adják végeredményben mindkét rendszerben a forgácsolási folyamat alatt eredő rezgéseket. Ezt a következőképpen magyarázhatjuk. Legyen C a szerszám rendszer t időköz alatti pillanatnyi rezgési középpontja, mely a szánon levő késtartó metszetének középpontjában van.



6. ábra. A φ-elhajlás szög időbeni változásának görbéje

A — maximális φ elhajlás
b — φ összesített értéke abban a helyzetben, amikor a max. forgácsoló erő egyenlő a lemez max. másodrendű nyomatékkal

Akkor a rugalmas alakváltozásokat a szerszám φ szögű elhajlásának alakjában lehet kimutatni (6. ábra).

Jelöljük a forgácsoló erőt P betűvel, a szerszám befogási helyén az alátámasztás reakcióit pedig R betűvel. Jelöljük ξ-vel az AC lap C pontra vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatékát. Feltételezzük, hogy a befogás helyén mutatkozó nyomatékot teljesen a szán veszi fel.

Ekkor a szerszám pillanatnyi elhajlását D'ALEMBERT tételével fejezzük ki.

$$\xi \frac{d^2\varphi}{df^2} = P - R.$$

Ha P állandó lesz, akkor az elhajlás felírható, mint

$$\xi \frac{d^2\varphi}{df^2} = P - K\varphi.$$

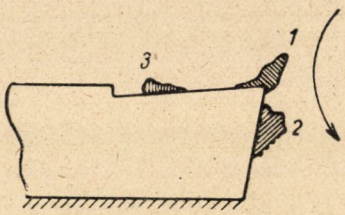
Ez az elhajlás kiküszöbölhető, ha ξ-t elég nagyra vesszük (nagy szerszám) és ha a K értéke is nagy lesz, ami nagy merevségű szerszámnak felel meg.

Ha a P erő két összetevő eredő erőnek felel meg — ez a két összetevő a munkadarabot forgató villamosmotor ereje (feltételezzük, hogy a munkamozgást a tárgy végzi álló szerszám mellett), és a forgácsoló erő —, akkor a pillanatnyi elhajlások törvénye nagyon bonyolult lesz.

Ha P legnagyobb értéke megegyezik a tehetetlenségi nyomaték legkisebb értékével, akkor a φ legnagyobb lesz, amely csillapodó sinus görbe szerint fog változni (6. ábra).

Nagy forgácsolási sebesség esetén a P maximális értékének hatása ütés jellegű lehet, amely meghaladja a szerszám megengedett rugalmassági alakváltozásainak határait.

Az elvégzett vizsgálatok során a szerszámgép—szerszám—munkadarab rendszerben az eddig ismert rezgésforrásokon kívül egész sor más rezgésforrást is sikerült feltárni.



7. ábra. Az élrátétek keletkezésének helyei. *1* felső élrátét, *2* alsó élrátét, *3* hátsó élrátét

Így a gerjesztett rezgések forrásai közé lehet sorolni: a forgácselem térfogatának periódusos növekedése nullától maximumig, a szubelemek keletkezéseiből kifolyólag, a kom keletkezése és annak hatása, a konzol keletkezése, hatása és letöredezése.

Továbbá más kutatók részéről kimutatott rezgések keletkezésének okai közé lehet sorolni:

a) Az egyes forgácselemek képződésének folyamatában észlelhető váltakozó forgácsolási erők, kezdve a forgácselemek első részecskéinek (szubelemeknek) a megjelenésétől, egészen a forgácselem teljes térfogatának végleges kialakulásáig, melynek mérete minden egyes részesetben megfelel a megmunkálás jellegének és viszonyainak.

b) A kom és konzol egyenlőtlen növekedése következtében keletkező váltakozó forgácsolóerők megjelenése.

c) A munkadarabnak a szerszám hátlapján történő csúszásakor keletkező súrlódási erők váltakozása annak következtében, hogy a hátlap és a munkadarab közötti érintkezés időszakonként megszakad a vágási vonalnak a tárgy irányában történő eltolódása miatt.

d) Repedések keletkezése kísérő jelenségeivel együtt.

e) A forgácsoló erők változása a képlékeny alakváltozás hullámterjedése következtében.

f) Forgácsoló erő változása a képlékeny alakváltozást szenvedett anyag hullámcsúcsainak szerszámmal történő elnyíródása következtében.

g) A forgácsolási sebesség jelentékeny ingadozása a kiindulási pillanatbani legnagyobb érték és az egyes forgácselemek teljes térfogatának elérésekori legkisebb (majdnem nulla) érték között. (Figyelembe kell venni, hogy a teljes forgácselem leválásakor a munkadarab egy pillanatra áll.)

A forgácsolás közben keletkező rezgések kiküszöbölése

A szerszám rezgésének kiküszöbölésével kapcsolatban fontos, hogy a szerszám rögzítése kis kinyúlással, megbízhatóan és mereven történjék, a szerszám befogókészülékeiben a hézagokat és játékokat meg kell szüntetni, hogy a befogás annyira merev legyen, hogy a munkadarab saját súlyánál fogva, a centrifugális erő és a forgácsoló erő hatására ne mozduljon el.

Feltétlen szükséges azokat a rezgéseket is kiküszöbölni, melyeket a szerszámgép okoz. Épp ezért biztosítani kell: sima, egyenletes kapcsolódást a villamos motorral, a kinematikai párok legpontosabb működését, a mozgórészek kiegyensúlyozását, a gép stabilitását és a tehetetlenségi erők csillapítását, elsősorban magának a szerszámgépnek megfelelő méretezése, valamint az egyes szerelvényeinek kiegyensúlyozása révén, a gépek gondos és pontos felállítását az alapra. Ha erős rezgések keletkeznek, akkor a forgácsolási sebességet annyira kell csökkenteni, hogy a gép egyenletesen járjon és eltűnjenek a felületi érdességek és barázdák.

Ha a forgácsolási sebesség túlságosan kicsi, akkor viszont növelni kell az előtolás megváltoztatásával.

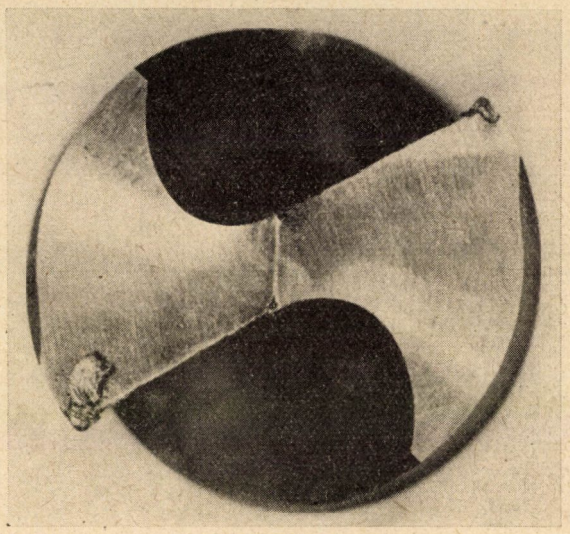
Élrátét képződés és annak befolyása a forgácsolási folyamatra

A folyamatos forgácsolási folyamatnak a munkafelület erős felnagyítású (360-szoros) mikrostruktúrájának gyorsított filmfelvétel segítségével történő vizsgálata egész sor olyan új jelenséget tárt fel, amelyeket korábban a kísérletekhez használt készülékek tökéletlen volta miatt kimutatni nem lehetett.

Mint a kísérletek kimutatták, a szerszám különböző helyein képződhetik élrátét (7. ábra); a vágóél felett felső élrátét, a vágóél alatt alsó élrátét, a vágóél mögött hátsó élrátét.

Felső élrátét. Ezt az élrátét képződést már a forgácsolási folyamat vizsgálatának legelején sikerült kimutatni.

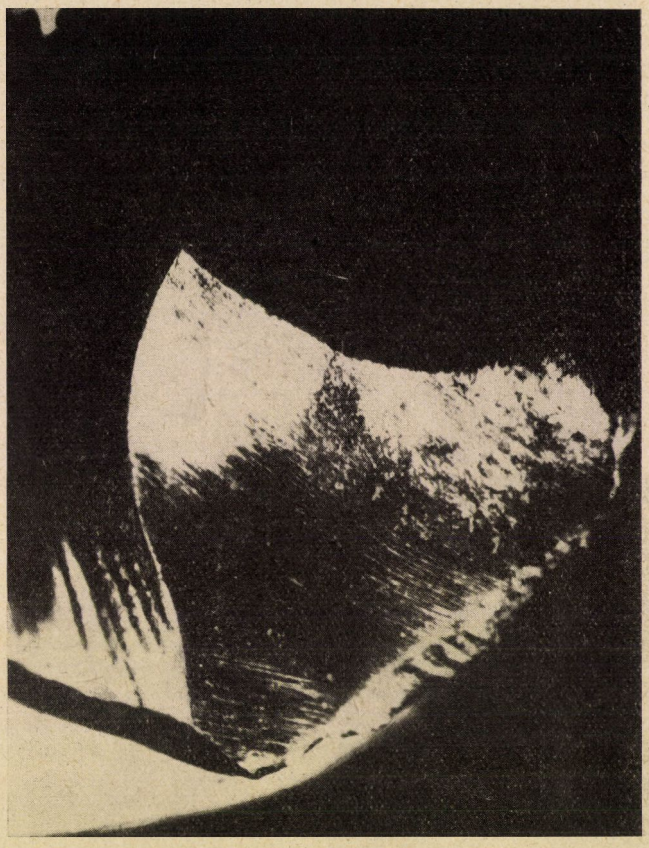
Az élrátét képződéssel kapcsolatos legeredményesebb kutatásokat USZACSEV szovjet tudós végezte. Az élrátét filmfelvétellel történő vizsgálatával JEGOROV docens foglalkozott. A nagyszámú kutatások a Szovjetunióban és külföldön két különálló elmélet kialakulását eredményezték. Ezeket az elméleteket összegezve, a következő megállapítást tehetjük : az élrátét vagy a szerszám vágóéle előtti pangásos zóna jelenléte, vagy a forgácsról és a megmunkálandó anyagról leváló apró részecskék keményedése következtében képződik, növekszik és hat (a fémkerámiai élrátét képződés elmélete). Az élrátét a két elmélet egy időben ható feltételeinek következtében képződik.



8a ábra. Az alsó élrátét keletkezése, 23 mm ∅-jű fúrón

A felső élrátét annak következtében képződik, hogy a leválasztandó anyag alakváltozást szenvedett rétegei közvetlen a vágóél felett csúsznak le. A továbbiakban az élesre köszörült vágóélt az élrátét hegye fogja helyettesíteni, a leválasztandó anyagrétegben durva repedések keletkeznek, a forgács késmelletti külső oldalán és a megmunkálási felületen számtalan sorja képződik. E repedések és sorják szolgálnak azután „táptalajul" azoknak az apró részecskéknek kialakulásához, melyeket a forgácsoló erő az élrátét tövébe sajtol be. Így tehát az élrátét alapterülete a pangásos zóna, míg a további (folyamatos) rétegződéseket a fémkerámiai részecskék alkotják. A gyorsított filmfelvétel olyan tényező kimutatását tette lehetővé, amelyeket korábban vagy egyáltalán nem vettek figyelembe, vagy helytelenül értelmeztek a kutatások során, valamint az irodalomban.

Ilyen tény, hogy az élrátét nem töredezik le egészen a tövig, hacsak a forgácsolási viszonyokban lényegesebb változás nem mutatkozik.



8b ábra. Az alsó élrátét keletkezése, 6,8 mm ∅-jű fúrón

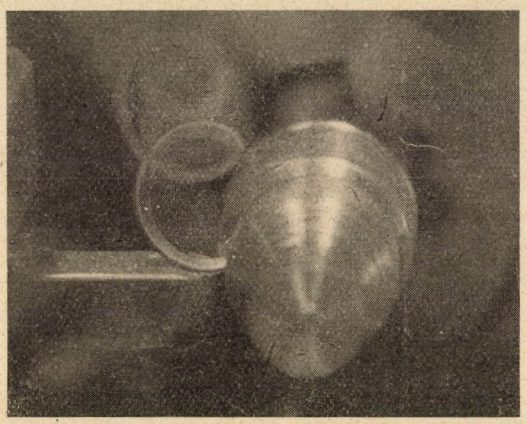
A gyorsított filmfelvétel azonban azt mutatja, hogy az élrátét gyakori változása nem mutatkozik, $v = 10—18$ m/perc esetén az élrátét-tő helye nem változik, és csak a felső fémkerámiai rétegek válnak le. Az élrátét képződését lehetővé tevő forgácsolási viszonyok esetén keletkezett érdességek az okai annak is, mint már említettük, hogy az élrátét durva éle folytán történő forgácsolás következtében nyíródások eredményeként megjelenő élrátéteknek és sorjáknak felső részecskéi leválnak.

Az alsó élrátét. Alsó élrátétnek a szerszám hátlapján található fémkerámia réteget nevezzük. Ezt az élrátétet filmfelvétel segítségével mangánnal modifikált és nagyszilárdságú öntött vas megmunkálásánál észleltük. Ezeknek az anyagoknak viszonylagos szívóssága következtében a szerszám vágóéle alatt az anyag észrevehető gyűrődése figyelhető meg.

A 8/a és 8/b ábrán megfigyelhetjük a fúrón az alsó élrátét képződését C45 anyag megmunkálása közben.

Ennek az élrátétnek a hatása jóval rosszabb, mint a felső élrátété. Míg a felső élrátét eléggé kiélezett (hegyes) s egyes esetekben kedvező hatással lehet a forgácsolási feltételekre (csökkentik a szöget, ezzel megkönnyíti a fogásba kezdést és megóvja a vágóélt a kopástól), addig az alsó élrátét jóval kedvezőtlenebb hatással van a forgácsleválásra. Az alsó élrátét negatív hatása a következőkben jut kifejezésre :

1. Az alsó élrátét kerek vagy sík felülete megakadályozza a leváló anyag mozgását, ezzel megnehezíti a fogásba kezdést és növeli a képlékeny alak-



9. ábra. A hátsó élrátét keletkezése : 60 képkocka/sec fényképezési sebességnél

változás térfogatát. Az anyag nyíródása így a külső réteg helyett az anyag belsejében megy végbe.

2. Ez az élrátét, a sík felületének hatására, észrevehető repedéseket idéz elő. E repedések az élrátét és a megmunkálandó anyag érintkezési helyétől kiindulva a vágási vonal mögött 45—50° szög alatt mélyen a munkadarab belseje felé húzódnak.

3. Mivel az élrátét a leváló rétegeket letördeli, így az új leváló rétegek nekiütődnek a szerszámnak. Ez az állandó ütődés erősen rontja a megmunkálási viszonyokat.

4. A vágóél alatt képződő élrátét a forgács ellenirányú (a főmozgás irányával ellentétes) mozgását idézi elő. Ez a forgács a vágóélen keresztül „úszva" kettős hatást fejt ki, először a vágóél közvetlen közelében koptatja a hátlapot, mintegy „aláássa" a vágóélt, másodszor felfelé történő mozgásakor koptatja és kitöredezteti magát a vágóélt, ezzel csökkenti a szerszám élettartamát.

A részünkről kimutatott alsó élrátét képződésének és hatásának jelensége ad magyarázatot a szerszám-hátlap öntött vas megmunkálásakor tapasztalható előnyös kopásának lényegére és lefolyására vonatkozólag. Másrészt éppen ez a

körülmény ad magyarázatot arra nézve, hogy az öntött vas megmunkálásánál a szerszámok homloklapja miért nem kopik. A munkadarab előírt méretének csökkenését és a felületi simaság romlását erősen meggyengítjük, ha a szerszámot állandóan éles állapotban tartjuk, ha kenést alkalmazunk és ha az α hátszöget 10—12°-ra növeljük.

Hátsó élrátét. A hátsó élrátét képződést a 9. ábrán látható filmkocka mutatja be.

Ennek az élrátét fajtának feladata világos. A hátsó élrátét nem más, mint a forgács nyomása folytán összetorlódott fémkerámiai rétegződés a homloklapon. A hátsó élrátét képződést a tapadványok, sorják, az egyes anyagszemcsék leválása és az adhézió idézi elő. A homloklapon összegyülemlő számtalan tapadvány az élrátéthez tapad, s így növeli annak térfogatát.

A szerszám forgácsolási folyamat alatti rezgése adhéziót idéz elő, aminek következtében a tapadványok nagy része az élrátéttel együtt leválik. Hátsó élrátét képződést idézhet még elő a szerszám homloklapjának érdessége is, mely a forgács szerszám alatti oldaláról utólag vágja le az egyenetlenségeket, növeli ezzel az élrátét „építőanyagának" mennyiségét. A hátsó élrátét káros hatása a következőkben nyilvánul meg.

Az élrátét csökkenti a spirál alakú forgács gördülési sugarát, következésképpen növeli a forgács alakváltozását előidéző energia mennyiségét.

Az élrátét csökkenti azt a síkot, amelyben a forgács összecsavarodik, valamint utóalakváltozást vált ki és végül az élrátét a forgácsnyomás középpontját a vágóél irányába tolja el.

Ezzel olyan kedvezőtlen feltételek jönnek létre, melyek a szerszám kopását idézik elő, pl. a vágóél közvetlen közelében keletkező és növekvő kráter következtében. Ez, ha a szerszámot nem köszörülik idejében, a vágóél kitöredezéséhez vezet.

A megmunkálandó anyag forgácsolási folyamat alatti szövetszerkezeti változása

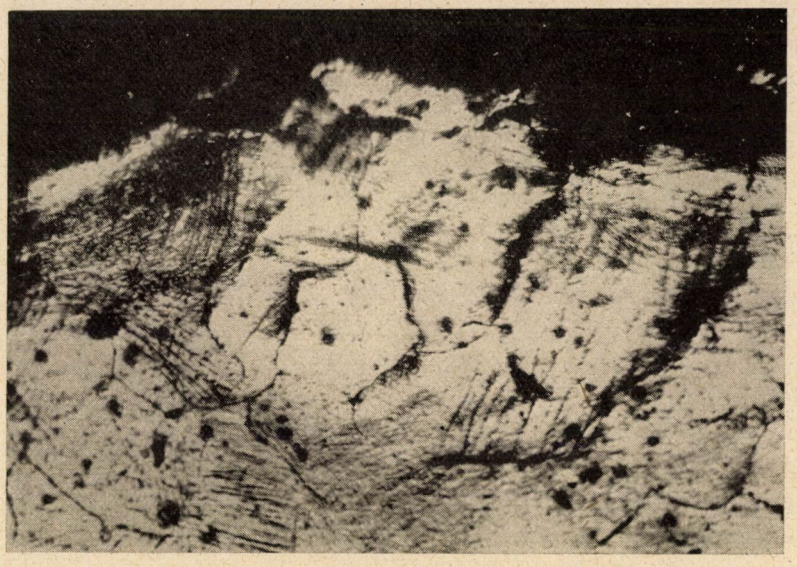
A forgácsolási folyamatoknak gyorsított filmfelvétellel és a szövet mikroszkópi vizsgálatával együtt történő kutatása lehetővé tette a felületi rétegben és a forgácsban végbemenő nagyobb változások kimutatását.

A szövetbeni legnagyobb változások a lágy vasban mutatkoznak (0,02% C; 10. ábra), ahol a megmunkálás felülete erősen deformálódott mély réteget alkot. E réteg felső kristályaiban erős feszültség koncentráció jön létre, hasadási síkjaiban pedig a kristályok között mély törések figyelhetők meg. Kimutatható, hogy az anyag feszültsége mélyen a mintadarab belseje felé húzódik, mégpedig 2—3-szoros fogásmélységig.

Hasonló képet ad, de kisebb térfogatban a 10—15 jelű acél (C = 0,13% ; 11. ábra). Az acél széntartalmának növelése 0,45—0,6%-ra, lényegesen

csökkenti a munkadarab felületi rétegeiben a deformálódott szövetek térfogatát.

Nagyszilárdságú öntött vasat külsőleg ugyanúgy munkálják meg, mint az acélt, miközben göndörödő folyó forgácsot kapnak. A forgácson azonban



10. ábra. A lágy vas deformált felső rétegének szövetszerkezete

11. ábra. A 10—15 jelzésű acél deformált felső rétegének szövetszerkezete

világosan kirajzolódó tagoltság figyelhető meg, aminek az oka az, hogy a grafit gömbszemcséi a forgácsolási folyamat alatt kitöredeznek.

A kiindulási szövetszerkezet változása (10. ábra) úgy megy végbe, hogy a gömb alakú grafitzárványok szétrepednek, szétesnek és ezzel lehetővé teszik a ferritképződés megindulását. A ferrit „oszlopok" a munkadarabhoz viszonyítva sugárirányban helyezkednek el.

A kristályok sugárirányban történő stabilizálódását azzal magyarázzuk, hogy a megmunkálási felület a törési zónába (a forgácsolás vonalába) kerülő grafittal önkenődik. A ferrit oszlop mintegy bőséges, de gazdaságos kenésű tűgörgős csapágyat alkot. Jellemző, hogy a gömbszemcsés grafit között elhelyezkedő ferrit szegélyek az alakváltozás hatására fokozatosan és észrevehetően terjednek a hasadási síkokban. A szövet ennek következtében „laza" (durvaszemcsés) lesz.

Kezdetben az alakváltozás beállta előtt a hasadási síkok vékony vonalakat képeznek. Az alakváltozás után azonban széles repedések keletkeznek, amelyek a felületi simaság megváltozásáig csökkennek (néhányszor újból összetalálkoznak).

A vágási felület alatt végbemenő nagyobb szövetszerkezeti változások erősen megváltoztatják a megmunkálandó anyag kiinduláskori mechanikai és fizikai tulajdonságait. E körülményeket a hosszú és fokozott kihasználásra számított fontosabb munkadarabok megmunkálásakor a legmesszebbmenőkig figyelembe kell venni. Épp ezért nagyon fontos olyan intézkedéseket tenni, amelyek a forgácsolási folyamat megjavításához vezetnek.

A megmunkálhatóságra vonatkozó javaslataink, tekintettel a fémek szövetszerkezetére

Nagyobb ferrittartalmú, vagy túlnyomórészt ferrit-alkotós kis széntartalmú acél megmunkálásakor a következő intézkedéseket javasoljuk.

Az acél keménységét kis adag Mn, Si, Ni vagy Mo, Cr, W-mal növeljük. A szívósságot Mo, Cr, W, Si hozzáadásával csökkentjük. Beviszünk még Pb, S, P, Se-t is. Az edzhetőséget Cr, Mn, Ni-lel fokozzuk. S és P-ral a szerszám éltartalma 2—2,5-szeresére növelhető. Ezeknek az acéloknak a megmunkálhatóságára kedvező hatással van az előzetes hideg megmunkálás (hidegkeményedés, hengerléstől eredő keményedés). A különböző hőkezelések közül az izotermikus, vagy normál-lágyítást ajánljuk.

A kis széntartalmú acélok sikeres megmunkálásához a következő feltételek kellenek: finomszemcsés szövet, perlit jelenléte, gömbszemcsés cementit, ne legyen nagy ferritfelhalmozódás, a ferrit tömegében a perlit egyenletesen oszoljon el és az egyes acélfajták részére megadott keménység felső határértékét vegyük. Hipereutektikus közönséges szénacél megmunkálásához egyenlő eloszlású szemcsés perlit szövetszerkezetét ajánljuk. És fordítva, durvaszemcsés-perlitet ajánlunk a következő ötvözetű acélok megmunkálásához:

Krómnikkel-acél, krómvanádium-acél, krómnikkel-molibdén-acél, ha a széntartalom 0,40—0,55% között van.

Ezzel szemben a szerszámacélok sikeres megmunkálásához finomszemcsés perlitet kell használni.

Lemezszerkezetű perlit esetén a következő anyagok megmunkálhatósága kielégítő C = 0,5—0,8% tartalmú acél, C = 1,05—1,7% tartalmú acél, az

ötvözöttségtől függetlenül (a felületi simaságtól függően), C = 0,3%, Mn = = 0,35%, Cr = 1,45% tartalmú csapágyacél, közepesen ötvözött acélok C = 0,35—0,45% tartalommal.

A ferrit-perlit szövetszerkezet a cementált 25, 35, 45, 45X, 45XN jelű nikkel-acélokban akkor munkálható meg kedvezően, ha C = 0,15%, Ni = 3,5—5,08%, H_B = 179—197 és ha a krómnikkel-acélokban a Ni = 3,5 ; Cr = 1,55%.

A finom szemcse nagyobb felületi simaságot biztosít a C = 0,45—0,55% ; Ni = 1,5—2,0% ; Cr = 0,6—1,25% tartalmú acéloknál (fogaskerék gyártásánál).

Ferrit és szorbit jellegű perlit, vagy ferrit és finom szerkezetű perlit különösen alkalmas 35, 40, 45, 15 HM, 40XHMA jelű acél megmunkálására.

A perlit egyenletes eloszlása a kis és közepes széntartalmú acél megmunkálhatóságára kedvező hatással van.

Krómnikkel- és krómvanádium-acél megmunkálásához a durvaszemcsés szferoidizált szövet teljes mértékben kielégítő.

Nagyobb cementittartalmú anyagok és C = 0,7—1,2 tartalmú szerszámacél megmunkálhatósága durvaszemcsés szövet, vagy ferrites gömbszemcsés cementit esetén kielégítő (forgácsoló, sajtoló szerszámok és rugók részére).

Az egyenlő eloszlású cementites finomszemcsés szövet kedvező hatással van a szerszám- és csapágyacélok megmunkálhatóságára. A lemezszerkezetű cementit kielégítő megmunkálhatóságot biztosít furatok üregelésénél és dörzsölésénél, menetvágásnál, fogaskerekek és hornyok készítésénél.

Az ausztenites szövetszerkezet az EI—69-es jelű acél megmunkálhatóságát akkor segíti elő, ha a durvaszemcsés ausztenitben durva elsődleges karbid kevés mennyiségben, a finomdiszperziós másodlagos karbid nagy mennyiségben, vagy ha a finomszemcsés ausztenitben egyenletesen eloszló finom diszperziós karbidok nagy mennyiségben vannak jelen (marásnál).

Lényegesen könnyebbé válik a CrNi-rozsdaálló acélok esztergálása és fúrása, ha az acélba titánt, sziliciumot, ként, szelént, cirkoniumot, foszfort, ólmot viszünk be.

Ezeknél az acéloknál 800—900°-os hőkezelést javasolunk. E hőkezelés karbidrészecskék képződését idézi elő, ami megkönnyíti a forgács rövid darabokban történő leválását.

Az öntött vas szövetszerkezeti változásának hatása a megmunkálhatóságra

Munkánk során nagy figyelmet fordítottunk az öntött vas megmunkálhatóságának kérdésére is. Az öntött vasra vonatkozó főbb következtetéseinket és javaslatainkat a következőkben foglaljuk össze. A forgácsolási megmunkálhatóságra elsősorban az öntött vas szövetének homogenitása van kedvező hatással.

Az öntött vas keménységének a perlit szorbitálása után való növelése csak kismértékben rontja a forgácsleválási feltételeket, míg a keménység perlit-cementit szövet létrehozása útján történő növelése feltétlenül erősen csökkenti a megmunkálhatóságot.

Minél érzéketlenebb az öntött vas szövetszerkezete a falvastagság iránt, azaz minél homogénebb és minél kisebb a kvázi-izotrópi tényezője, annál jobb a megmunkálhatósága. Ha az elegyben természetes ötvözött acélt használunk, 15—40% határokon belül, akkor a megmunkálhatóság javul, míg ennél nagyobb mennyiség esetén a megmunkálhatóság az öntött vasban megjelenő krómkarbidok következtében romlik.

A gépműhelyeknek a megmunkálás megkönnyítését célzó legkisebb keménységre vonatkozó előírásai elfogadhatatlanok, mivel az anyag mechanikai tulajdonságai jelentősen romlanak. A keménység fokozása fehérítéssel rendkívül erősen rontja a forgácsolási viszonyokat. Forgácsolással megmunkálandó öntvények legmegfelelőbb keménysége (perlit-grafitos) $H_B = 120—150$, vagy (szorbit-grafitos szövetszerkezet) $H_B = 215—216$. Nagyszilárdságú öntött vas megmunkálhatósága akkor megfelelő, ha $H_B = 235—300$, a réztartalmú öntött vasé pedig, ha $H_B = 270$.

Az öntött vasból készített öntvények 760—816°-on történő kilágyításakor a karbid és a perlit grafitálódott szénné és ferritté alakul át, megkönnyíti az öntött vas forgácsolását, azonban a kilágyítás csökkenti az anyag szilárdságát és kopásállóságát.

Ha a szilárdság és kopásállóság csökkentésén kívül könnyebb forgácsolási feltételek létrehozása lényeges, akkor szabad kilágyításhoz folyamodni $H_B = 130$ keménységig.

A kokilla öntés megakadályozza az öntecskéreg képződését, az öntött vasat könnyen kilágyíthatóvá teszi, minek folytán ferrit-perlit megmunkálhatósága javul.

Az öntött vas keménységének növelése egyenes arányban van a százalékos C-tartalommal, a forgácsolási megmunkálhatóságra pedig fordított arányban hat. Az öntött vasban található különböző ötvözőanyagok és szennyeződések hatása a megmunkálhatóságra attól függően változik, hogy ezek jelenléte következtében milyen grafit képződik.

A grafitképződés gömbölyödésével és ezek nagyításával az öntött vas keménysége csökken, a forgácsolási viszonyok azonban javulnak.

Diszperziós alakú grafitzárványok esetén az öntött vas keménysége növekszik, a forgácsolási viszonyok viszont romlanak. Ha az öntött vasban elegendő mennyiségű szilicium, nikkel vagy réz van, akkor a forgácsolhatóság jobb lesz (még kis keresztmetszetű öntvényeknél is). A réztartalmú öntött vas például $H_B = 270$ esetén is könnyen megmunkálható.

Általában a modifikált öntött vas megmunkálhatósága 38—40%-kal jobb a közönséges öntött vasénál. A modifikált öntött vasak még a legkisebb

szövetszerkezeti változással szemben is igen érzékenyek, s e tekintetben kedvezőtlen hatással vannak a bennük található háromalkotós foszfid eutektikumra és cementitre.

Következtetések

A fémforgácsolás tanulmányozására használatos magasfrekvenciájú gyorsfényképezés lehetőséget nyújt tanulmányozni és megismerni külső erőhatások következtében megváltozott fém alakjának, méreteinek és szövetszerkezetének fizikai jellegét. Ez a módszer kimutatja a gyorsan végbemenő technológiai folyamatokban az egymástól való függőségeket. A forgácsolási folyamatoknak ilyen gyors rögzítése lehetőséget nyújt több más forgácsolási módszerrel történő fém és nem-fém megmunkálásánál használni a gyorsfényképezést laboratóriumi és gyári körülmények között.

Berendezés a forgácsolási folyamat gyorsított filmfelvétellel történő vizsgálatához

A fémforgácsolási folyamat gyorsított filmfelvétellel történő vizsgálatát a berendezés tervezéséhez szükséges előzetes tájékozódás céljából 1 : 1 léptékű, 30—64 képkocka/sec sebességű szokásos filmfelvételek előzték meg. A nagysebességű filmfelvevő kamrát csak a felvételek elkészítése után használtuk. A gyorsított felvevőkamra a hossz-esztergálás vizsgálatára és a vágási zónában keletkező hő időjelző festékek és színesfilmek segítségével történő tanulmányozására szolgál. Kidolgoztuk a nagyfrekvenciájú felvevőkamrás berendezést (a film szélessége 16 mm). A munkáról bemutatott képek bizonyítják, hogy eljárásunk egyszerű és a közönséges üzemi és laboratóriumi vizsgálatok céljára is megfelel. Igen egyszerű és eredeti módon oldottuk meg a filmfelvevő-kamra csúsztató berendezéseit.

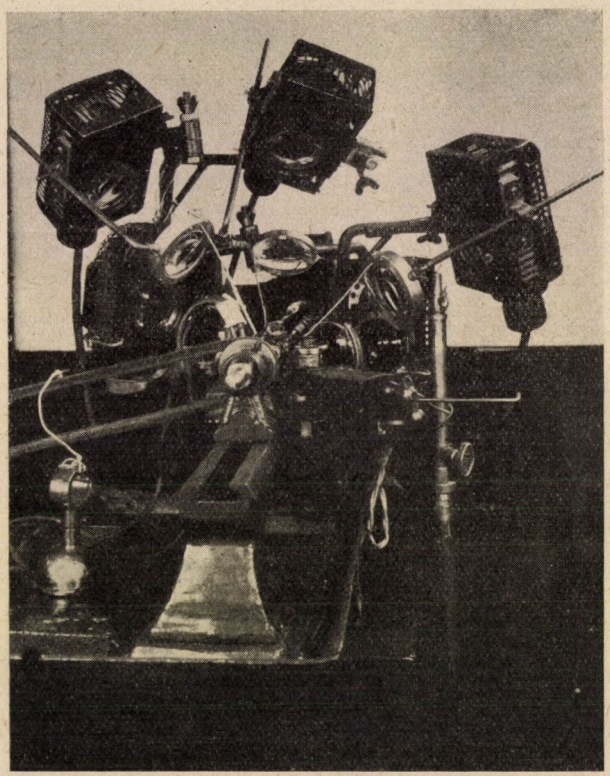
A műszaki kutatásoknál használatos tudományos filmfelvételeknél igen fontos feltétel, hogy biztosítani tudjuk az objektív és a felvétel tárgya közti állandó fókusz távolságot. A szerzőnek a hosszesztergálás vizsgálatánál sikerült a kérdést megoldania, úgyhogy a gépágyra a vezetékek közé két farudat (egy is lehet) helyezett be, ezzel állítható alapzatú berendezést hozott létre.

Az állandó fókusztávolság megtartását úgy lehet biztosítani, hogy a filmfelvevő-kamra csúsztatóberendezését mereven az alsó szánvezetékhez rögzítik. Ekkor a filmfelvevő-kamra esztergáláskor pontosan követi a szerszám hosszirányú elmozdulását.

A gyorsított filmfelvételnél igen érdekes a forgácsolási folyamat gyorsitott filmfelvételéhez használatos filmfelvevő-berendezés. A felvételeknél használt sebesség 5000 képkocka/sec, a vizsgálandó tárgy nagyítása

80—360-szoros. Ilyen filmfelvételi frekvenciával a forgácsolási folyamat az ezzel másodperc tized- és századrészeire bontható fel (0,2—0,25 m/sec), az egyes képkockákon rögzített szerszám elmozdulás pedig 16—30 mikron.

Az ilyen sebességű filmfelvétel lehetővé teszi, hogy mintegy „rögzítsük" az anyag forgácsolási folyamat alatti képlékeny alakváltozásának folyamatát és dinamikáját a legrövidebb időközökben rögzíthessük. Az erre a célra felhasznált világító berendezést a 12. ábrán láthatjuk, amely az eszterga orsónyergébe befogott mikrocsiszolatra van ráállítva.



12. ábra. A megvilágító berendezés

Az egész berendezés elrendezésének központját az eszterga orsónyergébe befogott mikrocsiszolat alkotja. A mikrocsiszolatot úgy fogják be, hogy az pontosan merőleges legyen a filmfelvevő-kamra tengelyére, és a függőleges sík ne változhassék meg, ezzel elkerülhető, hogy az esztergálás alatt a fókusztávolság megváltozzék.

A felvétel helyének megvilágítása öt K—103 lámpával a hordozható filmfelvevőgéptől történik. A forgácsolási folyamat alatti szövetszerkezeti változások kimutatása céljából készített 360-szoros nagyítású mikroszkópi felvéte-

leknél azonban a megvilágítást erősen növelni kell. A lámpák fényerősségének megváltoztatása nélkül a megvilágítás fokozása egymásutáni lépcsőzetes (többfokozatú) fénykoncentrációval érhető el úgy, hogy mindegyik lámpa és a mikrocsiszolat közé körülbelül ötszörös átmérőjű két lencsét helyezünk. Ezeknek az állítható állványokon elhelyezett lencséknek segítségével a fénysugárnyaláb a legnagyobb intenzitással a felvétel helyére irányítható.

Emellett az elegendő erősségű fényforrásokon kívül szükség van ezeknek még erősebb koncentrációjára és a sugarak egyenes iránytól való eltérítésére, hogy az objektívet el lehessen érni a forgácsleválás közvetlen helyétől. Erre több okból is szükség van. Először is az objektív „látóerejének" növelése céljából, másodszor, hogy megóvjuk az optikai berendezést attól, hogy a forgács megrongálja. Ezenkívül a közel elhelyezkedő objektív elsötétíti a mikrocsiszolatot azáltal, hogy elzárja a fénysugarak útját és következésképpen lehetetlenné teszi magának a filmfelvételnek az elkészítését. Végül, és ez igen lényeges, hogy valamennyi hőkisugárzást el kell nyelni, mert ilyen erős fénykoncentráció esetén a mikrocsiszolat erősen felmelegednék. Ez valóban így volt, mert a mikrocsiszolat 5—10 másodperc alatt 400—500°-ra melegedett fel és szövetszerkezeti változások kezdtek benne végbemenni, azaz a felmelegedés következtében az acél kezdett kilágyulni. A hosszabb megvilágítás hasonló mértékben növelte a tárgy hőmérsékletét. Az optikai berendezés magas hőfok közelében való elhelyezése a kanadai balzsam megolvadásához és az objektív széteséséhez vezet. Ez utóbbi elkerülése végett óvakodjunk attól, hogy a próbadarabot egyenes fénysugárral hosszabb ideig világítsuk meg az optikai berendezésen keresztül. (Ilyen megvilágítás esetén csak impulzív fényadagolás engedhető meg, különben az objektív szétesése elkerülhetetlenné válik). Kutatásaink során az impulzus megvilágítást nem alkalmaztuk, mivel mi ezt a megvilágítási módot nem tartjuk kielégítőnek a forgácsolási folyamat részletesebb vizsgálatához.

Az említettekkel kapcsolatban az egész berendezésben szükségessé vált cirkuláló vagy átfolyó vizű üvegkondenzátor alkalmazása (vízvezetékről) (13. ábra).

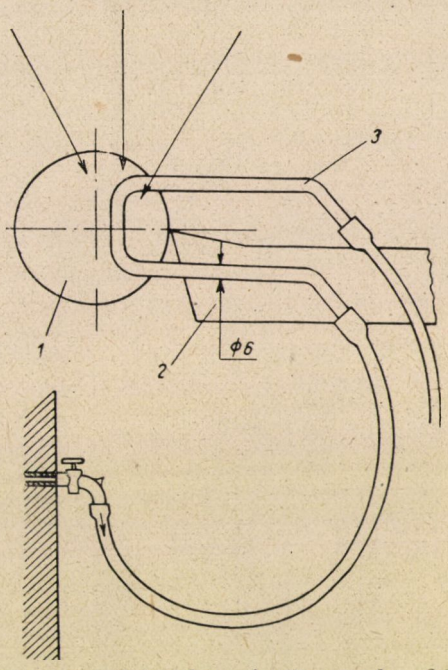
A kondenzátor használatával a következő eredményeket értük el.

A fény négyszeres törést szenved azáltal, hogy keresztül megy egymás után az egyik közegből a másikba, levegő-üveg, üveg-víz, üveg-levegő, ezért a különböző szög alatt kiinduló sugarak a négyszeres törés után a próbadarabra szinte párhuzamos sugárnyalábban esnek. Ennek következtében a mikroszövet megvilágítása intenzív és egyenletes visszatükröződés nélküli. Ezzel egy időben megoldódik a mikrocsiszolat hűtésének problémája is azzal, hogy a kondenzoron keresztül folyó víz elnyeli a fény hőjét. A kondenzor alkalmazásával a próbatest hőmérséklete csak 50—80°-ig emelkedik annak ellenére, hogy a berendezés előkészítése és a felvétel alatti megvilágítás hosszabb ideig tartott. A nagyfrekvenciás felvételt szovjet gyártású CKC-1 filmfelvevő-kamra segítségével végeztük, melyet különleges emelőcsavaros állványra szereltünk fel.

Jelenleg a szerző irányításával az óra gyártási folyamatairól készítenek filmfelvételeket nagyfrekvenciájú berendezés segítségével.

A tudományos-műszaki célra használt gyorsított filmfelvevőgépet objektív-lencse csővel kell ellátni.

Mikro-filmfelvételeknél a fókusztávolság beállításával sok idő telik el. A durva fókusztávolság állítás általában kézzel történik. A pontos beállítást



13. ábra. A kondenzátor cső elvi vázlata. *1* mikrocsiszolat, *2* kés, *3* kondenzátor

viszont már nagyobb gonddal, finoman kell elvégezni. E célból az objektív lencsecsövet mikrométer csavarral láttuk el.

A mikrométer csavar mozgatása hajlékony tengely segítségével, mely összecsavarodva lökésszerű mozgást gyakorol az objektívre, vagy csuklóval és karral ellátott vonórúddal történik.

Ezzel a megoldással az objektív adott fókusztávolságra való állítása gyorsan és pontosan végezhető el. Azért, hogy az objektívlencse cső és a filmfelvevőkamra, valamint a próbadarab egytengelyűsége biztosítva legyen, a csövet alulról állítható támasszal biztosítjuk.

E támasz a filmfelvevőgép aljához van szerelve (lásd a 13. ábrát).

A filmkockák üzemi és laboratóriumi feltételek közti tanulmányozásához a következő berendezés használatát javasoljuk.

Ha a filmszalagot nagy és kis vetítővásznakra vetítjük, akkor az Ukraina vagy a 6-PN típusú vetítőgépet használjuk.

Ha erősen lassított, vagy egészen leállított filmszalaggal történik a vizsgálat, akkor az FGK típusú filmoszkópot használjuk.

Laboratóriumi és üzemi feltételek között a filmkockákról képeket készíteni homorú tükrök előtt célszerű.

A gyorsított filmfelvételeknek köszönhető, hogy meg tudták állapítani az óra alkatrészein keletkező sorja okait és azok kiküszöbölésének eljárásait.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző a forgácsoláskor mutatkozó jelenségek gyorsított filmfelvétellel történő vizsgálatát a Moszkvai Szerszámgép Intézetben végezte.

A vizsgálatokat a következő anyagokkal végezték: CT 10—15; CT 45; CT 50; CT 60 jelű közönséges acélok, hőálló acél, lágyvas, szürke és modifikált öntöttvas, nagyszilárdságú öntött vas és egyéb anyagok. A vizsgálatok a következő forgácsolási viszonyok mellett történtek: $v = 6—300$ m/perc; $f = 0{,}5—3$ mm, $e = 0{,}26—3$ mm/ford. A filmfelvétel sebessége 4000—5000 képkocka volt percenként, épp ezért a megvilágítási idő 0,2—0,25 ezredmásodpercre csökkent. A szerszám minden 16—30 mikronnyi elmozdulásáról felvétel készült.

A vizsgálatok során egész sor új jelenséget sikerült kimutatni, úgymint kom képződés, konzol képződés (forgácselem képződés), képlékeny alakváltozás hullámos eloszlása, élrátét képződés a szerszámon, a megmunkálandó anyag forgácsolási folyamat alatti szövetszerkezeti változása.

A VÍZGÉPEK TANSZÉKÉNEK KAVITÁCIÓS CSATORNÁJA

FÁY CSABA
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, VÍZGÉPEK TANSZÉKE

[Beérkezett 1957. október 25-én]

1. A berendezés ismertetése

A kavitációs csatorna zárt rendszerű (1. ábra).* A vizet A szárnylapátos szivattyú keringeti. A nyomócsonktól a víz B tartályon keresztül jut a C egyenirányító és sziták után konfuzoron át a D mérőtérbe. A mérőtértől diffuzoron jut vissza a víz a keringető szivattyúhoz.

A szivattyú méretezéséhez ismerni kell a csőrendszer áramlási veszteségét. Ennek értékét kisminta méréssel határoztuk meg.

A mérőtér méretei : szögletes, 200×198 mm-es négyzet alakú cső, 500 mm hosszú. Két oldalán és fedelén átlátszó (műanyag) ablakok vannak ; alsó részén a szárnyszelvényre ható erő mérésére szerkesztett mérleg csatlakozik. A mérőtérben $w_\infty = 18$ m/s vízsebességet tudunk állandósítani. A vizsgált szárnyszelvény húrhossza : $L = 70$ mm. A szelvény maximális Reynolds-száma : $Re = w_\infty L/\nu = 1{,}26 \cdot 10^6$ (ha $\nu = 10^{-6}$ m²/mp, 20 C°-os vízzel).

A szárnyszelvény vizsgálatakor mérni kell a w_∞ megfúvási sebességet, a szárnyszelvényen a p_∞ statikus nyomást, a szelvényre ható felhajtóerőt, az ellenállást, a nyomatékot, a szelvény állásszögét és a telített vízgőz nyomásának ismeretéhez a víz hőfokát. Kavitáció esetén mérni kell a kavitációs buborék kezdő- és végpontjának helyzetét.

A w_∞ megfúvási sebesség mérésére hitelesítettük a mérőtér előtti konfuzort.

A szárnyszelvény középsíkjában tetszőleges A pontban (2. ábra) a p_∞ abszolút nyomás :

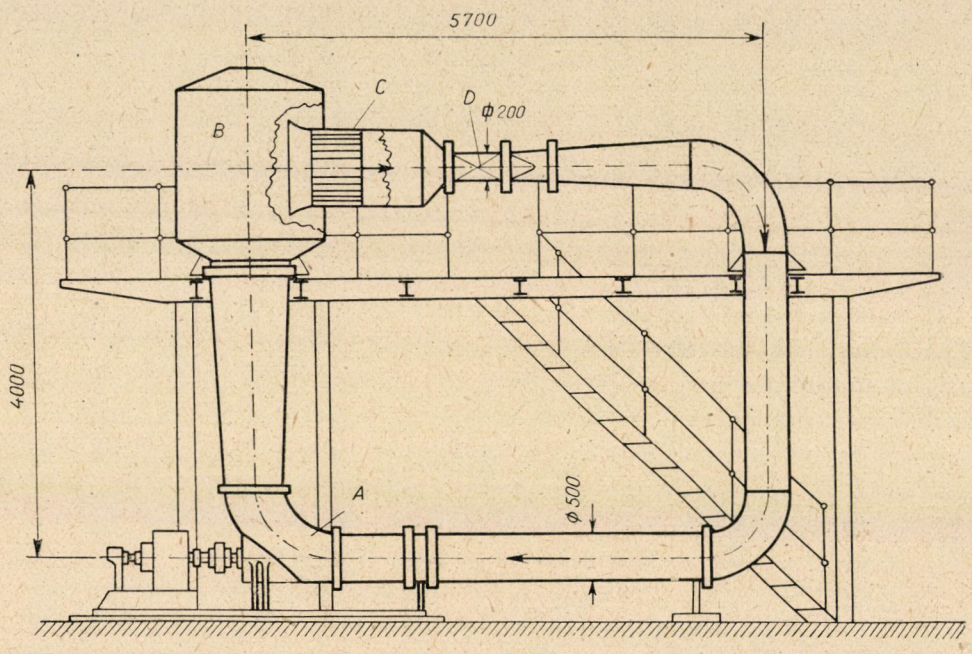
$$p_\infty = \left[B \frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_v} - \Delta h_s \frac{\gamma_{Hg} - \gamma_v}{\gamma_v} - \Delta p \, (s/S) \right] \quad \text{kg/m}^2 ,$$

ahol B (mm Hg o.) a barometrikus nyomás, Δh_s a szelvény orra előtt 120 mm-re

* Az itt ismertetett berendezés néhai Dr. PATTANTYUS Á. GÉZA egyetemi tanár irányításával készült.

a helyi túlnyomás (mm Hg o.), Δp (mm v. o.) pedig az adott w_∞-hez tartozó nyomásesés előre kimért értéke az S távolságban levő két pont között (3. ábra).

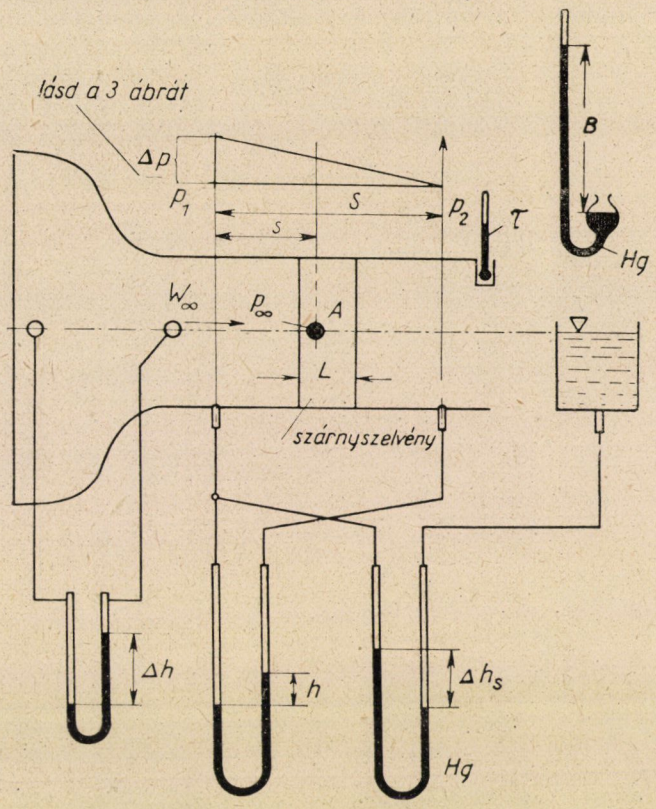
A vizsgált szárnyszelvényre ható erők ún. háromkomponens-mérleggel mérhetők (4. ábra). A mérlegtányérba erősített szárnyszelvény állásszögét a mérleg alsó részén elhelyezett csigaművel lehet beállítani. A csigamű egyik csigájának ellenfeszítésével a beállított és egy tárcsán 1/100 fok pontossággal leolvasható állásszög rögzíthető. Az erőátviteli rendszer a belső tengely és az



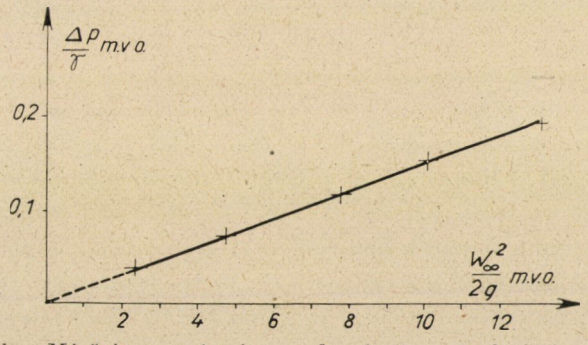
1. ábra. A kavitációs csatorna vázlata

azt csapágyazó béléscső segítségével adja át a terhelést a higanyzár külső oldalán levő köpenycsőnek. A köpenycsövet 6 ponton csúcs támasztja alá. A legalsó ponton levő csúcs a mérleg súlyát hordja. A felső részen levő csúcsok a vízszintes irányú támasztást adják. Az alsó csúcs egy bizonyos határok között eltolható (nyomócsavarokkal pontosan beállítható) csavaremelőn nyugszik, ami lehetővé teszi, hogy a mérleg tányérja a mérőtér alsó részével egy síkba legyen állítható.

A felső pálcacsúcsok mérődobozokra támaszkodnak. A mérődobozok közül kettő (*a* és *b* jelű) állandó előfeszítő erőt ad, hogy a pálcák ki ne essenek. Az 1, 2 és 3 mérődobozok nyomását kapilláris higanyos manométerek mutatják, amelyekből a szárnyszelvényre ható erők számíthatók. A mérődobozok és kapilláris manométerek méretei úgy vannak választva, hogy a mérleg játéka üres állapottól teljes terhelésig csak 0,1 mm. A mérleget hitelesítettük s az erő a



2. ábra. Sebesség és nyomásmérés a mérőtérben

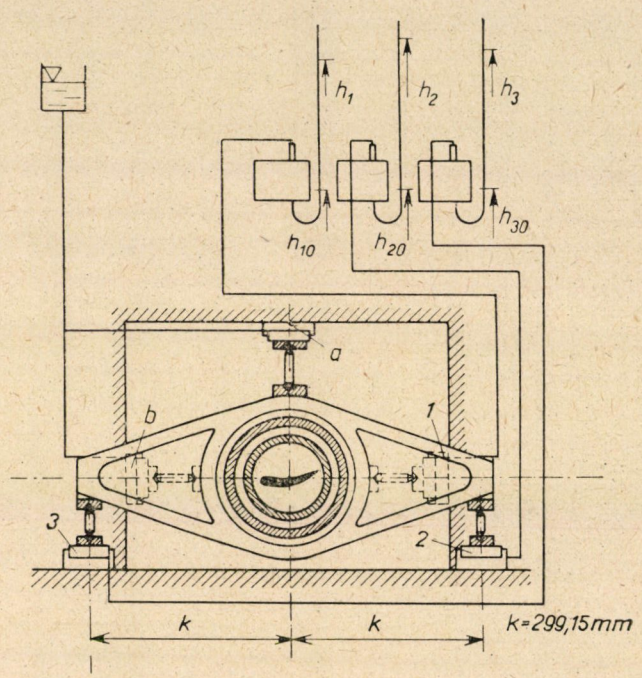


3. ábra. Mérőtér nyomásesése a sebességmagasság függvényében

manométerkitérésből (a 4. ábra jelöléseivel, h értékei mm Hg o.-ban) a

$$P_1 = 0{,}133\,(h_1 - h_{10})$$
$$P_2 = 0{,}147\,(h_2 - h_{20}) \quad \text{(kg)}$$
$$P_3 = 0{,}147\,(h_3 - h_{30})$$

empirikus összefüggésekkel számítható.

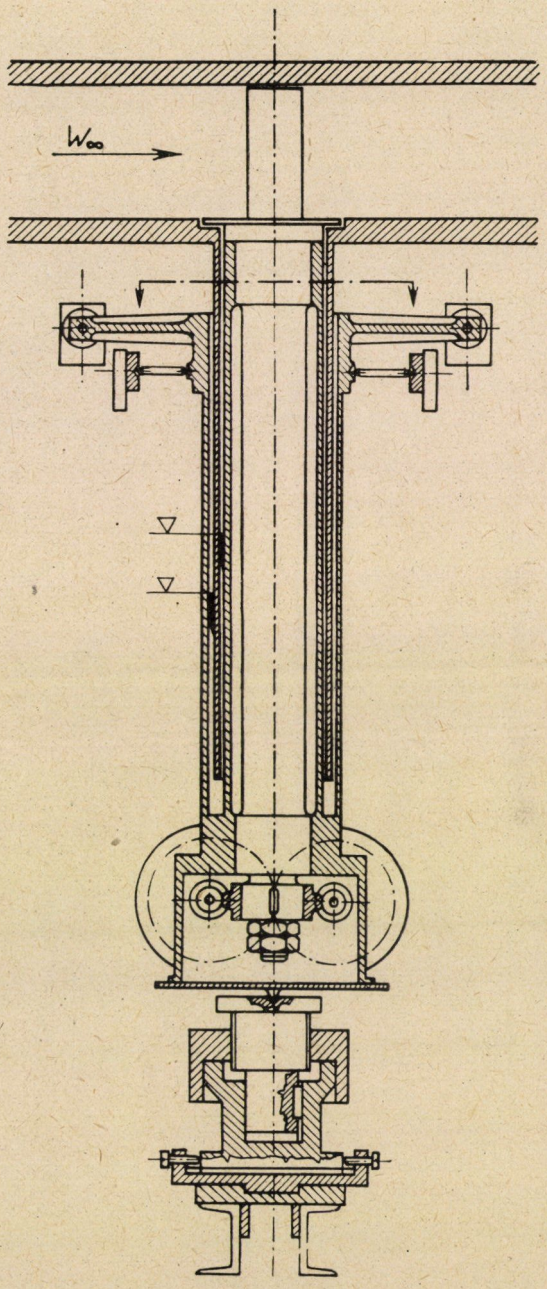


4. ábra. Háromkomponens-mérleg vázlata

A vízhőfok a mérőtér mellett beszerelt 0,1 C° osztású hőmérőn olvasható le.

A műszerek — a hőmérő és barométer kivételével — közös táblán vannak és így gyors, egyidejű leolvasásuk fényképezéssel lehetséges.

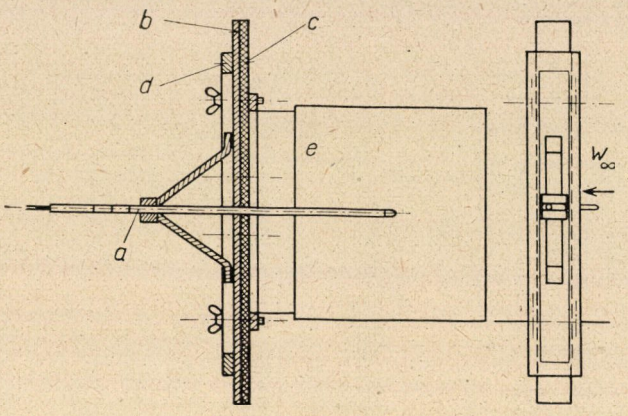
A berendezés hitelesítésének első lépése a mérőtér belépő sebességeloszlásának ellenőrzése volt. Ehhez nagyszilárdságú torlócső és hozzá csúszkás tömítésű befogó és állítóberendezés készült (5. ábra). A mérések során az egyenirányító elé helyezett különböző sziták biztosították, hogy a sebesség eltérése — a kb. 6 mm széles határréteget leszámítva — a keresztmetszeten belül $\pm 0{,}5\%$-on belül maradjon. Egy bizonyos w_∞ értéknél felvett ilyen sebességeltérés-térképet a 6. ábrán mutatunk be.



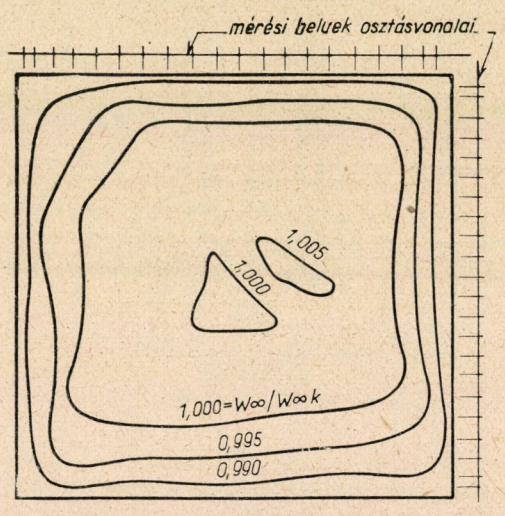
4. ábra

2. Szárnyszelvény mérési körülmények, csatornakorrekció

A keringető rendszer tartályának legfelső részében nincs légpárna, mert a tartály kis méretei miatt a légpárna bekeveredett a vízbe és megzavarta a



5. ábra. Mérőtér sebességeloszlás-mérés. *a)* torlócső; *b)* csúszka; *c)* tömítés; *d)* szorítókeret; *e)* mérőtér



6. ábra. Izotach görbék a mérőtérben

mérőtér áramlását. A nyomás a csatornában nem levegőnyomással, hanem víznyomással szabályozható. A tartályba állandó nyomású friss víz kerül, s a legfelső ponthoz csatlakozó szivornyán állandóan víz folyik el. A szivornyába szerelt fojtóelemmel a mérőtérben a statikus nyomás a telített vízgőz nyomása és 1,5 kg/cm^2 túlnyomás közt tetszőlegesen beállítható. A legnagyobb nyomás

értékét az korlátozza, hogy a mérleg higanyzár tömítésű, s nagyobb nyomás esetén a higany kifut a zárból.

Az állandó friss víz pótlás előnye, hogy a rendszer tömítetlenségén (szivattyú tömszelencén) elfolyó víz nem zavarja a statikus nyomás bekövetkeztét, továbbá tartós üzem esetén a csatorna vize az áramlási veszteségek miatt nem melegszik fel.

Az áramló víz légtartalma állandó friss víz pótlásakor ugyancsak állandó értékű, s gyakorlatilag egyezik a vízgépekben áramló folyadék légtartalmával. Így a szárnyszelvényen tapasztalt légkiválás és kavitáció hasonló a vízgépekben mutatkozó jelenséghez.

A mérés során kapott értékek nem használhatók közvetlenül, mert a csatorna véges méretei miatt az áramlás eltorzul. Számításunk során az alábbi korrekciókat végezzük [1], [2]:

Az α állásszög a falhatás miatt (végtelen indukált örvénysorral kiszámítva) $\Delta\alpha$-val *megnövekszik*:

$$\Delta\alpha^0 = 57{,}3\,\frac{\pi}{96}\left(\frac{L}{H}\right)^2 C_f = 0{,}234\,C_f\,.$$

A felhajtóerő tényezőt a szárnyszűkítés miatt megnövekedett megfúvási sebesség miatt csökkenteni, a csatorna alsó és felső határrétegébe nyúló szakaszán levő kisebb sebesség miatt növelni kell (ΔC_f levonandó C_{fm}-ből, ahol m index a mért értékre vonatkozik):

$$\Delta C_f = (2\,\varepsilon - \varkappa)\,C_{fm} = (2 \cdot 0{,}01024 - 0{,}00306)\,C_{fm} = 0{,}01742\,C_{fm}\,,$$

ahol $\varepsilon = \varepsilon_t + \varepsilon_{ny}$ a szárnyszűkítés tényezője és

$$\varkappa = \left[(b\,w_{\infty k}^2 / \int_0^b w_\infty^2\,db) - 1\right],$$

ahol $w_{\infty k}$ a névleges megfúvási sebesség.

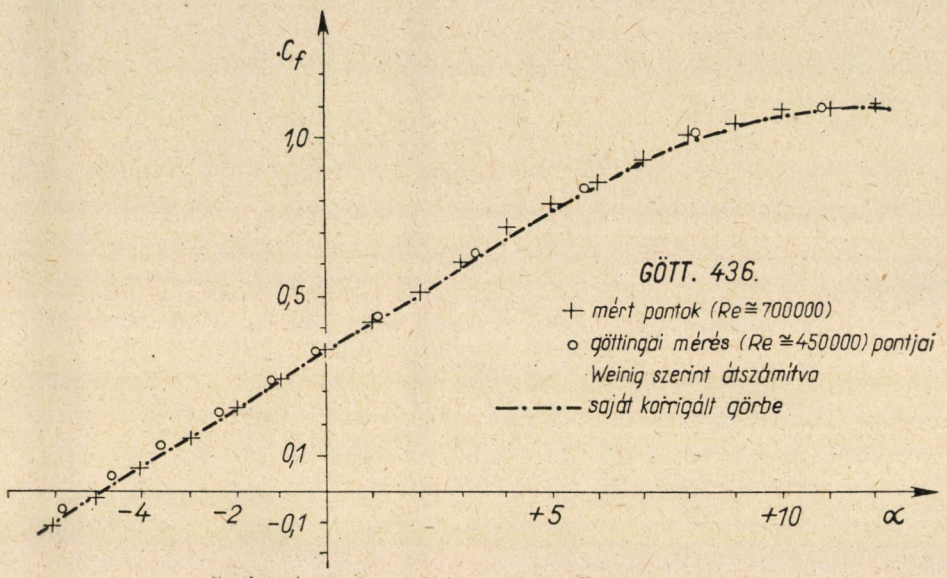
A mért ellenállástényezőből le kell vonni először a mérlegtányér (hitelesítéskor meghatározott) vízsúrlódásából adódó erőt, majd (a mérőtérbeli nyomásesés miatt adódó) csatorna tengelyirányú erőt. Az így csökkentett tényezőt még apasztani kell, mert a szárnyszűkítés és az ellenállást meghatározó nyomszűkítés miatt a tényleges megfúvási sebesség nagyobb, mint amit a szárny előtt mérünk.

Az ellenállás tehát apad a

$$\Delta C_e = (3\,\varepsilon_t + 2\,\varepsilon_{ny})\,C_e = 0{,}0257\,C_e$$

értékkel. Itt ε_t a test, ε_{ny} a nyom szűkítése. Az értékekből látszik, hogy a csatornakorrekció minimális.

Példaképpen a 7. ábrán bemutatjuk a Gött. 436. jelű szárnyszelvény mért pontjait és korrigált felhajtóerő görbéit kavitáció mentes esetben, összevetve a göttingai 1 : 5 oldalviszonyú szárny adataiból WEINIG szerint végtelen oldalviszonyra átszámított görbével.



7. ábra. A göttingai 436 sz. szárny ellenőrző mérése

Mérésünk eredménye : $\alpha > 0°$ állásszögekkel jól egyezik a nálunk (végtelen oldalviszonnyal) mért görbe a göttingai átszámított görbével. $\alpha < 0°$ esetén azonos C_f értékekre minimális ($\Delta\alpha_{max} = 0{,}2°$) szögkülönbség adódik.

Ez az eredmény igazolja a kavitációs csatorna megbízhatóságát szelvénymérés céljára.

Az egyes vizsgált szárnyszelvények mérési és kavitációs adatairól későbbi közleményben számolunk be.

IRODALOM

1. POPE : Wind Tunnel Testing. John Wiley & Co., New York, 1954, 6. fej.
2. GRUBER—BLAHÓ : Folyadékok mechanikája. Budapest, 1952, 328/333. l.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek Tanszékén az elmúlt években szárnyszelvények kavitációs körülmények közötti viselkedésének vizsgálatára alkalmas berendezés készült. E munka a berendezés főbb részleteit és hitelesítését ismerteti.

A HIDROCIKLON TANGENCIÁLIS KÖZEGÁRAMLÁSÁT KIFEJEZŐ $v_t r^n = C$ KÉPLET n KITEVŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

TARJÁN GUSZTÁV
LEV. TAG

[Beérkezett 1957. december 3-án]

Alkalmazott jelölések

d — mikron, szilárd szem nagysága
d_l — mikron, az osztályozás határszemnagysága
$d_{50\%}$, $d_{80\%}$ — mikron, az 50, ill. 80% Tromp-értékhez tartozó szemnagyság
e — cm, belépő nyílás átmérője
g — 9,81 m/sec², nehézségi gyorsulás
h_1 — cm, a ciklon hengeres részének hossza
r — cm, a ciklonban keringő szemek egyensúlyi helyének a tengelytől való távolsága
r_1 — cm, a ciklon sugara
r_a — cm, a ciklon alsó nyílásának sugara
r_0 — cm, a ciklon felső nyílásának sugara
p — kg/cm², belépési nyomás
P — lbs/sq. in. belépési nyomás
Q — m³/ó, a bevezetett zagymennyiség
q — l/min, a bevezetett zagymennyiség
v_t, v_{t_1} — m/sec, a közegáramlás tangenciális komponense r, ill. r_1 helyen
v_r — m/sec, a közegáramlás radiális irányú komponense a ciklon hengeres részében, r helyen
α — fok, a ciklon kúpszöge
δ — g/cm³, a szilárd szemek fajsúlya
γ' — g/cm³, a zagy fajsúlya r helyen ($\gamma' = \sigma\delta + 1 - \sigma$)
γ'_1 — g/cm³, a belépő zagy fajsúlya
η — g sec/cm², a zagy viszkozitása a ciklonban, r helyen
η' — centipoise, a zagy viszkozitása a ciklonban, r helyen
σ — a zagy szilárd szemeinek térfogathányada r helyen
σ_1 — a belépő zagy szilárd szemeinek térfogathányada
σ_a — alsó kifolyás szilárd szemeinek térfogathányada
ΔH — m zagyoszlop, nyomásesés a ciklonban ($\Delta H = 10\, p/\gamma'_1$).

A hidrociklonban áramló közeg tangenciális sebességére $v_t r^n = v_{t1} r_1^n$ összefüggés érvényes. A ciklonba belépő közeg sebessége $v_{t1}^* \cong \frac{4\,Q^*}{e^2 \pi}$. A radiális sebességre

$$v_r^* \cong \frac{e^2 v_{t1}^*}{8\, r \left| h_1 + (r_1 - r) \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2} \right|}$$

* Itt v_{t1}^* cm/sec, Q^* cm³/sec., v_{t1}^* cm/sec és d^* cm.

összefüggés érvényességét tételezve fel, a

$$d^* = \left| \frac{18\,\eta\, g}{\delta - \gamma'} \frac{\sqrt{r v_r^*}}{v_t^*} \right|$$

képletbe való behelyettesítéssel a ciklon hengeres részében egyensúlyban keringő szem nagyságára

$$d = \frac{80\, e^2}{\sqrt{(\delta - \gamma')\, Q}} \left(\frac{r}{r_1} \right)^n \left| \frac{\eta'}{h_1 + (r_1 - r) \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2}} \right|$$

képlet vezethető le.

A ciklon kúpos részében az axiális sebesség a fal mentén az apex felé, a tengely mentén a felső kifolyó nyílás felé irányul. Zéró axiális sebességet tételezhetünk fel a tengely és ciklonfal távolságát a tengelytől mérve kb. $\frac{r_0}{r_0 + r_a}$ arányban kettéosztó helyen. A ciklon hengeres részében $r = \frac{r_1 r_0}{r_0 + r_a}$ sugáron egyensúlyban keringő szemek adják a ciklonban bekövetkező osztályozás határszemnagyságát; ezek a felső túlfolyással távozó maximális szemek:

$$d_l = \frac{80\, e^2}{\sqrt{(\delta - \gamma')\, Q}} \left(\frac{r_0}{r_0 + r_a} \right)^n \left| \frac{\eta'}{h_1 + r_1 \left(1 - \frac{r_0}{r_0 + r_a} \right) \operatorname{cotg} \frac{\alpha}{2}} \right| .$$

A hidrociklonban bekövetkező nyomásesésre $\Delta H = \frac{v_{t1}^2}{2\, g\, n} \left| \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^{2n} - 1 \right|$ képlet vezethető le. [1], [2]

Az n kitevő számértékére különböző szerzők más és más értékeket közölnek. KELSALL [3] 0,75—0,77—0,84, DRIESSEN [5] 0,64, TRAWINSKI [6] 0,5—0,7 között változó n értéket ad meg.

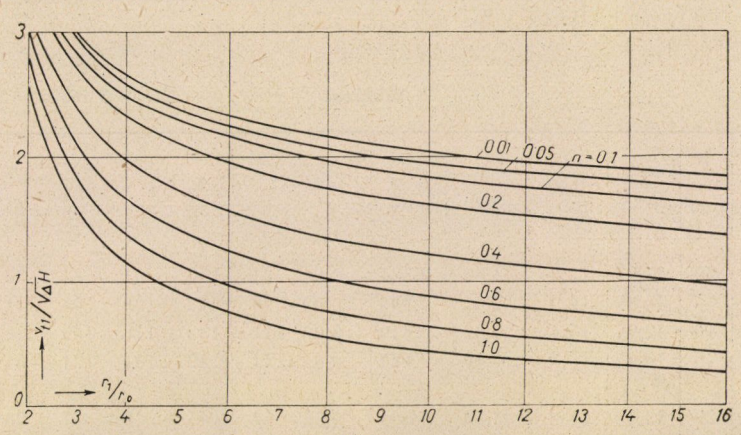
n értékének egyszerű és gyors meghatározására a nyomásesés képlete látszik alkalmasnak; az ebben előforduló ΔH, v_1 és $\frac{r_1}{r_0}$ (illetve $r_0 < r_a$ esetén $\frac{r_1}{r_a}$) értékek ugyanis könnyen meghatározhatók, és ezekkel az

$$\left(\frac{r_1}{r_0} \right)^{2n} = \frac{2\, g\, \Delta H}{v_{t1}^2} n + 1$$

összefüggés segítségével n érték kiszámítható.

Az exponenciális függvénnyel való aránylag nehézkes számolás megkönnyítésére, illetőleg pótlására alkalmas az 1. ábrán látható görbesereg. Különböző n értékek változása van itt $\frac{r_1}{r_a}$ és $\frac{v_{t1}}{\sqrt{\Delta H}}$ értékek függvényében ábrázolva.

A hidrociklon irodalmában számos közleményt találunk, amelyek az összetartozó ΔH, v_{t1} és r_1/r_0 értékeket közlik, vagy a megadott adatokból ezek kiszámíthatók.



1. ábra

Így pl. KELSALL [3] közleményéből adódik az 1. táblázat.

1. táblázat

$2r_1 = 3$ in., $e = 5/8$ in., $\alpha = 20°$, $r_1/r_0 = 6$

Nr.	$2r_a$ / $2r_0$ in.	P lb./sq. in.	q l/min	v_{t1} m/sec	ΔH m	$\frac{v_{t1}}{\sqrt{\Delta H}}$	n
1.	1/8	40	49,40	4,15	5,3	0,783	0,97
	1/2	30	43,55	3,66	4,6	0,796	0,96
		20	36,27	3,05	3,75	0,806	0,94
		10	26,35	2,21	2,65	0,833	0,92
2.	1/2	40	52,15	4,39	5,3	0,829	0,92
	1/8	30	45,60	3,84	4,6	0,385	0,91
		20	37,77	3,17	3,75	0,845	0,90
		10	27,64	2,32	2,65	0,874	0,88
3.	1/2	40	59,82	5,02	5,3	0,947	0,81
	1/2	30	52,31	4,31	4,6	0,956	0,81
		20	43,27	3,63	3,75	0,968	0,80
		10	31,53	2,65	2,65	0,999	0,78

Az egyes kísérletsorozatoknál a nyomás csökkenésével (40—10 lb/sq. in. = = 2,81—0,70 kg/cm²) az n érték csak kissé csökken. A közepes n értékek a három

kísérletsorozatnál sorban 0,95, 0,90, 0,80-ra adódnak. Evvel szemben KELSALL kísérletileg 0,84, 0,75, 0,77 értékeket talált az egyes kísérletsorozatok átlagos n értékeként. Igen jó az egyezés a számított és kísérleti n értékek között a 3. kísérletsorozatnál (0,80—0,77), ahol az alsó kifolyás a feladott folyadékmennyiség 55—56%-a volt. Kevésbé jó az egyezés az 1. és 2. kísérletsorozatnál (0,95—0,84 és 0,90—0,75), ahol a feladott teljes folyadékmennyiség a felső, illetve az alsó nyíláson át távozott, tehát az r_0/r_a viszony a gyakorlatban alkalmazott értékektől szélsőségesen eltérő volt.

2. táblázat $2r_1 = 3$ in. $\alpha = 20^0$

Nr. r_1/r_0 r_0/r_0+r_a	e $2r_0$ $2r_a$ in.	P lb sq.in.	q l/min	Q_a/Q	v_{t_1} m/sec	$\frac{v_{t_1}}{\sqrt{\Delta H}}$	n	$d_1\,\mu$				$d_{50}\%$ μ	$d_{80}\%$ μ	$d_{90}\%$ μ
								n	0,5	0,8	1,0			
1.	5/8	39	23,77	13,6	1,99	0,381	0,99	84	102	91	84	33	49	58
12	1/4	18	16,89	14,7	1,41	0,396	0,98	96	117	103	96	41	62	75
0,667	1/8	10	12,97	15,4	1,09	0,410	0,95	111	133	118	109	48	74	89
		6	10,47	16,6	0,88	0,427	0,93	124	148	131	121	61	89	100
2.	3/8	20	13,83	11,3	3,23	0,861	0,56	44	45	40	37	28	31	34
12	1/4	12	11,10	12,5	2,59	0,892	0,54	50	51	45	42	31	36	40
0,667	1/8	8	9,34	13,8	2,18	0,921	0,52	55	56	49	45	33	41	46
		6	8,23	14,6	1,92	0,935	0,51	59	59	52	48	37	45	50
		4	6,95	15,7	1,63	0,968	0,50	64	64	57	52	40	50	56
		2	5,19	18,3	1,21	1,021	0,46	76	74	66	61	47	69	81
3.	1/4	40	12,31	26,8	6,40	1,208	0,29	22	20	17	15	13	21	27
16	3/16	20	9,34	28,2	4,85	1,296	0,24	26	22	19	17	17	24	32
0,600	1/8	12	7,54	29,3	3,92	1,350	0,22	28	25	22	19	20	27	37
		8	6,39	30,2	3,33	1,402	0,19	32	27	23	21	23	33	47
4.	1/4	40	15,82	9,7	8,24	1,551	0,19	22	19	17	16	16	20	22
12	1/4	20	11,80	11,2	6,14	1,636	0,19	26	22	20	18	21	26	30
0,667	1/8	12	9,57	12,3	4,98	1,712	0,12	29	25	22	21	24	31	35
		8	8,03	13,5	4,18	1,760	0,10	32	27	24	22	28	34	39
		6	7,02	14,5	3,66	1,777	0,09	34	29	26	24	31	37	44
5.	1/4	40	18,24	3,1	9,50	1,790	0,13	22	20	18	17	20	24	27
9,6	5/16	20	13,81	3,9	7,19	1,913	0,07	26	22	21	19	24	29	32
0,715	1/8	12	11,01	4,8	5,72	1,969	0,05	29	25	23	21	29	33	36
		8	9,21	5,6	4,80	2,021	0,02	32	28	25	23	33	36	40
6.	1/4	40	20,42	1,0	10,62	2,000	0,06	22	20	18	17	20	23	26
8	3/8	20	15,32	1,8	7,97	2,124	0,02	26	23	21	20	27	29	31
0,750	1/8	12	11,87	2,2	6,18	2,125	0,02	30	26	24	22	30	33	36
		8	9,86	2,7	5,13	2,160	0,01	33	28	26	25	33	38	42

A kísérleti értékekkel egyező n értékeket kapunk, ha — a többi adat változatlanul hagyásával — az r_1/r_0 (illetve r_1/r_a) = 6,0 érték helyett az egyes kísérletsorozatoknál sorban 6,9, 7,7, 6,3 értékekkel számolunk.

KELSALL egy másik közleményében [4] — ugyancsak $2r_1 = 3$ in átmérőjű és $\alpha = 20°$ kúpszögű ciklonnál — a 2. táblázatban feltüntetett értékeket találjuk.

A $d_{50\%}$, $d_{80\%}$ és $d_{90\%}$ szemnagyságok KELSALL dolgozatának 1—6. ábráiról az 50, 80 és 90%-os „Tromp-értékeknél" olvashatók le. (E szemnagyságú szemcsék 50, 80, illetve 90%-a került az alsó termékbe.) A d_l határszemnagyságokat egyrészt a KELSALL adataiból kiszámított — a táblázatban látható — n értékekkel, másrészt az $n = 0{,}5$, 0,8 és 1,0 értékekkel számítottam, $\delta = 1{,}18$ (Perspex), $\gamma' = 1$, $\eta' = 1$ és $h_1 = r_1 = 3{,}8$ cm (= 3/2 in.) értékekkel. (h_1 érték nagysága nincsen megadva a cikkben, de annak 29a ábrája kb. $h_1 \cong r_1$ értéket mutat). Látható a táblázatból, hogy az egyes kísérletsorozatok n értéke a nyomás csökkenésével itt is kissé csökken. A hat kísérletsorozat közepes n értéke sorban: 0,96, 0,52, 0,24, 0,13, 0,07, 0,03. Mint látható, n érték e növelésével nő, r_0 $\left(\text{vagy } r_0/r_a, \text{ vagy } \frac{r_0}{r_0 + r_a}\right)$ növelésével csökken. E kísérletsorozatoknál r_a és α változatlan volt ($r_a = 1/8$ in, $\alpha = 20°$); n közelítő értéke e kísérletsorozat adatai alapján $e/2r_0 < 1{,}5$ esetén $n = 0{,}5\left(1 - \sqrt{1{,}5 - \frac{e}{2r_0}}\right)$, $e/2r_0 > 1{,}5$ esetén $n = 0{,}5\left(1 + \sqrt{\frac{e}{2r_0} - 1{,}5}\right)$ képletekkel számítható. A változó „valóságos" n értékekkel, illetőleg az $n = 0{,}5$, 0,8, 1,0 értékekkel kiszámított d_l határszemnagyságok között a kísérletileg meghatározott $d_{50\%}$ szemnagyságokkal a vastagon kiszedett értékek, a $d_{80\%}$ szemnagyságokkal az aláhúzott értékek 20% hibahatáron belül egyeznek. Eszerint a $d_{l,n}$ rovat összes számadatának 30%-a, a 0,5, 0,8, 1,0 n-értékekkel kiszámított d_l rovatok összes számadatának sorban 52, 37 és 33%-a egyezik 20% hibahatáron belül a $d_{50\%}$ kísérleti értékekkel; s a $d_{l,n}$ értékek 67%-a, a 0,5, 0,8, 1,0 kitevőkkel számított d_l értékek 37, 26 és 22%-a egyezik sorban a $d_{80\%}$ kísérleti adatokkal.

DAHLSTROM [7] közleményének számadatait tartalmazza a 3. táblázat. A 3. táblázat hidrociklonjának (e, h_1, α konstans, r_0 változó) közepes n kitevője 0,52. DAHLSTROM nem közli az r_a értékeket. STAS [8] kísérleti adatok alapján az alsó és felső kifolyó nyílások aránya és a rajtuk keresztül távozó zagymennyiségek viszonya között a

$$\frac{Q_a}{Q_0} = \left(\frac{r_a}{0{,}921\, r_0}\right)^{3{,}5}$$

összefüggést állapította meg. Az ennek alapján kiszámított valószínű r_a értékeket is tartalmazza a 3. táblázat. A 7. sorszámú kísérlet $d_{50\%}$ adatát DAHLSTROM nem közli. Ennek mellőzésével a számított n értékekkel, vagy az ezekhez közel-

3. táblázat

$r_1 = 15{,}3$ cm, $e = 5{,}08$ cm, $h_1 = 25$ cm, $\alpha = 20°$											$d_l\mu$					d_{50} % μ
Nr.	r_0 cm	r_a cm	Q m³/6	Q_a/Q %	ΔH m	v_{t1} m/sec	$\frac{v_{t1}}{\sqrt{\Delta H}}$	r_1/r_0	n	$\frac{r_0}{r_0 + r_a}$	n	0	0,5	0,8	1,0	
1.	3,33	1,8	48,4	13,2	16,6	6,65	1,637	4,59	0,52	0,65	**45**	56	**45**	**40**	36	47
2.	3,04	1,65	46,1	13,8	16,8	6,85	1,670	5,04	0,44	0,65	**48**	58	**46**	**41**	**37**	46
3.	2,54	1,65	39,4	22,0	17,0	5,41	1,313	6,03	0,56	0,61	**46**	60	**47**	**41**	**37**	41
4.	2,22	1,65	36,1	31,9	16,9	4,97	1,21	6,89	0,55	0,57	**45**	62	**46**	**39**	**35**	40
5.	2,07	1,65	33,3	36,5	16,7	4,58	1,12	7,41	0,57	0,56	46	63	48	40	**36**	32
6.	3,33	1,8	50,5	14,0	16,9	6,95	1,694	4,59	0,49	0,65	**45**	55	**44**	39	36	50
7.	3,33	1,0	54,4	1,5	17,6	7,47	1,78	4,59	0,42	0,77	53	59	52	48	45	?
8.	3,33	2,0	46,4	18,1	17,3	6,37	1,53	4,59	0,59	0,63	**43**	57	**45**	**39**	36	43

álló $n = 0{,}5$ értékkel számolva d_t értékeit, ezek 86%-a 20% hibahatáron belül egyezik a kísérleti $d_{50\%}$ adatokkal; $n = 0$, 0,8 vagy 1,0 kitevővel számítva ki a d_t értékeket, sorban 14, 71, illetve 57%-ra csökken a kísérleti $d_{50\%}$ adatokkal 20% hibahatáron belül egyező értékek mennyisége.

STAS [8] közleményének 3. és 4. ábrájáról lemérhetők különböző r_0 és r_a értékekhez, ill. r_1/r_0 (vagy r_1/r_a) értékekhez tartozó, a 4. táblázatban feltüntetett $Q\,(= Q_0 + Q_a)$ folyadékmennyiségek. Hidrociklonjának többi adata: $r_1 = 7{,}5$ cm, $h_1 = 10$ cm, $e = 2{,}76$ cm, $p = 2{,}5$ kg/cm² ($\Delta H = 25$ m). A 4. táblázatból látható, hogy a kiszámított n értékek — az utolsó sor híján — közel egyforma nagyok; átlag értékük 0,73.

4. táblázat

r_0 cm	r_1/r_0	Q m³/ó	v_{t1} m/sec	$\frac{v_{t1}}{\sqrt{H\Delta}}$	n
2,0	3,75	17	7,9	1,579	0,72
1,5	5	13,2	6,13	1,225	0,74
1,0	7,5	10	4,65	0,930	0,71
0,75	10	7,6	3,54	0,707	0,74
0,52	14,3	5,5	2,55	0,510	0,76
0,4	18,75	3,7	1,72	0,344	0,84

Tudomásom szerint nyomtatásban nem jelentek meg Ing. FR. BAREŠ csehszlovák kutató hidrociklonos kísérleteinek eredményei. BAREŠ finomra őrölt barit ($\delta = 4{,}5$) zaggyal a hidrociklon egy-egy jellemző adatának változtatásával 11 kísérletsorozatot végzett, megmérve az alsó és felső kifolyás zagymennyiségét, zagysűrűségét és a kihordott termékek szemnagyság-összetételét. E kísérleti adatokból kiszámíthatók az n értékek és az osztályozás Trompgörbéi. Az 5. táblázat tünteti fel az egyes kísérletsorozatok változó (x) és vál-

5. táblázat

Nr.	x	r_1 cm	h_1 cm	r_a cm	e cm	r_0 cm	p at	$\alpha°$	γ' g/cm³	z	n
1.	r_a	7,5	7,5	x	2,19	1,3	2	15	1,05	0,076	0,34
2.	e	7,5	7,5	0,75	x	1,3	2	75	1,05	?	?
3.	e	7,5	7,5	0,625	x	1,3	2	15	1,05	?	?
4.	r_0	7,5	7,5	0,75	2,19	x	2	15	1,05	0,076	0,36
5.	r_0	7,5	7,5	0,75	2,19	x	2	75	1,05	0,282	0,75
6.	p	7,5	15,0	0,5	2,19	1,3	x	75	1,05	0,141	0,56
7.	p	5,0	6,0	0,25	1,60	0,9	x	15	1,05	0,069	0,33
8.	p	7,5	5,0	0,8	2,19	1,3	x	75	1,05	0,423	0,78
9.	α	7,5	7,5	0,5	2,19	1,3	2	x	1,05	?	?
10.	α	7,5	7,5	0,5	2,19	1,3	2	x	1,05	?	?
11.	γ_0	7,5	7,5	0,5	2,19	1,3	2	15	x	0,076	0,38

6. táblázat

Nr.	x	q l/min	$\frac{q_a}{q}$ %	σ_a %	r_1/r_0	v_{t1} m/sec	$\frac{v_{t1}}{\sqrt{\Delta H}}$	n	$\frac{r_0}{r_0+r_a}$	$d_l\,\mu$					d_{50}	d_{80}
										n	0	0,5	0,8	1,0		
1.	0,25	173,7	0,9	45,7	5,77	7,72	1,75	0,32	0,840	14,6	15,5	14,2	13,5	13,0	20	23
	0,38	170,1	1,1	45,7		7,66	1,714	0,34	0,776	13,1	14,8	12,5	11,6	11,1	18	23
r_a	0,5	169,6	1,5	36,3		7,54	1,71	0,35	0,722	11,9	13,3	11,3	10,3	9,6	16	21
cm	0,63	169,5	3,2	21,6		7,54	1,71	0,35	0,675	11,0	12,7	10,4	9,3	8,6	14	19
	0,75	169,8	8,1	10,3		7,55	1,71	0,35	0,635	10,3	12,1	9,6	8,4	7,7	11	16
	0,875	167,3	15,4	7,0		7,44	1,686	0,36	0,598	9,8	11,8	9,1	7,8	7,1	8	14
	1,0	168,3	28,1	3,6		7,49	1,699	0,36	0,565	9,3	11,3	8,6	7,2	6,4	7	12
2.	3,10	179,2	4,4	16,4	5,77	3,98	0,902	0,89	0,635	25,1	39,2	30,0	26,2	24,9	21	22
	2,82	153,1	3,7	19,3		4,08	0,924	0,87		22,8	33,8	27,0	23,6	21,5	20	24
e	2,52	130,4	3,4	20,6		4,35	0,986	0,84		20,1	29,4	23,4	20,5	18,7	20	24
cm	2,19	111,5	2,7	27,2		4,95	1,120	0,72		17,2	23,8	19,0	16,6	15,1	19	25
	1,79	101,2	1,6	29,4		6,77	1,534	0,45		13,6	16,7	13,3	11,6	10,6	17	36
3.	3,10	224,5	3,8	25,0	5,77	4,99	1,13	0,72	0,675	16,6	22,0	18,1	16,1	14,9	19	24
	2,82	205,1	2,9	28,7		5,47	1,24	0,63		15,0	19,2	15,8	14,0	13,0	18	24
e	2,52	180,8	2,5	31,7		6,02	1,364	0,56		13.4	16,4	13,5	12,0	11,1	18	24
cm	2,19	162,9	2,2	34,1		7,24	1,64	0,38		11,1	12,9	10,6	9,4	8,7	18	24
	1,79	138,9	1,9	33,0		9,25	2,096	0,15		8,8	9,2	7,7	6,8	6,3	18	23
4.	0,9	122,5	39,8	4,3	8,34	5,44	1,232	0,46	0,545	10,0	13,1	9,7	8,1	7,2	5	17
	1,3	164,3	7,4	16,0	5,77	7,30	1,655	0,37	0,635	10,4	12,3	9,8	8,6	7,8	15	20
r_0	1,7	202,4	1,9	32,0	4,41	9,00	2,04	0,30	0,694	10,6	11,8	9,9	8,8	8,2	18	24
cm	2,1	206,2	1,8	30,0	3,57	9,16	2,074	0,41	0,737	10,9	12,3	10,6	9,6	9,1	21	28
5.	0,9	79,7	36,8	3,6	8,34	3,54	0,803	0,74	0,545	17,3	27,0	20,0	16,7	14,8	15	22
	1,3	108,1	3,7	29,4	5,77	4,80	1,088	0,73	0,635	17,4	24,2	19,3	16,8	15,4	19	25
r_0	1,7	136,3	1,6	41,0	4,41	6,05	1,37	0,72	0,694	17,0	22,1	18,4	16,6	15,4	20	27
cm	2,1	143,0	0	—	3,57	6,35	1,44	0,88	0,737	16,5	21,6	18,5	16,9	15,9	21	28
6.	1	95,2	4,3	23,0	5,77	4,23	1,353	0,56	0,722	17,0	20,5	17,4	15,8	14,8	16	23
	2	134,6	3,7	22,6		5,98	1,353	0,56		14,3	17,2	14,5	13,3	12,4	16	23
p	3	164,7	3,4	23,9		7,31	1,370	0,55		13,0	15,6	13,2	12,0	11,2	15	22
at	4	191,9	3,2	23,9		8,53	1,383	0,54		12,1	14,4	12,2	11,1	10,4	15	22
	5	208,8	3,2	25,5		9,29	1,347	0,56		11,5	13,8	11,7	10,7	10,0	14	21
7.	1	67,8	2,8	33,6	5,55	5,65	1,83	0,30	0,783	13,4	14,4	12,8	11,9	11,3	16	22
	2	95,8	2,2	39,0		7,99	1,809	0,31		11,2	12,1	10,7	10,0	9,5	14	21
p	3	112,8	2,4	37,1		9,06	1,698	0,38		10,2	11,2	9,9	9,2	8,8	13	20
at	4	129,6	2,3	37,4		10,42	1,692	0,38		9,8	10,8	9,6	8,9	8,4	13	20
	5	147,7	2,3	37,3		11,88	1,723	0,36		8,9	9,8	8,6	8,0	7,6	13	20
8.	0,5	50,6	2,4	26,2	5,77	2,25	1,032	0,78	0,620	27,5	39,8	31,4	27,2	24,7	22	31
	1	76,9	1,7	31,9		3,42	1,11	0,71		23,0	32,3	25,4	22,0	20,0	22	30
p	2	106,3	1,4	33,8		4,72	1,07	0,75		19,3	27,6	21,7	18,8	17,1	21	29
at	3	129,5	1,2	37,4		5,75	1,079	0,75		17,4	24,9	19,6	17,0	15,5	21	28
	4	142,8	1,2	37,4		6,34	1,03	0,78		16,4	23,7	18,7	16,2	14,7	20	29
	5	501,9	1,2	40,0		6,70	0,972	0,82		15,9	23,1	18,2	15,8	14,3	20	30

6. táblázat (folytatás)

Nr.	x	q l/min	$\frac{q_a}{q}$ %	σ_a %	r_1/r_0	v_{t1} m/sec	$\frac{v_{t1}}{\sqrt{2gH}}$	n	$\frac{r_0}{r_0+r_a}$	$d_l\,\mu$ n	0	0,5	0,8	1,0	d_{50}	d_{60}
9.	15	165,5	9,9	10,0	5,77	7,35	1,664	0,37	0,722	12,0	13,5	11,5	10,4	9,8	19	23
$\alpha°$	30	131,1	3,4	27,7		5,82	1,32	0,58		15,5	18,7	15,9	14,4	13,5	20	23
	45	117,7	3,1	30,4		5,23	1,185	0,67		17,4	21,8	18,5	16,8	15,7	22	27
	60	107,5	2,5	33,8		4,77	1,082	0,75		19,0	23,2	20,6	18,7	17,5	25	28
	75	105,9	4,5	21,3		4,70	1,066	0,76		19,9	25,4	21,6	19,6	18,4	26	29
10.	15	164,2	8,0	13,8	5,77	7,21	1,635	0,38	0,722	12,0	13,5	11,5	9,9	9,7	15	21
$\alpha°$	30	127,2	2,6	31,5		5,65	1,28	0,60		15,4	18,8	15,9	13,7	13,5	17	23
	45	115,6	1,9	32,4		5,14	1,163	0,69		17,6	22,0	18,7	16,1	15,9	19	24
	60	107,6	1,6	34,2		4,78	1,083	0,74		19,0	24,2	10,6	17,7	17,5	21	25
	75	106,2	5,2	13,2		4,71	1,069	0,76		19,9	25,4	21,6	18,6	18,4	21	26
11.	1,005	161,2	2,2	3,5	5,77	7,16	1,608	0,40	0,722	12,0	13,7	11,6	10,0	9,9	15	24
γ_1'	1,01	161,3	2;2	6,9		7,16	1,61	0,40		12,1	13,8	11,7	10,1	10,0	15	23
	1,02	161,4	2,1	13,9		7,17	1,62	0,39		12,2	13,9	11,7	10,1	10,0	17	24
	1,03	161,4	2,0	20,8		7,17	1,629	0,39		12,3	14,0	11,8	10,2	10,1	19	25
	1,05	161,5	1,6	35,2		7,18	1,645	0,38		12,4	14,1	11,9	10,3	10,2	21	29
	1,07	161,4	2,6	36,4		7,17	1,66	0,37		12,6	14,2	12,0	10,4	10,3	24	31
	1,10	161,9	2,7	38,3		7,19	1,684	0,36		12,8	14,4	12,2	10,5	10,4	26	33

tozatlan jellemzőit; a 6. táblázat a kísérleti adatokból számított különböző értékeket mutatja.

Látható a táblázatból, hogy n értékére kevés befolyása van r_a (l. kísérletsorozat), r_0 (4—5), p (6—7—8), vagy γ_1' (11) változásának, de n értéke erősen nő, ha e nő (2—3), α nő (9—10), vagy h_1 csökken (6. és 8. kísérletsorozat). Az $n = f(e, \alpha, h_1, r_1, r_0, r_a, p, \gamma_1' \ldots)$ függvénynek elegendő pontossággal való meghatározása egyelőre kilátástalannak látszik. Az n értékére erősebb befolyással bíró e, α és h_1 értékeket pl. a $z = \frac{e \sin \alpha}{h_1}$ függvény alakjában csoportosítva, e z értéket és azoknál a kísérletsorozatoknál, amelyekben n közel állandó marad, az átlagos n értéket is feltünteti az 5. táblázat. A 2., 3. és a 9—10. kísérletsorozatok n értéke erősen változik; az összetartozó z és n értékek itt:

2.		3.		9—10.	
z	n	z	n	z	n
0,40	0,89	0,107	0,72	0,076	0,37
0,364	0,87	0,097	0,63	0,146	0,59
0,325	0,84	0,087	0,56	0,207	0,68
0,285	0,72	0,076	0,38	0,252	0,74
0,231	0,45	0,062	0,15	0,283	0,76

A 2. ábra mutatja az 5. táblázatban feltüntetett z és n értékek, valamint a 2., 3. és 9—10. kísérletsorozatok z és n értékei között az összefüggést. Az 5. táb-

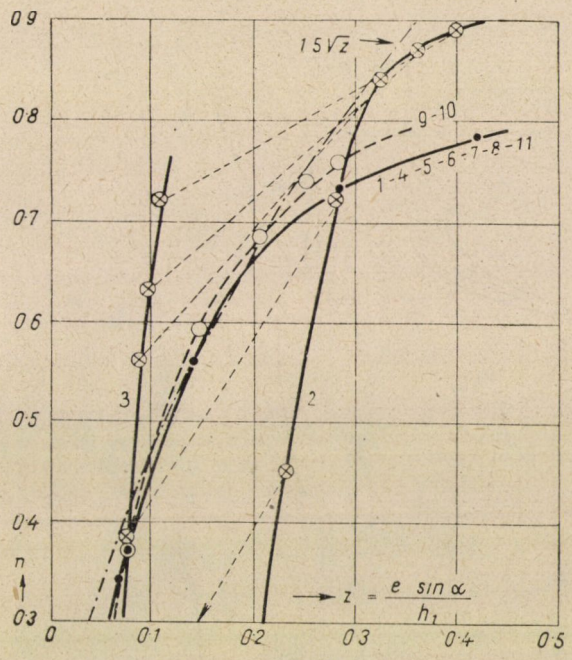
7. táblázat

Nr.	x	Tromp % 40—30	30—20	20—10	10—5 μ	Nr.	x	Tromp % 40—30	30—20	20—10	10—5 μ
1.	r_a = 0,25	95,6	91,2	5,6	4,3	7.	p = 1	97,9	93,4	38,0	10,0
	cm 0,375	97,6	89,0	20,0	1,8		at 2	96,2	95,2	56,5	4,2
	0,5	99,6	92,6	48,6	0,9		3	98,0	96,6	62,0	8,3
	0,625	94,2	98,3	28,1	17,2		4	97,3	97,0	64,4	10,9
	0,75	97,6	86,9	86,1	16,4		5	98,5	97,5	64,9	10,8
	0,875	96,5	97,8	82,1	53,1						
	1,0	98,9	92,0	91,0	54,6	8.	p- = 0,5	87,7	64,4	13,8	4,3
							1	88,8	67,5	10,2	3,0
2.	e = 3,10	67,2	78,2	20,0	23,9		at 2	93,7	72,4	15,8	4,2
	cm 2,82	87,2	88,1	24,9	6,7		3	96,5	72,4	17,8	2,1
	2,52	92,4	83,8	18,4	3,5		4	94,2	71,8	20,1	4,5
	2,19	96,8	87,2	23,1	3,0		5	91,1	67,5	30,0	6,5
	1,79	98,8	99,0	32,4	1,6						
						9.	α = 15°	97,0	95,5	20,5	10,3
3.	e = 3,10	94,3	90,1	33,6	35,7		30	98,5	95,9	15,9	10,3
	cm 2,82	97,8	89,6	32,6	15,3		45	88,6	64,5	61,4	13,6
	2,52	79,4	85,6	30,5	20,2		60	74,6	39,6	0,9	1,5
	2,19	88,1	79,5	34,2	17,6		75	93,6	97,7	28,6	11,7
	2,79	91,4	90,2	24,8	11,6						
						10.	α = 15°	96,2	97,8	48,5	22,0
4.	r_0 = 0,9	96,8	96,4	75,2	76,8		30	97,9	76,5	44,7	6,0
	cm 1,3	99,5	97,6	47,7	43,3		45	98,7	91,8	14,4	6,3
	1,7	98,6	87,6	25,3	12,2		60	88,4	80,9	5,9	2,6
	2,1	97,1	70,6	17,2	13,2		75	96,1	77,0	19,6	6,2
5.	r_0 = 0,9	99,0	92,0	56,0	64,7	11.	γ_1' = 1,005	91,7	82,6	50,5	5,3
	cm 1,3	98,1	79,8	26,1	8,9		1,01	92,0	84,1	50,4	10,4
	1,7	96,9	95,3	20,4	9,7		1,02	98,0	81,2	48,6	8,0
	2,1	—	—	—	—		1,03	96,6	20,0	28,3	4,8
							1,05	98,9	66,5	21,3	0,3
	p = 1	94,1	87,1	48,5	12,8		1,07	92,4	55,5	31,8	12,4
6.	at 2	94,0	87,7	40,5	11,1		1,10	48,0	62,1	12,4	27,0
	3	96,1	91,0	51,1	6,7						
	4	95,2	93,4	43,4	11,5						
	5	95,0	55,0	29,4	15,2						

lázat 1—4—5—6—7—8—11 kísérletsorozatainak és a 9—10. kísérletsorozatnak a görbéi közel együtt haladnak. $n < 0{,}75$ (vagy $z < 0{,}25$) területén e görbékhez jól simul az $n = 1{,}5\ \sqrt{z}$ görbe is. A 2. és 3. kísérletsorozatok $n = f(z)$ görbéinek azonos e értékekhez tartozó pontjait vékony egyenesek kötik össze az ábrán; az $e = 2{,}19$ cm-hez tartozó pontok „ráesnek" a többi kísérletsorozat $n = f(z)$ görbéjére.

A 6. táblázat d_l adatainak n, 0, 0,5, 0,8, 1,0 kitevőkkel való kiszámítása — ugyanúgy mint az előző táblázatokban is — $\eta' = 1$ cp érték feltételezésével történt. Kövér számok jelzik a $d_{50\%}$-kal, aláhúzott számok a $d_{80\%}$-kal 20%

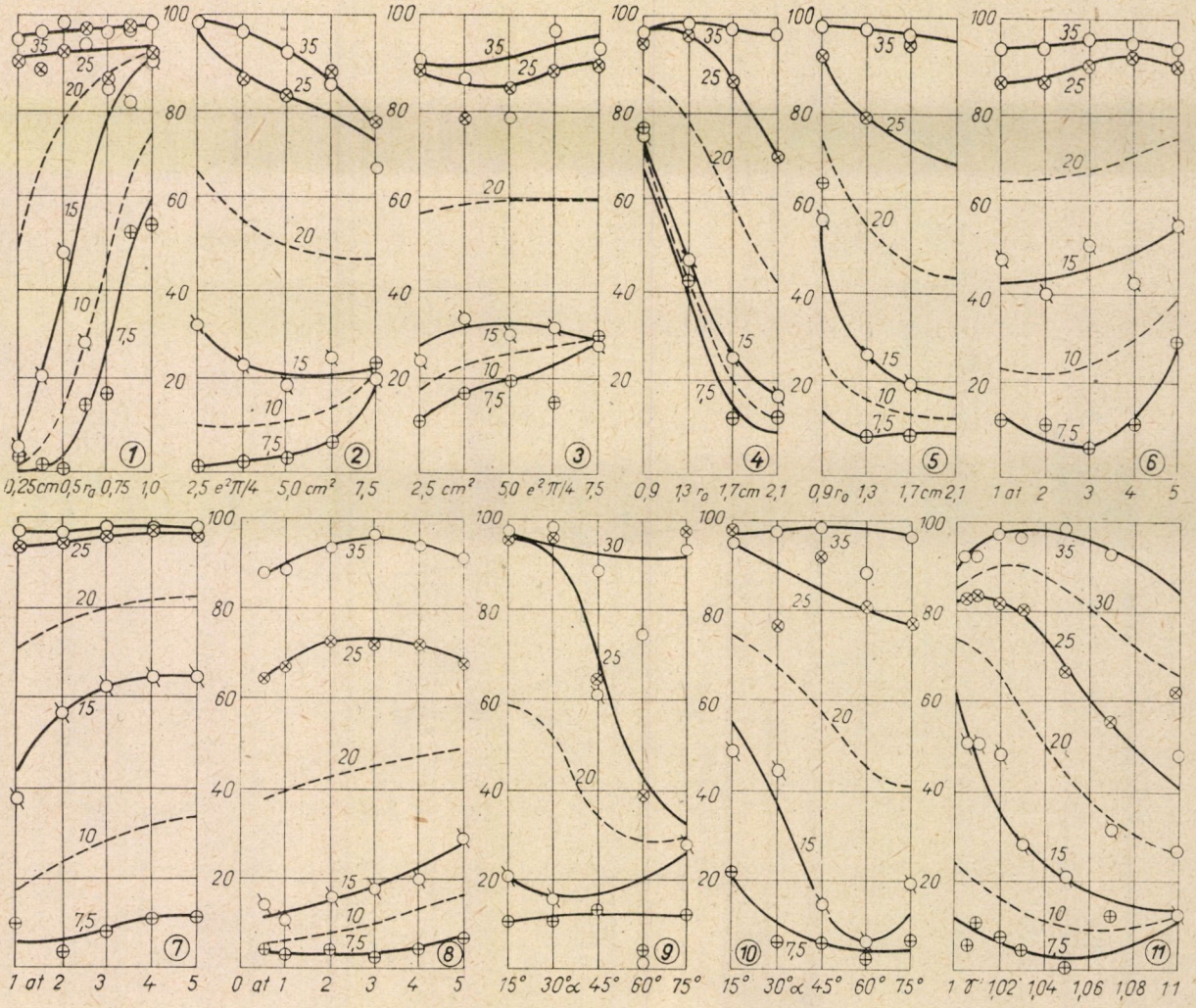
hibahatáron belüli egyezést. A $d_{50\%}$ és $d_{80\%}$ kísérleti adatokat a 3. ábra görbéiről mértem le. E görbéket a 7. táblázatban látható Tromp-féle eloszlási értékek alapján szerkesztettem oly módon, hogy a 40—30, 30—20, 20—10 és 10—5 μ szemcsefrakciók középértékére, tehát a 35, 25, 15 és 7,5 μ szemnagyságra tételeztem fel érvényesnek az egyes frakciók Tromp-%-os adatát. (A feladás egyes szemcsefrakcióiból ennyi % került az alsó termékbe.) A 10 és 20 μ görbéket interpoláltam ; a 20 μ görbét kb. a 15 és 25 μ görbék felezési helyére, a 10 μ



2. ábra

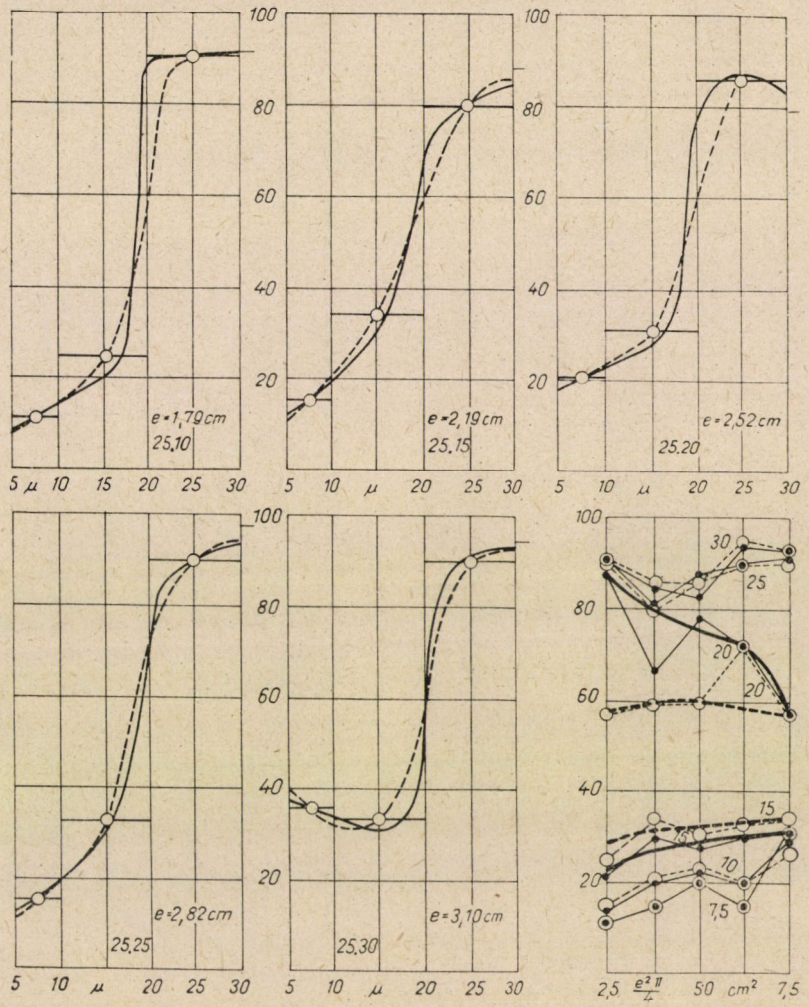
görbét a 7,5 és 15 μ görbék távolságát kb. $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ arányban megosztva. A szemcsefrakciók számtani közepesének mértékadó szemnagyságként való megválasztása is és a közbülső görbék „arányos" interpolálása is önkényes eljárás. Pl. egyik forrás szerint* a Tromp-görbe megrajzolásánál a területkiegyenlítés elvét kell alkalmazni és nem a számtani közepesnek megfelelő pontokon kell átvezetni a görbét. Elméletileg megindokolható alapja azonban egyik módszernek sincsen. Elméleti indokok az arányos távolságban történő interpolálás elve mellett sem szólnak. Ez csak ott helyénvaló, ahol a Tromp-görbének a két adott pont közötti szakasza egyenes. A 4. ábrán a 3. kísérletsorozat Tromp-görbéit látjuk, teljes vonallal kihúzva a területkiegyenlítés elvét, szaggatott vonallal kihúzva

*Richtlinien für Abnahme und Überwachung von Steinkohlen-Aufbereitungsanlagen. Vornorm DIN 23011. Verlag Glückauf GmbH., Essen, 1954.


100
80
60
40
20
35
25
20
15
10
7,5
1) 25cm 0,5 r0 0,75 1,0
2,5 e²π/4 5,0 cm² 7,5
2,5 cm² 5,0 e²π/4 7,5
0,9 1,3 r0 1,7cm 2,1
0,9 r0 1,3 1,7cm 2,1
1 at 2 3 4 5
0 at 1 2 3 4 5
30
15° 30° α 45° 60° 75°
1 1,02 1,04 1,06 1,08 1,1
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
⑧
⑨
⑩
⑪

3. ábra

a frakciók számtani közepesének elvét alkalmazva. E görbékről lemért adatokat tünteti fel a 4. ábra utolsó rajza. Összehasonlítva ezt a 3. ábra megfelelő diagramjával, a számtani közepesek görbéi jól egyeznek, a területkiegyenlítés



4. ábra

20 μ-os görbéje ellenben a 3. rajz diagramjának a 20 μ-os görbéjétől lényegesen eltér.

A $d_{50\%}$ értékek a 6. táblázatban látható 19—18—18—18—18 értékről sorban 17—17—17—17—18 értékűre változnak a területkiegyenlítés elvének alkalmazásával szerkesztett Tromp-görbék esetén, és a 20% hibahatárig egyező d_l értékek száma az n, 0, 0,5, 0,8, 1,0 kitevőknél sorban 2—2—3—2—1 db (= 40—40—60—40—20%) lesz a régi 2—3—2—1—0 db (= 40—60—40—20—0

százalék) helyett. De nemcsak a Tromp-görbék helyes megrajzolásának bizonytalansága, hanem a kísérleti adatok gyakran erős szórása is bizonytalanná teszi a $d_{50\%}$, $d_{80\%}$ stb. adatok értékét. Pl. a 9. kísérletsorozat Tromp-görbéit a területkiegyenlítés, illetőleg a számtani közepesek elve alapján megrajzolva, azokról a 8. táblázatban feltüntetett Tromp%-értékek voltak leolvashatók.

8. táblázat

$d\mu$	Területkiegyenlítéssel					Számtani közepessel				
	$\alpha = 15$	30	45	60	75°	$\alpha = 15$	30	45	60	75°
7,5	11	10	10	1	12	11	10	14	(1)	12
10	11	11	58	1	14	13	11	45	1	16
15	15	13	61	1	23	21	16	(61)	(1)	29
20	93	90	63	5	93	70	50	64	14	80
25	95	96	64	38	99	96	96	65	40	(98)
30	96	97	68	63	95	97	98	73	(57)	96

A 3. ábra megfelelő diagramján a 7,5—15—25—35 μ görbék megrajzolásakor figyelmen kívül hagytam a 8. táblázatban zárójelbe foglalt értékeket; ezek a megrajzolt görbéktől erősen távolesnek. Természetesen más alakú görbékre jutunk, ha pl. nem a 60°-os ciklon adatainak, hanem a 75°-os ciklon adatainak felhasználását mellőzzük a görbék megrajzolásakor. Ismét más lesz itt is a görbék alakja, ha nem a számtani közepesek, hanem a területkiegyenlítés elvét választjuk a Tromp-görbék megrajzolásánál vezérelvként. (Vö. pl. a 20μ-os összetartozó adatokat a táblázatban.) Ilyen módon különböző $d_{50\%}$ értékeket olvashatunk le a különböző feltételek szerint megrajzolt diagramokról. Pl. a 6. táblázat és a 3. ábra 19—20—22—25—26 $d_{50\%}$ adatai helyett

1. területkiegyenlítéssel és a 75°-os adatok mellőzésével 17—18—19—27—29
2. számtani közepesekkel és a 75°-os adatok mellőzésével 18—19—21—28—30
3. területkiegyenlítéssel és a 75°-os adatok felhasználásával 17—18—19—19—17
4. számtani közepesekkel és a 75°-os adatok felhasználásával ..... 18—19—19—18—17

$d_{50\%}$ adatokra jutottam. Ezek között a $d_{50\%}$ adatok és az n—0—0,5—0,8—1,0 kitevőkkel kiszámított d_l értékek között

a régi 0—4—3—1—0 db, vagyis 0—80—60—20— 0% helyett sorban
1. 2—4—2—2—1 db, vagyis 40—80—40—40—20%
2. 2—4—2—1—0 db, vagyis 40—80—40—20—0 %
3. 4—2—3—4—3 db, vagyis 80—40—60—80—60%
4. 4—2—4—3—3 db, vagyis 80—40—80—60—60%

20% hibahatáron belüli egyezés adódott. A kísérleti adatokkal egyező értékek száma tehát igen erős eltéréseket mutat, ami arra figyelmeztet, hogy a táblázatba foglalt eredményeket kellő kritikával és fenntartással értékeljük. (Ámbár a többi kísérletsorozatnál nem találunk a 9. kísérletsorozatéhoz hasonló nagyságú szórást.)

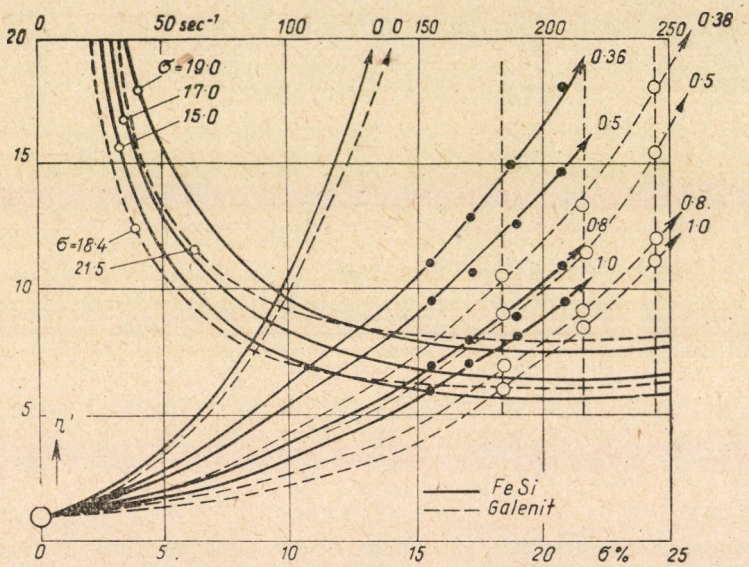
Említettük már, hogy a d_l határszemnagyságok kiszámítása $\eta' = 1$ cp értékkel történt. A hidrociklonban azonban a folyadék és a szilárd szemek keverékeként adódó közeg szilárd fázisának részaránya (σ) és evvel viszkozitása is változik. A szuszpenzió szilárdanyag tartalma, fajsúlya és viszkozitása a ciklon falánál a legnagyobb és a tengely felé haladva, fokozatosan a felső túlfolyás kis értékére csökken. A ciklon fala mentén σ értéke 50—60% közötti vagy még nagyobb lehet ; az alsó kifolyás σ_a térfogathányada a fal és a zéró axiális sebesség helye közötti térben lefelé áramló szuszpenzió átlag értéke. A hengeres és kúpos rész találkozásánál $r \cong \frac{r_1 r_0}{r_0 + r_a}$ sugárnál lesz kb. zéró az axiális közegáramlás. Egyéb adat híján kb. σ_a érték harmadrészére becsülhetjük e helyen a szuszpenzió szilárd részének térfogatarányát.

A hidrociklonban keletkező nyíróerők a szuszpenzió látszólagos viszkozitását csökkentik. Govier, Shook és Lilge [9] közleményében találunk adatokat finomszemű magnetit, galenit és ferroszilicium szuszpenziók különböző nyíró erők, és sebesség-grádiensek melletti látszólagos viszkozitására. A hidrociklonban áramló közeg tangenciális sebességkomponensének r szerinti differenciálhányadosa $\frac{dv_t}{dr} = \frac{n v_{t1} r_1^n}{r^{1+n}}$ megadja e komponens sebesség-grádiensét. Az axiális sebességkomponens grádiense a zéró axiális sebesség helyén ennek kb. 0,1—0,3-szorosa lehet, tehát az eredő sebesség-grádiens a tangenciális sebességgrádiens értékét legfeljebb 5%-kal lépi túl ($\sqrt{1^2 + 0.3^2} = 1{,}045$) [2]. (Ha r és r_1 cm, v_{t1} cm/sec-ban helyettesítendő be, hogy $\frac{dv_t}{dr}$ dimenziója sec^{-1} legyen.) Példaképpen válasszuk ki a 11. kísérletsorozatot. Itt a számított n érték 0,4—0,36 között változik, s átlagértékben 0,38-cal egyenlő. A 9. táblázat feltünteti $r = \frac{r_1 r_0}{r_0 + r_a} = 7{,}5 \cdot 0{,}722 = 5{,}4$ cm helyen az $n = 1{,}0,\ 0{,}8,\ 05,\ 0{,}38,\ 0$ kitevőkhöz tartozó sebességeséseket és a [9] közlemény ferroszilicium és galenit szuszpenzióinak különböző γ' fajsúly és σ mellett e sebességesésekhez tartozó η' (cp) látszólagos viszkozitását. (A γ'-höz tartozó σ érték $\sigma = \frac{\gamma' - 1}{\delta - 1}$ összefüggéssel számítható ki.) Az 5. ábra $\eta' = f(\sigma)$ görbéi a 9. táblázat adatai alapján vannak megrajzolva, és ezekről vannak lemérve a 10. táblázat η'_{FeSi} és η'_{gal} adatai, σ értékét a 11. kísérletsorozat σ_a értékeinek harmadrészére választva meg. A 6. ábra a [9] közlemény FeSi és galenitjának, valamint a 11. kísérletsorozat baritjának kumulatív szemnagyság görbéit ábrázolja. Ebből kitűnik, hogy a

9. táblázat

		$n =$	1,0	0,8	0,5	0,38	0
		$\frac{dv_l}{dr} =$	185	138	78	55	0
	γ'	$\sigma\%$			η'		
FeSi	1,9	15,5	6	7	9,5	11	80
	2,0	17,2	7	8	10,8	13	90
	2,1	19,0	8	9	12,7	15	105
	2,2	20,7	9,5	11	14,8	18	120
Gal.	2,2	18,45	6	7	9	10,5	70
	2,4	21,5	8,5	9	11,4	13,3	90
	2,6	24,6	11,3	12	15,5	18,0	125

galenit és FeSi szuszpenzió — egészét tekintve — jóval finomabb szemnagyságú, mint a barit szuszpenzió. A szuszpenziós anyag finomságával azonban a viszkozitás nő, vagyis a baritszuszpenziónk kisebb viszkozitású, mint a [9] közlemény azonos σ melletti FeSi vagy galenit szuszpenziója. A baritszuszpenzió kb.



5. ábra

viszkozitását $1 + 0{,}75(\eta'_{\text{gal}-1})$ képlettel számítva, ugyancsak feltünteti a 10. táblázat, amelynek d_l adatait a 6. táblázat 11. kísérletsorozatának megfelelő d_l értékeit $\sqrt{\eta'}$ értékkel megszorozva kaptuk. A $d_{50\%}$ kísérleti adatokkal 20% hibahatáron belül egyező d_l értékek száma $n = 0{,}38$, 0, 0,5, 0,8, 1,0 kitevőknél $\eta' = 1$ mellett sorban 2—3—0—0—0 db, vagyis 29—43—0—0—0% volt, a választott $\sigma = \sigma_a/3$ esetén adódó η'_{FeSi}

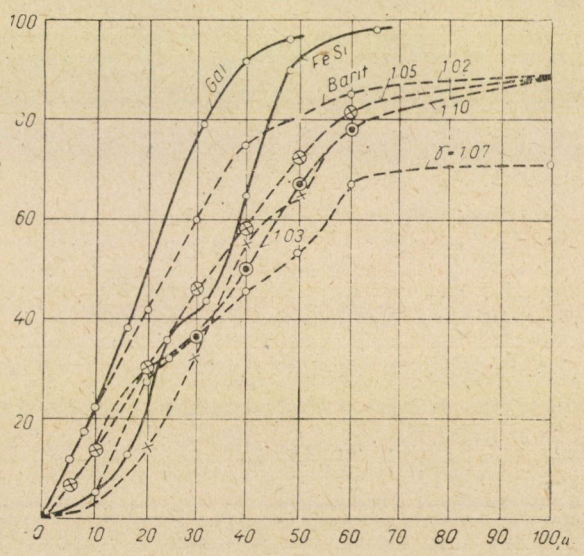
10. táblázat

η' FeSi						η' gal.					η' barit					
σ %	0,38	0,5	0,8	1,0	0	0,38	0,5	0,8	1,0	0	0,38	0,5	0,8	1,0	0	
1,2	1,1	1,1	1,05	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,15	
2,3	1,7	1,5	1,3	1,1	1,9	1,4	1,3	1,1	1,0	1,8	1,3	1,2	1,1	1,0	1,6	
4,64	2,7	2,3	1,9	1,6	3,5	2,0	1,7	1,4	1,3	3,2	1,75	1,5	1,3	1,2	2,65	
6,94	4,0	3,5	2,5	2,1	5,7	2,8	2,4	1,9	1,7	5,3	2,35	2,05	1,7	1,5	4,2	
11,7	7,5	6,4	4,7	4,0	15,0	5,3	4,6	3,3	2,9	13,8	4,2	3,7	2,7	2,4	10,5	
12,1	8,0	6,8	4,9	4,2	16,0	5,5	4,7	3,4	3,0	14,8	4,4	3,8	2,8	2,5	11,3	
12,75	8,4	7,2	5,2	4,5	18,0	5,9	5,1	3,7	3,1	16,6	4,7	4,1	3,0	2,6	12,6	
	$d_l\,\mu$					$d_l\,\mu$					$d_l\,\mu$					$d_{50}d_{80}$
1,2	**12,6**	**12,2**	10,3	9,9	**15,1**	**12,6**	**12,2**	10,0	9,9	**15,1**	**12,6**	**12,2**	10,0	9,9	**14,7**	15 24
2,3	**15,7**	**14,3**	11,5	10,5	19,0	**14,3**	**13,3**	10,6	10,0	18,5	**13,8**	**12,9**	10,6	10,0	**17,4**	15 23
4,64	**20,0**	**17,8**	**13,9**	12,7	26,0	**17,2**	**15,2**	11,9	11,4	24,7	**16,1**	**14,3**	11,5	11,0	22,7	17 24
6,94	24,4	**22,1**	**16,1**	14,6	33,5	**20,5**	**18,3**	14,1	13,2	32,2	**18,8**	**16,9**	13,3	12,3	28,7	19 25
11,7	33,9	30,1	**22,2**	**20,4**	54,5	28,5	25,5	**18,8**	**17,6**	52,4	25,3	**22,9**	**17,0**	15,8	45,7	21 29
12,1	35,7	31,3	**23,0**	**21,1**	56,8	29,6	26,0	**19,2**	17,8	54,6	**26,5**	**23,4**	17,3	16,3	47,8	24 31
12,75	37,1	32,7	**24,0**	**22,0**	61,2	31,1	27,4	20,1	18,3	58,8	**27,8**	**24,7**	18,2	16,8	51,2	26 33

viszkozitásoknál 3—1—4—5—3 db, vagyis 43—14—57—72—43%

η'_{gal} viszkozitásoknál 4—1—4—2—1 db, vagyis 57—14—57—29—14%

η'_{barit} viszkozitásoknál 6—2—7—1—0 db, vagyis 86—29—100—14—0%



6. ábra

Hasonló számítást végezve az 1, 3, 4, 7 és 9. kísérletsorozatokra is — ezeknél sorban r_a, e, r_0, p és α értékek a változók —, a [9] közlemény galenit szuszpenziójának viszkozitását tételezve fel esetünkben érvényesnek, a 11. táblázat adataira jutunk. E kísérletsorozatoknál a $d_{50\%}$ szemnagyságokkal a 6. táblázatban ($\eta' = 1$ cp) sorban

11. táblázat

Nr.	sec^{-1}				$\sigma\%$	η' gal					$d_l\,\mu$					d_{50}	d_{80}
	n	0,5	0 8	1,0		n	0	0,5	0.8	1,0	n	0	0,5	0,8	1,0		
1.	42	66	113	147	15,2	10,4	25	7,4	5,3	5,0	47,0	77,5	38,7	31,1	29,1	20	23
	48	74	134	168	15,2	8,1	25	6,9	5,1	4,9	37,3	71,0	32,8	26,2	24,6	18	23
	55	82	145	193	12,1	5,8	15	4,7	3,7	3,3	28,7	51,5	24,5	19,8	17,4	16	21
	60	90	163	220	7,2	3,3	5,3	4,3	1,9	1,8	20,2	29,2	21,6	12,8	11,6	14	19
	65	100	183	251	3,4	1,3	2,3	1,2	1,1	1,1	11,8	18,4	10,5	8,8	8,1	11	16
	72	107	201	280	2,3	1,1	1,6	1,0	1,0	1,0	10,3	14,9	9,1	7,8	7,1	8	14
	78	120	224	313	1,2	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	9,3	12,9	8,1	7,2	6,4	7	12
3.	95	60	108	156	8,3	2,3	7	3,3	2,4	2,1	25,2	58,3	32,9	25,0	21,6	19	24
	88	66	120	160	9,6	3,0	9	3,9	2,7	2,5	26,0	57,5	31,3	23,0	20,6	18	24
	84	73	130	176	10,6	3,6	10,8	4,0	2,6	2,7	25,4	54,0	27,0	19,4	18,2	18	24
	63	88	157	212	11,4	4,9	13	3,8	3,4	3,0	24,6	46,5	20,7	17,3	15,1	18	24
	29	112	201	178	11,0	7,4	12	3,3	2,8	2,8	23,9	31,8	14,0	11,4	10,6	18	23
4.	80	90	168	244	1,4	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	10,0	15,5	9,7	8,1	7,2	5	17
	67	97	176	240	5,3	2,1	3,7	1,5	1,4	1,3	15,1	23,7	12,0	10,2	8,9	15	20
	58	104	185	250	10,7	4,7	11	3,0	2,6	2,8	23,0	39,2	17,2	14,2	13,7	18	24
	78	97	170	440	10,0	3,5	10	2,7	2,4	3,0	20,4	39,0	17,4	14,9	15,8	21	28
7.	35	61	101	154	11,2	6,8	12,4	4,8	3,4	3,0	35,0	50,7	28,1	22,0	19,6	16	22
	50	87	153	218	13,0	6,3	17,2	4,7	4,0	3,5	28,1	50,1	23,2	20,0	17,7	14	21
	72	99	174	247	12,4	5,0	10,8	4,1	3,6	3,4	22,8	36,9	20,0	17,5	16,2	13	20
	83	113	200	284	12,5	4,5	11	3,9	3,4	3,6	20,8	35,8	18,9	16,4	15,9	13	20
	88	129	228	324	12,4	4,4	10,8	3,7	3,6	3,5	18,6	32,4	16,6	15,2	14,2	13	20
9.	57	80	146	188	3,3	1,4	2,2	1,4	1,1	1,1	14,2	20,1	13,6	10,9	10,3	19	23
	75	63	116	149	9,2	3,0	8,4	3,5	2,5	2,4	26,8	54,3	29,8	22,8	20,9	20	23
	79	57	104	134	10,1	3,4	10	4,2	3,0	2,8	32,1	69,0	37,9	29,1	26,3	22	27
	85	52	96	122	11,3	3,8	12,7	5	3,5	3,1	37,1	82,7	46,1	35,0	30,8	25	28
	86	51	93	120	7,1	2,0	5,6	2,8	2,1	1,9	28,2	60,1	36,2	28,4	25,4	26	29

1. 1—2—2—2—2 db, vagyis 14—29—29—29—29%
3. 2—3—2—1—0 db, vagyis 40—60—40—20— 0%
4. 0—1—0—0—0 db, vagyis 0—25— 0— 0— 0%
7. 2—4—0—0—0 db, vagyis 40—80— 0— 0— 0%
9. 0—4—3—1—0 db, vagyis 0—80—60—20— 0%

összesen 5—14—7—4—2 db, vagyis 19—54—27—15— 8%

a 11. táblázatban ellenben

1.1	0	3	4	4 db, vagyis	14	0	43	57	57%
3.0	0	1	2	4 db, vagyis	0	0	20	40	80%
4.2	0	3	0	0 db, vagyis	50	0	75	0	0%
7.0	0	0	1	1 db, vagyis	0	0	0	20	20%
9.0	1	0	1	2 db, vagyis	0	20	0	20	40%
összesen	3	1	7	8	11 db, vagyis	12	4	27	31	42%

egyezik 20% hibahatáron belül; a $d_{80\%}$ szemnagyságokkal való 20%-on belüli egyezés a 6. táblázatban

1.0	3	0	0	0 db, vagyis	0	43	0	0	0%
3.0	2	0	0	0 db, vagyis	0	40	0	0	0%
4.0	0	0	0	0 db, vagyis	0	0	0	0	0%
7.0	0	0	0	0 db, vagyis	0	0	0	0	0%
9.0	4	0	0	0 db, vagyis	0	80	0	0	0%
összesen	0	9	0	0	0 db, vagyis	0	35	0	0	0%

a 11. táblázatban ellenben

1.	1	3	2	2	2 db, vagyis	14	43	29	29	29%
3.	5	0	2	3	2 db, vagyis	100	0	40	60	40%
4.	1	2	0	0	0 db, vagyis	25	50	0	0	0%
7.	3	0	4	4	3 db, vagyis	60	0	80	80	60%
9.	3	1	0	1	4 db, vagyis	60	20	0	20	80%
összesen	14	6	8	10	11 db, vagyis	50	23	31	39	42%

Vagyis e kiragadott öt kísérletsorozat összesítésénél a $d_{50\%}$-kal egyező d_l értékek száma η'_{gal} viszkozitással számolva $\eta' = 1$ helyett n és 0 kitevőknél csökken (19—13; 54—4%), 0,8 és 1,0 kitevőknél nő (15—31; 8—42%), 0,5 kitevőnél nem változik (27—27%); a $d_{80\%}$-kal egyező d_l értékek száma csupán 0 kitevőnél csökken (35—23%), a többi kitevőnél ellenben nő, ha $\eta' = 1$ helyett η'_{gal} viszkozitással számolunk. $\eta' = 1$ viszkozitással számolva a többi kitevőnél mindenütt 0% a $d_{80\%}$-kal 20% hibahatáron belül egyező d_l értékek mennyisége, és ez az n—0,5—0,8—1,0 kitevőknél sorban 50—31—39—42% lesz, a $\sigma = \sigma_a/3$ szilárdrész-térfogathányadnak megfelelő η'_{gal} viszkozitással számolva.

Bareš kísérleteinek értékelése alapján is, valamint az irodalomból találomra kiemelt adatok alapján is arra a végső következtetésre juthatunk, hogy az n kitevő kiszámítására javaslatba hozott módszerünk a tényleges n érték meghatározására alkalmasnak látszik; ezen n értékkel számítva ki d_l határ-

szemnagyságot — a vizsgálatot a változók széles területére kiterjesztve — nagyobb valószínűséggel kapjuk a hidrociklonban történő osztályozás valóságos (kísérletileg meghatározott) szemnagyságát, mint bármilyen konstans n értékkel való számolás esetén. A kiszámított szemnagyság-értékeknek és a kísérleti adatoknak aránylag nagy százalékban való egyezése közvetve a d_l kiszámítására használt képletünk helyességét is tanúsítja.

IRODALOM

1. TARJÁN, G.: Contribution to the kinematics of the hydrocyclone. Acta Technica Ac. Sc. Hung. XVIII, Fasc. 3—4, 1957, p. 349/382.
2. TARJÁN, G.: A hidrociklonban kialakuló nehézszuszpenzióról. (Sajtó alatt a Bányászati Lapokban és angolul az Acta Technicában).
3. KELSALL, D. F.: A study of the motion of solid particles in a hydraulic cyclone. Trans. Inst. Chem. Eng., 30 (1952), 87—104.
4. KELSALL, D. F.: A further study of the hydraulic cyclone. Chem. Eng. Science, Vol. 2 (1953), 254—272.
5. DRIESSEN, M. G.: Theory of flow in a cyclone. Influence of turbulence and its mathematical interpretation. Int. Conf. on Coal Preparation. Paris — June 1950. E. 4.
6. TRAWIŃSKI, H.: Der Hydrozyklon als Hilfsgerät zur Grundstoff-Veredlung. Chemie-Ing. Techn. 25 (1953) No. 6, 331—341.
7. DAHLSTROM, D. A.: Cyclone operating factors and capacities on coal and refuse slurries. Min. Eng. Vol. 1 (1949) No. 9.
8. STAS, M.: The influence of the orifices on the washing characteristics of the hydrocyclone. Int. Mineral Dressing Congress, Stockholm. 1957. Paper II. 2.
9. GOVIER, G. W., C. A. SHOOK, E. O. LILGE: The rheological properties of water suspensions of finely subdivided magnetite, galena and ferrosilicon. Canadian Min. Met. Bull. 50 (1957) May, No. 541, 261—268.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az n kitevő értéke az $\left(\frac{r_1}{r_0}\right)^{2n} = \frac{2g\Delta H}{v_1^2} n + 1$ összefüggés alapján, és az $\frac{r_1}{r_0}$ és $\frac{v_{l1}}{\sqrt{\Delta H}}$ értékek ismeretében az 1. ábra alapján határozható meg. A hidrociklonban bekövetkező osztályozás határszemnagyságát

$$d_l = \frac{80\, e^2}{\sqrt{(\delta - \gamma')\, Q}} \left(\frac{r_0}{r_0 + r_a}\right)^n \sqrt{\frac{\eta'}{h_1 + r_1\left(1 - \frac{r_0}{r_0 + r_a}\right)\operatorname{cotg}\frac{\alpha}{2}}}$$

képlettel számíthatjuk. Itt e — cm, a belépő nyílása átmérője, h_1 — cm, a ciklon hengeres részének hossza (stb.... lásd az alkalmazott jelölések lapján, 195. l.).

Idegen szerzők adatai alapján összeállított táblázatok tanúbizonysága szerint a d_l képlettel számított szemnagyságok egyezése — $\eta' = 1$, $\gamma' = \gamma_1'$ értékekkel való számolás esetén — a kísérletileg meghatározott $d_{50\%}$ szemnagysággal, — $\eta' > 1$ értékekkel való számolás esetén, ezen η' érték meghatározásának bizonytalansága ellenére is — a kísérleti $d_{80\%}$ szemnagysággal nagyobb mérvű a javasolt módszerünk szerint meghatározott n kitevővel számolva, mint bármely más konstans n kitevővel számolva.

A d_l szemnagyságoknak és a kísérleti $d_{50\%}$ és $d_{80\%}$ értékeknek aránylag nagy százalékban való egyezése közvetve d_l számítására használt képletünk helyességét is tanúsítja.

TŐREI TÓTH LÁSZLÓ

1876–1956

VEREBÉLY LÁSZLÓ lev. tag

Tóth László okl. gépészmérnök, a műszaki tudományok doktora, 1876-ban Budapesten született. A József-Műegyetemet 1898-ban kitűnő minősítésű oklevéllel végezte és azóta több mint félévszázadon át, kivételes tehetséggel, páratlan szorgalommal és mindig jól megérdemelt sikerrel dolgozott sztahanovista kitüntetéssel végződő hosszú pályáján.

Első munkahelyén, a Ganz-féle Villamossági Gyár szerkesztési irodájában, már mint kezdő mérnök magára vonta KANDÓ KÁLMÁN figyelmét, aki akkor a nagyvasúti villamosítás világhírűvé lett úttörő létesítményeinek, a Valtellina vonal felszerelésének és mozdonyainak tervezésével foglalkozott. Ennek keretében dolgozta ki Tóth azt a szellemes csuklós hajtóművet, amelyet először az első Valtellina mozdonyokon alkalmaztak, s amely prototípusa lett a húszas évek folyamán több külföldi gyárban, az egyeshajtású villamos mozdonyok számára kifejlesztett és széles körben alkalmazott lényegileg hasonló megoldásoknak. KANDÓ, miután így meggyőződött fiatal munkatársa értékéről, Olaszországba küldte, ahol TÓTH a bizalmat kiérdemlő tettrekészséggel vezette az üzembehelyezés sokszor nagy kockázattal járó, felelősségteljes munkáját.

Az első világháború Tóth Lászlót Bécsbe szólította az AEG-Union El. Ges. stadlaui műhelyének főnöki állására. Ezen, az osztrák villamos nehézipar számára nagy jelentőségű munkakörben kiváló szervező képességével és gyakorlati érzékével döntően hozzájárult az akkori viszonyok folytán nehéz gyártási problémák, így egyebek között az osztrák egyfázisú villamos mozdonyok sikeres megoldásához.

Hazatérve, széleskörű tapasztalatait a MÁV szakértőjeként elsősorban a KANDÓ-féle fázisváltós mozdonyok műhelyi munkálatainak javára értékesítette, és ezért főleg neki tulajdonítható az a csak szűk körben értékelt, de igen jelentős eredmény, hogy e mozdonyok még most is, negyedszázados nehéz üzem után, használható állapotban vannak.

E gyakorlati tevékenység mellett a vasúti járművek elméleti problémáival is foglalkozott. Tanulmányozta a kerékabroncsok törésének okát, s az üzemközbeni alakváltozások és ebből származó igénybevételek kiszámításával rámutatott a tökéletesítés módjára. Kitűnő mechanikai érzékkel készített tanulmányban kimutatta, hogy bizonyos körülmények kedvezőtlen összejátszásakor a mozdonyok és a gépeskocsik vezető-kereke oly magasra szökkenhetik fel, hogy karimája kiemelkedik a vágány járósíkja fölé és ezzel kisiklásra adhat okot. A moszkvai vasúttudományos kutató intézet kívánságára megvizsgálta gyors gépeskocsik forgózsámolyának rugózását és ezt kiegészítette 160 km/ó sebességgel haladó motorvonat hajtott tengelyeire ható igénybevételek számításával.

Ezek, a Tóth László pályafutásából és munkásságából csak példaképpen kiemelt mozzanatok is már meggyőzően bizonyítják, hogy elhúnyt kartársunk a gépészmérnöki tudományszaknak kiváló elméleti és gyakorlati művelője volt. Tervei és számításai mindig időszerű problémák közvetlen megoldására irányultak és intézkedései felett az azonnali megvalósulás mondta ki a mindenkor helyeslő ítéletet.

Kartársai nagyrabecsülték mint kiváló mérnököt és mint nyílt, egyenes, szerény modorú és mégis határozott fellépésű férfit egyaránt. KANDÓ KÁLMÁN ismételten kikérte véleményét és megfogadta tanácsait. De a munkásság is mindenütt elismerte benne a hivatott vezetőt, aki nem csak rendelkezik, de cselekszik is, nem csak erélyes, de jószívű barát is, és aki a munkást nem felülről, hanem mellette állva segíti és tanítja feladatának, az eredményes munkának minél racionálisabb elvégzésére. Ezért emlékét kegyelettel és szeretettel fogják megőrizni mindazok, akik vele, vagy vezetése alatt dolgozhattak.

EMLÉKBESZÉD ID. KERPELY ANTAL HALÁLÁNAK 50. ÉVFORDULÓJÁRA*

KERPELY KÁLMÁN,
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

Idézzük magunk elé KERPELY ANTALnak, a magyar vaskohászati oktatás megalapítójának, a magyar vasipar egyik legnagyobb fejlesztőjének, a vaskohászat kiváló művelőjének, a magyar műszaki géniusz nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő alakjának emlékét. Neve korszakot foglalt magában: a nehéz küzdelem és a megfeszített nemzeti munka korszakát.

Fáradhatatlan munkássága és páratlan irodalmi működése megszerezte neki az európai hírnéven és dicsőségen kívül számos hazai és külföldi tudományos testület tiszteletét és becsülését, többek között 1877-ben a tőle élete végéig oly nagyra becsült Magyar Tudományos Akadémia levelező tagságát is.

Mielőtt azonban KERPELY ANTAL munkás életének serkentő erőit — melyek cselekedeit irányították — emlékezetünkbe idézném, rövid néhány szóval vázolnom kell a kort és annak törekvéseit, melyben született és élt. KERPELY ANTAL ui. abban a korban élt, amikor a magyar vasipart nemcsak újjáteremteni, hanem az 1848—49-es szabadságharc közvetlen következményeként magyarrá is kellett tenni.

A magyar vaskohászatot ebben a korban a tespedés jellemezte. KERPELY ANTALnak a vasipar eddigi múltjával szakítani kellett, új utakat kellett törnie, hogy a szándékosan elnyomott magyar vasipar gyökereit megerősíthesse, rohamosan fejleszthesse, amihez egyéniségére, csodálatos alkotóképességére és nagy tudásának lankadatlan bevetésére volt szüksége, hogy kitűzött feladatát elvégezhesse. Szinte ösztönösen érezte, hogy a Habsburgok és az ország ipari fejlesztését elnyomó erők politikájával szemben szükség van megerősödött, az akkori legfejlettebb technikára alapított vasiparra, hogy behozhassa azt az elmaradást, melyben azok tartani szerették volna az idők végtelenségéig.

A XIX. század második felében, amikor KERPELY ANTAL élt, a mérnöki tudás csak személyes tapasztalatokból táplálkozott, melyek nemzedékről nemzedékre szálltak és egy-két eljárás elsajátításában merültek ki, a mélyebb okok

* A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Kohászati és Műszaki Tudománytörténeti Főbizottságának 1957. december 2-án id. KERPELY ANTAL halálának 50. és akadémiai levelező tagságának 80. évfordulója alkalmából tartott ünnepi ülésen elhangzott megemlékezés.

kutatása és ismerete nélkül. A vállalat csak öncélt szolgált : kis forgalom nagy haszon volt az elve a tulajdonosainak, mert még nem a dolgozó nép, hanem a kiváltságos osztály jobbmódújai voltak a fogyasztók, pedig ezek már akkor is sokkal kevesebben voltak, mint a vásárlóképtelen, legnagyobbrészt nyomorban élő lakossága az országnak. A régi világnak ez a szelleme az ő korában kezdett lényegesen megváltozni, amikor az empiria helyébe a természettudományos megismerés megdönthetetlennek látszó törvényei léptek és melyeket mint közkincset, mindenkinek módjában volt elsajátítani. A természettudományok ismeretének általánosabbá válásával megindult az ipar rohamos fejlődése a nagy forgalom, kicsiny haszon, tömeggyártás, kis árak elve mellett, de egyúttal a mind kíméletlenebb verseny is, többnyire már névtelen, a bankok ellenőrzése alatt tartott részvénytársaságok alakjában.

Míg a világ iparilag fejlettebb államaiban a gazdasági élet javakat és embereket forgató ereje, a tudományos felfedezéseknek az ipar ütőerébe történő azonnali átvitele lépett előtérbe, addig hazánkban ez a fejlődés a magyar bánya- és vasiparra még az 1867-es kiegyezés után sem éreztette hatását. Még nem ismerték fel, hogy a tömeggyártás hatalmas gépszükségletét csak fejlett gépipar elégítheti ki ; ennek viszont előfeltétele az erős vasipar. De nemcsak hogy elmaradt a vasipar fejlesztése továbbra is, de még a vasipar szellemi fejlődését biztosító egyetlen felsőfokú intézményünkön, a selmecbányai Bányászati Akadémián is az illetékes kormánykörök a vaskohászati tudományok fejlesztésével alig törődtek.

Barlai Béla, a Bányászati és Erdészeti Főiskola vaskohászati tanszékének volt tanára, Kerpely szobrának az 1914. évben tartott leleplezésén elhangzott beszédében [1] mondta : „A nemzeti géniusz megnyilatkozását látja abban, hogy a tanári kar ebben a sivár időben épp Kerpely Antalt hívta meg az Akadémiára, mert égető szükségünk volt olyan férfiúra, aki ... izzó lelkesedéssel szorgos munkát varázsol a régi tespedés helyébe, aki nagy tudásával meggyőzi a vezető köröket is ... és fáradhatatlan, szinte lázas tevékenységével évtizedek mulasztását szinte napok alatt pótolja."

„Mindenütt szegénység, tudatlanság, a jobblét igényéről való teljes lemondás, mindenütt lesújtó tehetetlenség, mely az önsegélynek sem módját, sem sikerét, de még vágyát sem ismeri" írja Kerpely Antal még egész fiatalon, pályafutása kezdetén és ebben a mondatban már benne van a vasipar fellendítésének és általa elképzelt jövendő fejlesztésének vágya. „Magyar vasipart kell sürgősen kiépíteni ...", mert ebben látja a legalkalmasabb eszközt a nép jobblét utáni vágyának kielégítésére, illetve felébresztésére. Ennek megteremtésének feltételét mindenekelőtt erőteljes magyar vaskohásznemzedék kiképzésében látja. Ezért sürgeti a Bányászati Akadémián a magyar nyelvű előadások meghonosítását, és ő az elsők között volt, akik először adtak elő magyarul és kezdeményezésére ez már 1874-ig általánosan is valóra vált. Állandóan hirdette, hogy a mérnöknek le kell vetkőznie a kishitűséget, tapogatódzást, az utánzáson élő

empirikus tudást, hogy helyébe a határozott, céltudatos, a jövő sikerekben való hit, a nép iránti felelősség tudata és szolgálata lépjenek.

KERPELY ANTALnak ezen elvei már száz évvel ezelőtt figyelmeztettek a mérnöknek a nép iránti szolgálata kötelességére, mint ahogy ez a mai népi országunkban már természetes kötelességgé is vált. Míg ma minden gyermeknek általános iskolát kell végeznie, és igen nagy százaléka részesül gimnáziumi, technikumi, felsőiskolai oktatásban, addig az ő korában még az analfabétizmus dúlt országunkban és a nép egyszerű fiainak, mint amilyen ő is volt, és akik nem tartoztak a kiváltságos uralkodó osztályhoz, csak hihetetlen nehézségek árán volt lehetséges kiemelkedniük. KERPELY ANTAL is csak mérhetetlen szenvedések, nélkülözések árán mindent legyőző akaraterővel, hihetetlen munkabírással, megihletve a tudás vágyával, a tanulniakarással érte el, hogy korának egyik legnagyobb kohászmérnökévé válhatott. Már száz évvel ezelőtt hitt — korát messze megelőzve — a munkásosztály alkotó erejében, ha erős akarattal, fáradhatatlanul halad előre a kitűzött cél elérésére. Állandóan — ha nem is tudatosan — már a dialektika kutatási módszerével gondolkodott, mely a materialista elmélettel együtt csalhatatlanul a tudományos igazság megismeréséhez vezette társadalmi és természettudományi kérdésekben egyaránt. A maga területén — a vaskohászatban — így keresett új utakat, hogy utolérhesse, sőt túlszárnyalhassa a tudás hatalmával az általa annyira gyűlölt rabigát.

Ez volt a meggyőződése, hitvallása ennek az embernek, aki mint tanár tanszékét ezen eszmék fűtőhatására néhány éven belül európai színvonalra emeli, ez adta a forrását csodálatos munkabíró képességének, termelőképességének és kísérte végig életútján a fényes tanári pályától kezdve a magyar kincstári vasgyárak 1881 és 1896 között általa elgondolt reorganizációjának befejezéséig. És mindezt véghezvitte anélkül, hogy bárhonnan is hathatós támogatást, vagy az államtól segítséget kapott volna. Éles képzelőtehetségével, biztos kézzel tudta kijelölni a kiinduló pontokat és a követendő irányokat, melyre aztán teljes erejével és a céljának megnyert munkatársaival egyenesen törekedett. Munkája folyamányaképpen a hanyatlást és visszaesést a haladás és kora vasműveinek virágzása váltotta fel és bámulatra méltó energiájával előre meghirdetett életképességüket beigazolta.

Ki volt ez az ember, aki emberi szemmel mért aránylag rövid pályafutása alatt mint egy fényes meteor úgy tudta megvilágítani a mi kis egünket, hogy nemcsak halála után ötven év múlva, hanem talán századok múlva is — ha a kohászat történetéről írni fognak — nevére mint a kohászat nagy úttörőjére fognak visszaemlékezni és mint a becsületes munkásság diadalának hirdetőjére, az egyenes határozottság, az életakarás példamutatójára a majdani kartársakat emlékeztetni.

Milyen volt ennek az embernek az élete, kinek érzelem- és gondolatvilágát kitöltötte a meggyőződés és tudás hite, melyből haláláig semmi ki nem mozdíthatta, aki csak a vaskohászati tudományok eszméjének élt lelkének egész

lángoló tüzével és akiről a világ vaskohászai mint a legnagyobbjaik egyikére emlékeznek.

Élete és működése számos közlemény alapján ismert [2] [3] és így e helyen rövidre foghatom. Önéletrajza szerint 1837-ben született Kurticson, Arad megyében (tehát nem Aradon, mint egyes biográfusai tévesen megadják). Mint írja, nem örökölt sem rangot, sem hírnevet, sem jólétet. Szülei nagyon szegények voltak, korán árvaságra jutván Lugoshelyen élő rokonai nevelték szegényesen, ahogy szegénységük engedte. A rokoni segítség csak az elemi iskola elvégzésére futotta és máris magát kellett munkával eltartania, hogy egyáltalán élhessen. Először egy jegyzőhöz került, majd a jegyzőségen írnok lett, amihez szép írása és éles felfogóképessége segítette. Tizenkilenc éves korában, 1856-ban még mindig írnoki minőségben a dognácskai bányahivatalhoz került, ahol addig elvégezvén magánúton a gimnázium I—VI. osztályait (tovább már nem futotta), nagy szorgalmával, folytonos tanulásával, tudásszomjával gyorsan feltűnt. Ezek az ifjúkori évek tele voltak nehéz megpróbáltatásokkal, melyek mély nyomokat hagytak lelkében és akkor tanulta meg, hogy csak annyi siker vár reá az életben, amennyit tudásával és szorgalmával magának megszerezni képes. Ezekben az években érlelődhetett meg benne az elhatározás, hogy kohómérnök lesz, és felkészült a mérkőzésre azokkal, akiknek a tehetségükön és szorgalmukon kívül egyéb lehetőségeik is voltak az érvényesülésre. A kenyérért való küzdelem ezen évei edzették meg és tették később mintaképévé azoknak, akik munkával szereznek maguknak becsületet, mert sohasem tudott élni a boldogulás közönséges eszközeivel. Ezekben az években tanulta meg megvetni azokat, akik hízelgéssel közeledtek hozzá és élete végéig megvetette a paktálás fogásaival élőket. Érzékenysége, zárkózottsága, szűkszavúsága társaságban, bizonyosfokú merevsége mind utónyomai küzdelmes nehéz ifjúságának. És emellett egész életében megmaradt egyszerűnek, puritánnak. Már ifjúkorában megvetette az önteltséget, felfuvalkodottságot, munkatársainak felületességét. Csak azokkal szemben, akik őszintén és az igazsághoz való ragaszkodással közeledtek hozzá, enyhült meg szíve még idős korában is és ilyenkor kedves tudott lenni látogatójához.

Sorsdöntő volt jövő pályájára nézve az 1857. év, amikor az Osztrák Magyar Államvasút Társaság a dognácskai bányahivatal írnokát ugyanezen hivatal titkárává nevezte ki „a sok aspiráns bámulatára", majd néhány hónapra rá már a bécsi központi igazgatósághoz rendelik, évi 600 forint fizetéssel [3].

Rövidesen négyévi szabadságot és évi 300 forint segélyt kap a társulattól, hogy Selmecbányán elvégezhesse a Bányászati Akadémiát. Érettségi bizonyítványa nem lévén, felvételi vizsgát tesz és mint rendkívüli hallgató 1858-ban iratkozik be. Tanárainak már az első fél év folyamán feltűnik nagy tehetsége, úgyhogy a szokástól eltérően már a második félévtől kezdve mint rendes hallgató folytathatja tanulmányait, hogy befejezze 1862-ben és mint írja „öt jeles és huszonnégy kitűnővel ékeskedő abszolutoriumon kívül jeles házastársat

is vihettem magammal a vaskohászati prakszis bizonytalan, eléggé rögös pályájára". [3]

1862-ben Aninán kezdi mérnöki pályáját. „A viszonyok itt sok tekintetben a sötét földrészeken vagy új aranyterületeken keletkezett gyarmatokra emlékeztetnek ... a gyár igazgatója belga, a gyár mérnökei poroszok, mesterei, előmunkásai franciák, lengyelek, az olvasztó munkásai cigányok és csak elvétve található egy-egy odavetődött magyar. Meg is volt ennek az eredménye, hogy a gyárban a dolgok sehogysem mentek ... a rossz pályasineket még a társulat saját vasútja sem volt hajlandó felhasználni" [3]. Mikor a visszaélések egész sorát felfedte, büntetésből a vállalat oravicabányai kőolajgyárának laboratóriumába helyezik át, ahonnan 1865-ben Ruszkabányára kerül. Itt már olyan alkotásokon dolgozik, melyek nélküle valószínűleg sohase jöhettek volna létre. Nagyolvasztót tervez, épít és az addiginál jobb, tartósabb vascsöves léghevítővel — mely saját szabadalma — szereli fel, már szabadalmai vannak a vasnak foszfor- és kénszennyezőitől való megtisztítására, dolomit és magnezit falazatok készítésére, kavarópestre stb.... Közben megbízzák a Vajdahunyad—Teleki vaskőtelepek értékesítése céljából építendő vasgyár tervezésével, 1866-ban tanulmányútra küldik Németországba. Éjjelt nappallá téve dolgozik és emellett még ideje van irodalmi működésre is. Már gyakorló mérnök idejében kezdi el írni a híres „Berichte über die Fortschritte der Eisenhüttentechnik" című évkönyvet, melynek első kötete 1866-ban jelenik meg Lipcsében és melyet évi folytatásokban még 28 kötet követ pályája folyamán. Huszonkilenc éven át magyar tudós munkája tájékoztatja a világot a vaskohászat fejlődéséről! „Valami olyan páratlan jelenség ez, amelyből nemcsak KERPELY ANTALra, hanem hazájának műszaki kultúrájára is sok dicsőséget sugárzik vissza" írja COTEL ERNŐ az „MTA Matematikai és Természettudományi Értesítőjében" [4].

Már ezekben a gyakorlati években neve van. Már kitűnik nagy magyarságával, de természetének hirtelen elhatározásaival is, ha valamit igazságtalannak tart. Ez utóbbi tulajdonsága révén kerül 1867-ben állami szolgálatba, mikor is kinevezték a Rohnic-i (Kisgaram) vasgyár segédgondnokául. Erről önéletrajzában [3] így ír: „Ez elhatározásom ... hazánk akkori viszonyait nagyon szomorúan illusztrálja. A gyár nyári mulatságot tartott, amelyen STRÖBL nevű bajor igazgató összes tisztviselőivel együtt volt. Valahonnan magyar cigányok vetődtek oda, kik vígan-keservesen húzták és azután szokás szerint tányérozni mentek. Ekkor STRÖBL igazgató — igaz, hogy már kissé sörös fővel — nekem azt mondja, hogyha a cigányoknak forintot merek adni, menten elbocsát a szolgálatból. Tudják meg, hogy itt Németországban vagyunk, a gyár tulajdonosai németek, az igazgatóság, a tisztviselők legnagyobb része német, tehát nekem itt magyar erényeket ne praktizáljanak. A cigányoknak természetesen forintot adtam és azonnal felmondtam ... így jutottam rohnici állásomhoz." Ismét egy példa életéből, hogy inkább megválik állásától, mint meggyőződéséből engedett volna.

Rohnicon — mely a zólyombrézói vasgyári kerületbe tartozott — „az igazgatóságtól kezdve lefelé a gyakornokig úgy fogadtak, mint betolakodót, ki a kerület érdemes szakférfiainak régen várt előmenetelét megakadályozta". Pedig mint írja: „Megvesztegetés, csalás, hivatalos hatalommal való visszaélés, mind napirenden . . . elszomorító állapotokról tudomása volt a selmeci bányaigazgatóságnak és a m. kir. pénzügyminisztériumnak is. Hogy megszüntetésükre mindazonáltal semmit sem tehettek, annak az oka nem kevésbbé piszkos körülményekben keresendő". KERPELY ANTALnak ezek a feljegyzései élesen megvilágítják az akkori vasgyárakban uralkodó viszonyokat, hanyatlásuk, tespedésük okait és előre veti árnyékát 1881-nek, mikor neki kell majd átvennie és rendbehoznia a züllés legalsó fokára elérkezett kincstári vasgyárakat.

1868-tól 1881-ig a Selmecbányai Bányászati Akadémián mint a Vaskohászati Tanszék tanára működik. „Régen az volt a vágyaim netovábbja: tanárrá lenni az Akadémián. Irodalmi téren való tevékenységre is ez ösztönzött." 1868-cal indult meg KERPELY ANTAL pályafutásának tündöklése. Tanári működése alatt olyan munkát fejt ki irodalmi téren is, melynek alig találjuk párját a műszaki tudományok világirodalmában. Szellemének egész magasrendűsége, alaposssága mutatkozik műveiben, melyekkel és tanításának eredményességével a magyar vaskohászatot naggyá és korszerűvé fejlesztette.

Tanári hírnevével és nagy irodalmi működésével nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a Bányászati Akadémia csakhamar visszaszerezte némileg elhalványult hírnevét és a külföldi bányászati akadémiákkal szemben ismét az első helyet foglalta el. Az ő nevéhez fűződik a „Tüzeléstan" és a „Vasgyárak Telepítése" c. tantárgyak rendszeres tanításának bevezetése elsőnek a bányászati akadémiák között és 1874-től kezdve már a külföldi iskolák tanrendjében is szerepelnek ezek a Selmecbányán bevezetett tantárgyak a kohómérnök képzésnél.

Tizenhárom éven át volt tanára a Bányászati Akadémia vaskohászati tanszékének, mely idő alatt világító fáklyája volt mint tanár, kutató és szakíró a kitartó munkának és kötelességérzetnek. Kortársai csodálattal adóztak eszményeiért való lelkesedésből fakadó kötelességérzetének, és lelkes, soha nem szűnő munkásságának. Tanított és írt, mert olthatatlan tűzként hevítette egész valóját a hazai vaskohászat előbbrevitele, és fáradhatatlansága magával ragadott mindenkit.

Mint tanár nem a meddő elméleti, hanem elsősorban a gyakorlati tudományokért lelkesedett, bár az elméleti tudományok kiterjesztésének is előharcosa volt. A „Vaskohászat elméleti és gyakorlati kézikönyve" című kétkötetes munkájának 85. oldalán írja: „A tudomány minden oldalú befolyása annyira fejlődik, hogy minden művelőjétől és tanoncától a mérvadó törvények és ezek alkalmazásának alapos ismeretét követelhetjük." Tehát senki sem érezte át jobban a fontosságát és szükségességét a tiszta elméleti felkészültségnek, mint ő, aki

a gyakorlat fényes évei után került a tanári katedrára. És mégsem tétovázott hallgatóinak állandóan hangoztatni, hogy tisztán elméleti felkészültséggel eredményes munkálkodásra a gyakorlatban nem számíthatnak. „Szaktudományainkban járatlan egyének a szakképzettel szemben már azon nagy hátrányban vannak, hogy mindazon vezérlő törvényeket és szabályokat, melyek ... tudomány által advák, nem ismeri és homályba tapogatódzva nem egyszer többet árt, mint használ ... holott az, ki minden jelenségnek okairól képes magának számot adni, akkor sem jő zavarba, ha ily okokat meg kell szüntetni, vagy szándékosan előidézni."

Irodalmi téren is nem a szokásos kitaposott utakon jár, hanem megvolt benne az önálló gondolatnyilvánítás és kezdeményezés mersze. És mégis, irodalmi működését nálunk méltatták legkevésbé és ezért is kellett sok munkáját német nyelven megjelentetnie, melyeknek a külföldi tudományos körök nagy elismeréssel adóztak, felismerve írásainak nagy értékét.

Első irodalmi munkái már 1864 és 1868 között német nyelven a „Berg- und Hüttenmännische Zeitung"-ban jelentek meg, de írói munkásságának túlnyomó része tanári éveire esik, amikor egyúttal a „Bányászati és Kohászati Lapok"-at is szerkeszti és annak cikkeit csaknem egyedül írja éveken át. Egész Európában híres volt „Die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten" című két kötetes nagy munkája, mely 1873 és 1884 között jelent meg, és mint úttörő munka nagy tekintélyt hozott írójára az egész világ kohászai előtt. Másik nagy, szintén csak német nyelven megjelent 29 kötetes művét a híres „Berichte"-ket már említettem. Egyébként előbb említett műve is azért nem jelent meg magyarul, mert, mint írja, összesen nyolc előfizetőt tudott szerezni. Hasonló volt a sorsa a magyar vasiparról írt nagy összefoglaló monográfiájának is, mely magyarul csak részleteiben jelent meg a „Bányászati és Kohászati Lapok" hasábjain és 1872-ben Selmecbányán „Das Eisenhüttenwesen in Ungarn" címmel saját kiadásában németül jelenteti meg. Az eredmény az volt, hogy külföldön műve kb. négy hónapon belül elfogyott. Összesen mintegy tizenöt könyvet írt és százon felüli a különböző szaklapokban megjelent közleményeinek száma.

Az MTA a Marcibányi-díjjal tüntette ki „Magyarország vaskövei és vasterményei" című könyvét 1874-ben, mely 1877-ben német nyelven is megjelent. Ebben a munkájában „Vasiparunk alapfeltételeinek olyan hű képét igyekeztem adni ... amilyet eddig más országról adni még senkinek sem sikerült", írja könyve előszavában.

A Tudományos Akadémia székfoglalója gyanánt 1877. november 5-én mutatja be a III. osztály ülésén a „A vas kémiai alkata és keménysége közötti vonatkozások" című munkáját, melyről TETMAJER kartárs fog a mai ülésünkön megemlékezni, éppúgy „A vaspályasinek főbb tulajdonságaira vonatkozó kísérletek és tanulmányok" című 1878-ban megjelent nagy feltűnést és elismerést keltő munkájáról is. Ez a munkája az ő korában korszakalkotónak volt tekinthető. Mint az MTA kiadványa jelent meg 1880-ban „Adatok a Martinacél tulaj-

donságainak ismeretéhez" című munkája, továbbá „Az acél megkülönböztető jelei" és „A magyar vasipar" című munkája 1884-ben, utóbbi már mint a kincstári vasművek vezetője tollából. Ha tekintetbe vesszük, hogy minden munkájához a számtalan ábrát is ő maga személyesen rajzolta — ha pedig beteg volt, ágyában egy kis önmaga készítette rajztáblán — rajzolt és írt, bámulattal kell adóznunk írásművészete iránt és hogy gyenge szervezetével hogyan bírta ezt a rengeteg munkát alig 13—14 éven belül elvégezni.

A bécsi kiállításról 1874-ben írt munkájának kiadási költségeit maga viselte, mert ez irányú kérelmeit mind a Pénzügyminisztérium, mind a Bányászati Akadémia elutasította. „Pedig én voltam az egyedüli a tanári karban, aki tapasztalataim közlésével, fáradságos, költséges munkát végeztem." [5] Épp ekkor, 1874-ben hívták meg a szászországi freibergi Bányászati Akadémiára, az akkor szervezett vaskohászati tanszék tanáraként igen kedvező feltételek mellett és megkapta a kinevezést is. A freibergi akadémia 1874/75. évi tanrendjében tanórái már bennfoglaltattak. „Lakás stb. már mind megvolt." És mégis meggondolja magát és lemond erről a lényegesen nagyobb jövedelmet biztosító állásról. Nem tudott elszakadni külföldre, bármilyen csábító volt is az, nem engedte magyarsága, nem engedte lelkiismerete és túlfeszített idegzetének gyógyíttatása után folytatja itthon megkezdett munkáját.

Külön ki kell térnem élete nagy fordulójára, 1881-re, mikor fényes tanári pályájának közepén, 44 éves korában átveszi a kincstári vasgyárak vezetését, miniszteri tanácsosi minőségben. Sok vita folyt és folyik még ma is afelett, hogy „vajjon mi késztette KERPELY ANTAL-t, hogy otthagyja elismert eredménnyel betöltött tanári és irodalmi pályáját, lemondjon a világát képező tudományos működésről, hírnévről és otthagyja munkásságának legjelesebb és legtevékenyebb területét" kérdezi első biográfusa, SOBÓ JENŐ halálakor írt megemlékezésében [6]. COTEL ERNŐ szerint [7]: „Úgy látszik, hogy azok a szálak, amelyek a vasipari gyakorlathoz fűzték, erősebbek voltak, mint talán maga is szerette volna. Mert hogy az új munkakör nem szerzett neki annyi igazi lelki örömet, mint a professzorság és az írói működés, abban nem lehet kétségünk." Látszólagos elkedvetlenedése sem lehetett oka, hiszen mindent elért, álmait valóra tudta váltani.

Egyik forrás szerint [8] „KERPELY azért vált meg az akadémiai tanárságtól, mert a tanárság mégis csak köteléket jelent, amelyből nem lehet bármikor bárhová tetszés szerint távozni . . . KERPELY mozgáshoz és utazáshoz szokott ember volt, és . . . ezért cserélte fel talán a prominens akadémiai professzori állást a budapesti vezérigazgatósággal. "KAIL JÓZSEF kohómérnökkel, ki még tanítványai körébe tartozott, a harmincas években még sokat vitatkoztam e kérdésről. Szerinte és véleményem szerint is KERPELY ANTALnak el kellett fogadnia a felkínált állást, mert egyrészt állandóan hangoztatta könyveiben, előadásaiban, hogy a kincstár felelős a vasgyárakban uralkodó állapotokért, és utalt az utakra is, hogy hogyan lehet ezeken az állapotokon változtatni;

tehát önmagát dezavuálta volna, ha SZAPÁRY pénzügyminiszter megbizatásának nem tesz eleget. „Sokáig haboztam. Bizalmasaimmal Selmecbányán tanakodtam és végre arra a meggyőződésre jutottam, hogy a kitüntető megbizatást okvetlenül el kell fogadnom ... mert ha visszautasítom, én, aki annyira kikeltem a kincstári vasgyárak gazdálkodása és elmaradottsága ellen, jogosan azt a gyanút kell hogy felkeltsem, mintha nem éreznék bátorságot a gyakorlat terén megvalósítani a papiroson több ízben hangoztatott reformokat." [9] A másik ok szerintem, mely ezen nehéz elhatározására késztette, hogy Selmecbányán két felesége meghalt és a második házasságból 1880-ban egy hatéves kisleánya maradt, ezért 1881-ben újra megnősült és családja nyomására is engedett, hogy a tanári állástól megváljon és Budapestre költözzék. BARLAI BÉLA professzor szerint is [10]: „bár tagadhatatlan, hogy a tudományos szakirodalom kimondhatatlan kárát vallotta e változásnak, de ha helyes beállításban szemléljük KERPELY ANTAL életfeladatát, be kell látnunk, hogy nem cselekedhetett másként, mert azt az épületet, amelyet oly szilárdan megalapozott, be is kellett tetőznie". Ezzel megszűnt lelkének ideálok utáni szabad szárnyalása, megszűnt irodalmi alkotómunkája a „Berichte" kivételével, mert 1882 és 1896 között már csak ritkán találkozunk cikkeivel. Minden idejét az állami vasművek reformjának keresztülvitelére fordítja, azokat átszervezi, részben átépíti. Kemény kézzel, biztos felsőbbséggel intézkedik, kiforgatja a vasgyárak régi adminisztrációját a lassúságból, a nemtörődömségből. Le kell győznie a hatalmas ellenkezéseket, amit intézkedései eleinte kiváltanak, de a számtalan nehézség dacára még csak el sem csügged. Minden lépését először munkatársaival átbeszéli és sohasem cselekedett elhamarkodva. Ezt az embert a tizenöt év — amíg a vasgyárak élén volt — acéllá edzette, hajthatatlan volt, ha valamit helyesnek talált, és bár nehezen, de engedett, ha meggyőzték, tehát nem volt merev jellem. Munkatársait, kiket biztos kézzel választott ki, fáradhatatlan kitartásra buzdította, miután előbb megnyerte őket céljainak. És az állami vasművek 1896-ban — mikor nyugalomba vonult — újra életképesek, és azzal a tudattal mehetett nyugdíjba, hogy jó munkát végzett, jól sáfárkodott a nemzete részéről reábízott vagyonnal.

Sok csapás érte családi életében is és mégis mindig ott volt az élet forgatagában, miután jellemének csodálatos erejével sáncolta magát körül. Ez is egyik oka, hogy feladatát befejezhette és ellenállhatott ellenségei támadásának.

Természetes, hogy aki ilyen nagy, szinte csodával határos életet élt, hibázott is, de ezek már mind eltörpültek életében, arányítva nagy alkotásaihoz. Az MTA főbizottságai a mai emlékülésükön büszkén és hálásan emlékeznek KERPELY ANTAL levelező tagra, ki világító fáklyaként fejlesztette messze korát megelőzve a vaskohászat tudományát, számtalan elismerést, kitüntetést hozva hazájának, de önmagának is.

Maradjon a jövő kohász nemzedékeinek, kik komolyan és szeretettel szentelik majdani életüket a kohászati tudományoknak, eszményképe KERPELY

ANTAL, merítsenek ihletet és kitartást életéből kohómérnöki hivatásuk betöltéséhez. Amíg az emberiség boldogítására vasat és acélt fognak olvasztani, e nagy nemzeti géniusznak emléke élni fog a kohászat történetében, mert id. KERPELY ANTAL volt és marad minden idők egyik legnagyobb kohásza.

IRODALOM

1. Bányászati és Kohászati Lapok, 1914. évf., 11. szám
2. Bányászati és Kohászati Lapok, XL (1907), 193/200. o.
3. Bányászati és Kohászati Lapok, XLIX (1916), 193/206. és 227/241 o.
4. MTA Matematikai és Természettudományi Értesítője, LVI (1937), 695. o.
5. Bányászati és Kohászati Lapok, XLIX (1916), 233. o.
6. Bányászati és Kohászati Lapok, XL (1907), 199. o.
7. MTA Matem. és Természettud. Értesítője, LVI (1937), 689. o.
8. Bányászati Lapok, 1956. évf., 8. szám, 508. o.
9. Bányászati és Kohászati Lapok, XLIX (1916), 235. o.
10. Bányászati és Kohászati Lapok, 1914. évf., 11. szám.

ID. KERPELY ANTAL, A KOHÓMÉRNÖK*

TETMAJER ALFRÉD

A vaskohászat szellemi nagyságai között id. KERPELY ANTAL az első sorban foglal helyet. Méltán. Nemcsak saját korának volt kimagasló szellemi értéke, hanem az maradt nemzedékek múltán a mai kor műszaki világa részére is.

Hálás témának tetszik őt, a nagy vaskohászt, mint mérnököt méltatni és ez mégis nehéz. Nehéz, mert szelleme kezdettől végig hármas összefonódottságban nyilatkozott meg élete munkájában. Benne az alkotó mérnök, a ragyogó képességű professzor és az éles ítélőképességű kutató tudós nehezen különíthető el egymástól. Ezt a hármasságot kivételes erkölcsi tulajdonságok forrasztották megkapó egységbe, példaképül szolgáló szakmabeli önzetlenség, céltudatos és nem ernyedő használniakarás a nagy közösség, a magyar haza iránt és lebírhatatlan küzdenivágyás a műszaki haladás érdekében.

Ezek az adottságok és jellemvonások emelték KERPELY ANTALt arra a szellemi magaslatra, ahol már a maga útját járhatta, ahol meggyőződéssel és férfias eltökéltséggel követhette élete vezérgondolatát, azt, amelyhez végig hű maradt: „A munka nemesíti az embert." A munka, amiben soha el nem fáradott. A munka, amelynek sikeres elvégzése nála egyet jelentett egy újabbnak megkezdésével. A dinamikus szellemek nyughatatlan induktivitása űzte, hajtotta őt megpihenés nélkül előre, mindig tovább a műszakilag tökéletesebb felé.

Ez jellemezte őt már fiatal mérnök korában. Bekerül egy üzembe, ahol a selmecbányai Alma Materen bőségben és alapossággal szerzett ismeretei birtokában kezdettől fogva nem azt tekinti fő feladatának, mint általában a kezdő mérnökök, hogy megismerkedjék és megbarátkozzék az üzem berendezéseivel, hanem mindjárt műszaki kritikával szemléli azokat. Azzal a szemmel, mely azt keresi, hogyan lehetne ezt, vagy amazt műszakilag jobban megoldani. Nem is kell nagyon csodálkoznunk azon, hogy ilyen beállítottsággal és fejlett mérnöki érzékkel a még nem is harminc éves fiatalember neve széles szakkörökben ismertté vált vasból készült léghevítő szerkezete révén, aminek üzemi

* A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Kohászati és Műszaki Tudománytörténeti Főbizottságainak 1957. december 2-án id. KERPELY ANTAL halálának 50 évfordulója alkalmából tartott ünnepi ülésen elhangzott előadás.

rugalmassága és jó hatásfokú hőcseréje csak KERPELY szerkezetét követő több mint 60 év múltán érvényesült teljes mértékben. Akkor, amikor már a hőálló acélok és hőálló öntött vasak ismertekké váltak és alkalmazásuk nagy sikerrel járt sokféle kohászati kemence léghevítőjében, rekuperátorában. KERPELY már a múlt század hatvanas éveiben meglátta a helyes műszaki elvet és a hőkicserélés fokozott gazdaságosságának módját.

Irányt mutatóan hirdette, hogy „csak bányászatot és különösen vasipart ápoló országban verhet gyökeret a nagyipar". Ebben a nagy összefüggéseket látta meg olyan időben, amikor a nemzetgazdaság és a politikai vezetés még egyoldalúan azt vallotta, hogy agrárország vagyunk és a mezőgazdasági kultúra fejlesztésével kell törődnünk. KERPELY nem fordult szembe ezzel a törekvéssel, de emellett kellő helyet követelt a nemzet gazdálkodásában a vasipar számára.

Persze KERPELY ANTAL a vasiparban nem tucatipart látott, mint akkoriban sokan, hanem közgazdaságunk egyik igen fontos ágát, melynek felvirágoztatása szellemi és erősen magyar érzelmi világának is legbensőbb ügye volt. Belőle a nagy célkitűzések megvalósításáért harcosan küzdő kiváló kohómérnök beszél, mikor 1885-ben egy illusztris testület előtt elégtétellel és a vasipar továbbfejlesztése irányában buzdító célzattal ezt mondja: „... vasiparunk függetlenné tételére nem riadtunk vissza azon áldozatoktól sem, melyekkel új iparágak meghonosítása járni szokott. Öt év óta 10 új iparágat létesítettünk vaskohóinkban s a siker, melyet azokkal elértünk, eléggé tanúskodik e téren nagykorúságunkról. Hogy példákat említsek, hivatkozom a salgótarjáni kocsitengely-, drót- és drótszeggyártásra, továbbá a nádasdi hullámzott lemez gyártására; a Rhónicz-Brezován (Zólyom-Brézón) berendezett vont és hengerelt csövek gyártására, sajtolt kazánfenekek készítésére, zománcozott pléh és öntött vas edények gyártására; a kudsiri öntőacél (tégelyacél) és kaszagyártásra, a diósgyőri és kudsiri alakos acélöntvényekre stb. és ezen új berendezésekről szerénytelenség nélkül elmondhatom, hogy mintaszerűek."

„Ezek után" — mondja továbbá — „kétségbe sem vonható, hogy a magyar kohóipar nemcsak életképes, hanem további fejlesztése és terjesztése tekintetéből a leghathatósabb támogatásra méltó, nemzetgazdasági szempontból már azért is, mert az (imént) előadottak szerint munkamozgalmaival és iparpiaci forgalmával évenként 34 millió (osztrák értékű) forintnyi pénzforgalmat közvetít."

Ami fontos nemcsak a nemzeti jövedelem nézőpontjából, hanem azért is, mert: „Hazánk vasiparában — értve az összes vasgyárakat, vaskőbányákat, szénégetéseket és közvetlenül a vasgyárakhoz tartozó kőszén- és barnaszénbányákat — 30 000 munkás veszen tevékeny részt."

Rá kell arra világítani, hogy KERPELY ANTAL elgondolásai a vaskohászat fejlesztéséről szilárd és megbízható anyagi megalapozottságra épültek. A nagyképességű kohómérnök először számba veszi a vaskohászat legfontosabb alapanyagát, ahogyan ő gyökeres magyarsággal nevezi: a vaskövet. (Bár mi is

megint bevezetnők ezt a szép magyar kifejezést a németből torzul gyártott vasérc = Eisenerz helyett.)

Bányásznak is díszére váló alapossággal összegyűjti a magyarországi vaskőtelepek adatait, megadja az előfordulások akkor ismert nagyságát, lelkiismeretes mérnöki gondossággal közli a vaskövek teljes kémiai összetételeit, melyek jó részét maga készítette vagy helyességüket ellenőrizte. Közli továbbá a vaskőféleségek legjellemzőbb kőzettani adatait, kohósítási előkészítésük legfontosabb módszereit, megadja bennük a savak és bázisok viszonyát és kiszámítja még azt is, hogy körülbelül mennyi salakképzővel lehet őket legkedvezőbben kohósítani. Mindezt, mint maga mondja, azért is teszi, hogy a „legnyakasabb empiricust" is rávigye a tudományos műszaki munka útjára. (Szóban forgó kitűnő művét „Magyarország vaskövei és vasterményei" címmel, mint fiatal selmeci professzor alkotta.)

Ezt követően számba veszi a kohászati ipar másik létalapját, a magyarországi szénkincset, és megállapítja, hogy a szénelőfordulások közül melyeknek települési helye esik földrajzilag úgy, hogy szenüket a kohóipar gazdaságosan, minél csekélyebb szállítási költséggel használhassa a kohászati műveletekhez.

Ugyancsak számba veszi az ország erdővagyonát, kijelöli ebből a kohászati faszén termelésére szóbajövő erdőterületeket és a szénfa-állomány megújhodása révén évenként kitermelhető kohászati faszén mennyiségét. Számításainak eredménye gyanánt élesen látón körvonalazza, mely területeken tartható meg a faszenes nyersvasgyártás, persze az akkori termelési viszonyok alapulvételével.

A nagy összefüggéseket felismerő fiatal kohómérnök éppen csak 33 esztendős, nem is az iparban működik, hanem a m. kir. Bányászati Akadémia nemrég kinevezett tanára, mikor már olyan tanácsot ad a szepességi kohóműveknek, mely döntő módon gazdasági létüket vagy nemlétüket érinti. Erről KERPELY ANTAL 15 évvel később így ír: „A Szepesség 7 faszenes olvasztója nemcsak számra, hanem sikerképességre nézve is jóval mögötte áll a gömörmegyeieknek s attól tartok, hogy tüzelőanyag hiány miatt nagyobbára el fognak enyészni, *ha csak már 1870-ben adott tanácsomat* nem követik, azaz birtokosaik nem egyesülnek és egyesült erővel oda nem törekszenek, hogy a Kassa—Oderberg-i vasút mentében a vaskohászat jelen követelményeinek megfelelő *koksztüzelőre* berendezett nagyobbszerű olvasztótelepet létesítsenek" (Magyarország vasipara az országos kiállítás idejében, 1885). Ez a „nagyobbszerű olvasztótelep" létesült is, de jó későn, Krompachon a Hernád mellett. Mennyivel jobban jártak volna az érdekelt iparvállalatok, ha KERPELY tanácsát késlekedés nélkül megfogadják.

KERPELY műszaki vizsgálódása természetesen kiterjedt a kohászatnak nálunk akkortájt elterjedőben levő tüzelőszerére a kokszra és alkalmazására is. Hiszen Likéren (Gömörben) már 2 kohó évi 40 000 t összes nyersvastermeléssel, Resiczán (Krassó-Szörényben) pedig 1 kohó évi 20 000 t nyersvastermeléssel koksszal jár, ami az évi 241 800 t nyersvastermelésnek kb. egynegyed része.

KERPELY ANTAL, akit a kohászat és a kohászati ipar életképességének biztosítása kohómérnöki pályájának kezdetétől fogva műszakilag és gazdaságilag egyaránt foglalkoztat, helyesen mutat rá már mintegy 75 év előtt, hogy a Magyarország északnyugati területén fekvő kohók kokszigényét a földrajzi távolságot tekintve elég közeli Morvaország (és Szilézia) kokszműveiből kell kielégíteniük. Míg az ország délkeleti részén folyó nyersvasgyártásnak — a még elég bőven rendelkezésre álló faszénen kívül — főleg az aninai és resiczai kokszra kell támaszkodnia.

Nagyon figyelemre méltó KERPELY gondolata, hogy tekintettel aránylag csekély belföldi kokszolható szénvagyonunkra, a pécsi szénből gyártott kokszot is a délkeleti országrész nyersvasgyártása részére lehetne biztosítani. A Pécs környéki kokszgyártásról egyébként így ír 1885-ben:

„A pécsi nagyterjedelmű telepek kőszene nagyrészt jól kokszolható ugyan, de nagyobbmérvű kokésztermelést meghiúsít a nagy (vasútszállítási) távolság, vasolvasztó kerületeinktől" (akkoriban Budapesten keresztül Erdélybe). „A pécsi bányaterületen van 22, a mecsek-szabolcsin 40 kokszkemence (Gobiet és Haldy-féle), melyek azonban rendesen nincsenek mind működésben. Az évi termelés utóbb átlag 38 000 q s nagyobbrészt Karinthiába (Prävali) és Stájerországba adatik el."

Kétségtelen, hogy KERPELY ANTALT, a kohómérnököt legjobban a nagy kohászati kérdések és problémák kötötték le, de téves lenne azt hinni, hogy a csekélyebb jelentőségű dolgokra nem terjedt ki figyelme, mert még aprólékos kohászati mozzanatok is kritikai érdeklődést keltettek benne.

Ilyen aprólékos mozzanat megfigyelésének volt az ő kezdeményező szellemére az a közvetítő hatása, hogy értékes tanulmány született belőle, amit 1879-ben a Magyar Tudományos Akadémiának is benyújtott. A tanulmány címe „Az acél megkülönböztető jelei" és keletkezéséhez elég volt a mérnöki meglátásnak pillanatnyi felvillanása is, amiről tanulmánya végén maga a szerző ezt mondja:

„Donawitzon (Styria) meleg törőpróbának vetik alá a pénzverő acélt, amelynek kellő szívósság mellett nem szabad a nyomás alatt fejlődő melegben nagyon megváltoztatnia a szövezetét. *Néhány melegtöret, melyet Donawitzon láttam, indított a jelen tanulmány megtételére.*"

Ebben a tanulmányban olyan következtetésekre jut a gyakorlati folytacélgyártás módszere területén, amelyeket a mai kor kohómérnöke is maradéktalanul helyesnek ismerhet el: „... a hőmérséklet fokozódása a frissítés alatt és különösen a műfolyamat vége felé, olyan segédeszköz gyanánt tekinthető, mellyel az öntőacélhoz (tégelyacélhoz) hasonló magatartású — és remélem hasonló jóságú — terméket előállítani hatalmunkban van".

KERPELY meglátja, hogy az acél gyakorlati minőségvizsgálatát ki kell terjeszteni a szövet vizsgálatára is, mondván: „Minőségbeli állapot kipuhatolására szakító, nyújtó vagy rugalmassági próbákhoz folyamodunk vagy empyricus

úton kovácsoló, forrasztó, edző, hajlító, lyukasztó vagy ütőpróbákat viszünk véghez, *de ezek mégsem eléggé biztosak, mert nem engednek eléggé mély betekintést a megvizsgált anyag belső természetébe.*"

Mint gyakorlati mérnök tanulmányában rámutat a folytacélgyártás gyermekkorában arra az érdekes tényre, hogy már akkor alkalmazták a duplex eljárást elsősorban minőségi meggondolások alapján. Erről azt írja, hogy: „Raffinált Bessemer-acélt (0,4% C, 0,212% Mn, 0,5% Si, 0,04% S, 0,004% P-0,022% Cu) Neubergen (Styria) úgy készítenek kívánt esetben, hogy a converterben nagyrészt decarbonizált tömeget visszacarbonizálás előtt a Siemens-Martin acélpestbe öntik és itt a kívánt keménységig végig kezelik."

KERPELY ANTAL, a kohómérnök esküdt ellensége volt az akkor sokhelyütt dívó és túlburjánzó üzemi empiriának és a naiv titkolódzásnak. Az empiria helyett a tudományos műszaki megismerést jelölte meg elérendő célul és felfogására jellemző az a kijelentése, amit Dr. COTEL ERNŐ idéz 1937-ben, születésének 100 esztendős fordulójára emlékezve: „A behatolás a vas belső természetébe kétszeresen hálás munkát jelent, mert az ember így egyfelől a tudományt, másfelől meg a vasipart szolgálja." Nagyon igaz az is, amit COTEL mond róla, hogy KERPELY lelkes előharcosa volt a technikai kultúrának és már a maga idejében felismerte, hogy „a vasipar úttörője minden más iparnak".

És mikor KERPELY ANTAL, professzori székét odahagyva, a gyakorlati vaskohászat vezetői közé állt, nem lépett idegen területre. Nem lépett idegen területre, mert professzori hírneves működése idején is állandó szoros kapcsolatban volt a gyakorlati kohászattal. Mint professzor ajánlja 1872-ben az állami vasművek jobb foglalkoztatása és a gazdaságosabb termelés érdekében, hogy a Magyar Államvasutak vasúti talpfa helyett vastalpak használatát vezessék be.

A vasúti sín tartósságának fokozása kérdésében KERPELY megállapítja, hogy a tartósság függvénye az acél keménységének, azonkívül pedig az acélanyag tömörségének és egyneműségének. Akadémiai székfoglaló előadásában (1877) is síkraszáll, vizsgálataira támaszkodva, a nagyobb C-tartalmú, ennélfogva keményebb sínacél mellett. Egyúttal határozottan állást foglal a forrasztott acélból készült sín használata ellen és a folytacél (Bessemer vagy Martin) sín bevezetése mellett. A folytacélok tömörsége és egyneműsége, mint mondja, olyan tulajdonságok, melyek meglassítják a kopást és megnövelik a sín tartósságát.

Ez irányú önzetlen és megalkuvást nem ismerő küzdelmének jelentős megnyilatkozása az a tanulmánya, melyet „A vaspálya-sínek főbb tulajdonságaira vonatkozó kísérletek és tanulmányok" címen írt és amely feltűnően tökéletes nyomdai kiállításban „Selmeczen nyomatott Joerges Á. özv." neves könyvkiadónál 1878-ban.

A tanulmánynak érdekes előzménye volt, mely élénken rávilágít KERPELY ANTALra, a műszaki haladás energikus harcosára. Őt, mint a kohászati tudomány Európa-szerte ismert és elismert művelőjét és a gyakorlati kohászat kiváló

szakemberét kinevezték tagul abba a bizottságba, melynek feladata volt véleményt mondani a folytacél sínek bevezetéséről.

A bizottság 1876 szeptemberében Brezován (Zólyombrezón) gyűlt össze elég gyatrán és elég célzatosan (a régi megtartása mellett) előkészített kísérletsorozat elvégzésére. A kísérletek nem jártak egyértelmű eredménnyel sem a megszokott régi, sem az ajánlott új mellett. Így hát bizottsági közös vélemény nem alakult ki és a szakvélemény elkészítése egyre késett. Elodázással akarták a problémát feledésbe ejteni. Ezt tapasztalva, KERPELY ANTAL a zólyombrézói kísérleteket saját kísérleteivel kiegészítve 1878-ban közre adta előbb említett tanulmányát, mely eldöntötte végre a kérdést a folytacél anyagú vasúti sínek javára.

A döntést halogató miniszteri bizottság felé a keserű és hatékony pilulát KERPELY az alábbi udvarias, de kényszerítő ostyába csomagolta :

„A bizottság még nem mondotta ki ugyan véleményét, de meg vagyok győződve, hogy az *illetékes szakvilág*" (vagyis a haladó kohászok) „általános meggyőződésének befolyása alatt, nem fog a forrasztott vas sínek mellett pártolólag hangzani. Az öntött tuskókból készült ún. acélsínek előnyeit a forrasztott vas sínek fölött kétségbe vonni többé nem lehet."

Ilyen volt id. KERPELY ANTAL, a kohómérnök. Példaképül szolgált kora kohásznemzedékének és nemzedékek letűnte után példaképül szolgálhat nekünk is.

AZ ÓBUDAI SELYEMFILATÓRIUM*

ENDREI WALTER

[Beérkezett 1957. december 19-én]

A gyáralapítások osztoznak más emberi alkotások sorsában. Van, amelyik fennmarad évszázadokon át, gyarapszik és híre nő; van, amelyik hamarosan bontócsákány martaléka lesz és csak emléke marad fenn. De akad olyan is, amelyik — bármely bőkezűséggel hívták is létre — egy emberöltőt sem ér meg, nevét és helyét feledik és csak egy dűlőnév őrzi emlékét.

Ilyen példa fővárosunkban a Filatori-dűlő elnevezés. Ezt legtöbben egyszerűen a Filatori-gáttal hozzák kapcsolatba, holott az nyilvánvalóan későbbi eredetű, egyesek pedig megtoldják azzal, hogy a gátat Filatori nevű olasz mérnök építette [1]. Kevesen tudják, hogy a szó a latin „filatorium" (fonoda) származéka, de ezek is a Miklós téri legendás „Rundell" épületével hozzák kapcsolatba, amely — ha fonoda nem is — de csakugyan selyemgombolyító volt.

Pedig ez a név az ország első valóban nagyszabású gyáralapításának emlékét idézi fel, de mivel egyetlen tégla sem maradt fenn ebből az ötemeletes létesítményből, egyetlen rajz a maga korában korszerűnek dicsért gépi berendezésből: illő, hogy történetét felelevenítsük és megkíséreljük gépeinek rekonstrukcióját.

Ez a feladat azért látszik különösen érdekesnek, mert megoldásától a tárgy egyetlen ismerője és feldolgozója, GARÁDY SÁNDOR [2] mérnök létére visszariadt. Reméljük továbbá, hogy az alábbiakban nyújtott rekonstrukció alkalmas lesz a fonás gépesítésének kérdését is új megvilágításba helyezni.

Az óbudai filatóriumról már a XIX. sz. elején is csak mende-mondák maradtak fenn. Ezek a későbbi feldolgozóknak oly fantasztikusnak tűntek, hogy ténybeli adatait is kétségbevonták. Így pl. SCHÓBER [3] azzal utasítja el a hagyomány szerint helyesen 4240 orsóban meghatározott cérnázó parkot, hogy az nyilván íráshiba, mert egész Magyarországon 1914-ben nem volt ennyi selyemorsó. Mások Mária Teréziának tulajdonítják alapítását és Lipótnak róják fel terhéül elhanyagolását. Pedig jellegzetes jozefinus elgondolás ez a műszaki kolosszus, méltó párja a pesti Újépületnek; csődje azonban kivételesen egyik Habsburg-

* Részletek az MTA 1957. évi műszaki tudománytörténeti pályázatán díjat nyert munkából.

nak sem róható fel, hibás méretezés okozta a csendben eltussolt műszaki botrányt, mint azóta is számos alkalommal a hazai technikatörténetben.

A szövevényes ügy kibogozása csak levéltári kutatással valósulhatott meg. A levéltári anyag készséges rendelkezésre bocsátásáért az Országos Levéltárnak, zárt könyvanyagába való betekintés engedélyezéséért az Országos Műszaki Könyvtárnak ezúton fejezem ki köszönetemet.

Az óbudai filatórium rövid története

Nem itt van a helye, hogy kiigazítsuk azokat a téves nézeteket, amelyek a magyarországi selyemtenyésztés megindulása és első félévszázadának történetéről elterjedtek. Kétségtelen viszont, hogy 1765-ben is csak 185 font volt az ország egész termelése [4] és csak a hetvenes évek során indult meg az a fellendülés, amely a nyolcvanas évek közepén esztendőnként 12—13 000 font legombolyított selyem termelését tette lehetővé.

Lehetséges, hogy a tenyésztés terén az elsőség PASSARDI nevéhez fűződik, hogy MERCY tábornok érte el az első nagyobbszabású eredményeket, de a selyemipar megalapozása SOLENGHI műve [5]. Az ő kormánybiztossága idején kezdődik meg az eddig gubóként kivitt nyersselyem feldolgozása, létrejönnek a pancsovai, temesvári, verseci gombolyítók, az apatini fonóiskola, az eszéki filatórium és egy sereg selyemszövöde, köztük a 100 székes Valero-gyár (1776). Nem kétséges, hogy a kamarai tulajdonban levő selyemfonóipari létesítmények mellett magánkézben levő gombolyítók [6] és kisebb filatóriumok [7] is léteztek a 70-es évek végén. A gubótermelés gyorsan növekvő eredményei arra késztették SOLENGHIt, hogy már 1777-ben második kamarai filatórium felállítását javasolja [8], mert az elraktározott selyem elértéktelenedése érzékenyen sújtja a kincstárt. Ez idő tájt a fonatlan selyem ára az organzinénál 40%-kal, a trámáénál 20%-kal olcsóbb [9]. Két esztendővel később már igen nagy tételek hevertek el, ami köztudomásúan a hulladékarány elkerülhetetlen növekedésével jár. Ha figyelembe vesszük, hogy a mai rendita-forgalmunkhoz képest lényegesen gyengébb volt a hozam [10], és a cérnázásnál további 6% veszteséggel számoltak [11], akkor érthető a drága nyersanyag miatti aggódás. 1779-ben SOLENGHI sürgetően megismétli javaslatát, indokolását még kiegészíti azzal, hogy a folyton szaporodó óbudai gyárosokat nem lehet fonott orsoglio-selyemmel ellátni, amiből mind nekik, mind a kincstárnak kára származik [12].

Itt merül fel első ízben Óbuda neve. Míg az első szövőüzem tulajdonosai VALERO István és Tamás, még MERCY idejében a Bánságba hívott spanyol család sarjai, addig az első óbudai selyemgyárosok, BEYWINKLER JÓZSEF és HÖPFINGER JAKAB, bécsi iparosok. Ők is délre, mégpedig Eszékre igyekeznek, de végül Óbudán létesítenek szövödét, a volt urasági kastély (Zichy-kastély)

kerti termében és üvegházában (1777). Ugyanakkor FRAST (Först?) Péter selyemfestödét állít fel ugyancsak állami támogatással és talán a későbbi selyemgombolyító épülete melletti házban már működik egy selyemgombolyító [13]. Végül érdekes, hogy a Valero-gyár vevői között — 2 bécsi, 5 pesti és 1 budai mellett — 6 óbudai selyemszövetkereskedőt találunk [14].

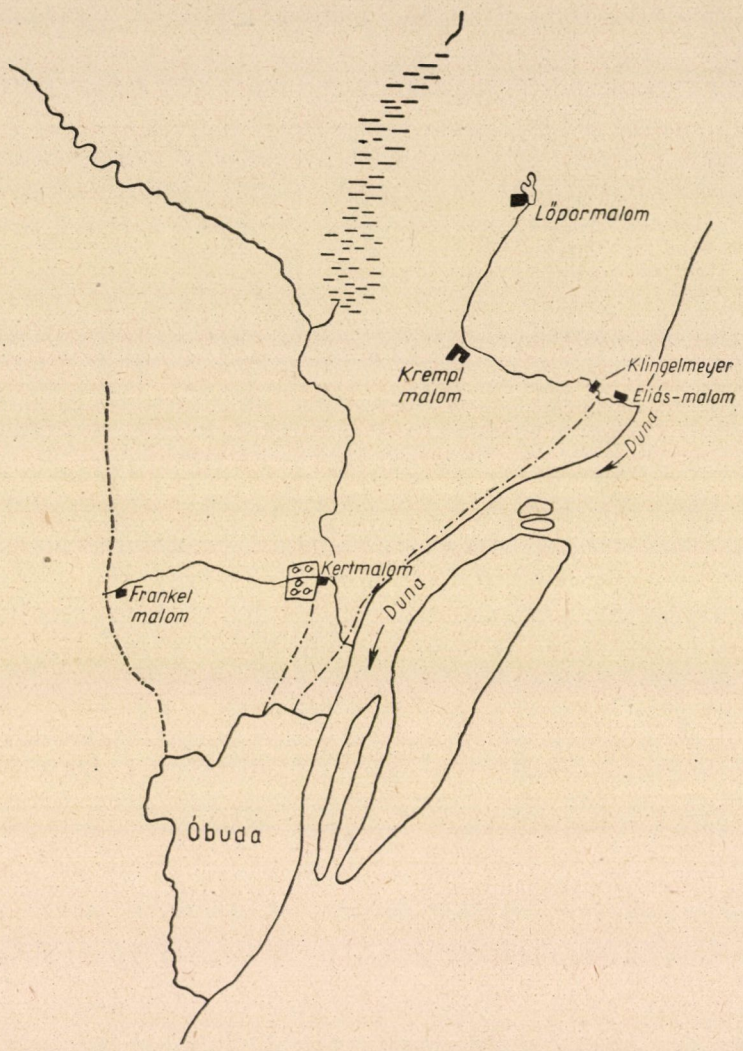
Óbuda ekkor már 6000 lakosú városka, amelynek Budához és Pesthez való közelsége miatt mind ipari, mind kereskedelmi téren komolyak az esélyei. Hogy azonban filatórium építése szempontjából is számításba jöhessen, ahhoz egy további fontos feltételnek is eleget kellett tennie. Állandó vízállású, erős esésű vízfolyással kellett rendelkeznie, mert ezúttal korszerű elgondolásban egyetértett az éppen trónralépett uralkodó, II. JÓZSEF olasz kormánybiztosa, SOLENGHI KÁROLY, és a vállalkozó szellemű üzletember, az olasz FACHINI PÁL: teljesen gépesített üzemet terveztek.

FACHINI ugyanis, akit SOLENGHI már 1764-ben hívott Olaszországból Bécsbe, 1779-ben javaslattal élt, mely szerint az összegyűlt nyers és fonott selymet szabott árakon felvásárolja a magyar kamarától [15]. Nem tudni, hogy valóban a megajánlott árak potomsága folytán került-e ismét előtérbe a második filatórium terve, de tény, hogy ugyanakkor már komoly alakot ölt, amiben FACHINInek is része van [16]. Az, hogy az óbudai filatórium a később létesültekhez képest is nagyszabású, olasz viszonylatban is jelentős létesítmény volt, kiviláglik BLASKOVITS selyemipari felügyelő 1793-ban elhangzott véleményéből [17]. Ebből valószínű, hogy a többi filatóriumot emberi erővel hajtották meg, tehát legfeljebb néhány száz orsót működtetett [18]. Ma már nem állapítható meg, hogyan esett a választás Óbudára, de már 1780. augusztus 6-án helyszíni szemlén vizsgálja meg az e célra kiküldött bizottság a telepítés legalkalmasabb körülményeit.

Ismerjük KNEIDINGER ANDRÁS 1778-beli Óbuda-térképét [19], melynek az ügy szempontjából fontosabb pontjait 1. ábránk szemlélteti. Óbudától északra három patak sietett a Dunába. A lőpormalomnál (Bulferstamfmihl = Pulverstampfmühle), a mai Rómaifürdőben eredő patak, amelyet a római időkben aquaeduktuson vezettek be a castrumba, három malmot hajtott: a Krempl-, Klingelmeyer- és Elias-malmot. Az Aranyhegyi árok patakja pedig a solymári patakkal egyesülve futott végig a síkságon; malmot csak forrásánál, a mai Csillaghegyen hajtott és közvetlenül torkolata előtt futott össze a harmadik, legdélibb patakkal. Ez a mai Rádl-árok volt; forrásánál a későbbi Frankel-, később Rádl-malom elődjét, a Strassenmihlt hajtotta; lejjebb pedig, körülbelül ott, ahol ma a Filatori gáti állomás hídja alatt folyik el, a kerti malmot (Gartenmihl). A bizottság ez utóbbi helyét tartotta legalkalmasabbnak a filatórium megépítésére, különösen mert közel fekszik Óbudához [20].

Alig pár héttel később már sor kerül az óbudai helyszín megtekintésére is. A bizottság jelentése arról szól, hogy a pesti filatóriumoknál előnyösebbnek találták az alsó-ausztriai Traiskirchenben [21] szintén megtekintett filatórium

rendszerét [22]. Erről írja később KEESS, hogy Ausztria legnagyobb selyemfonodája [23], bár csak három emelet magas volt.



1. ábra

Nyilván azonnal megindul a tervek készítése, mert az engedélyezéshez beadott rajzok 1780. november 7-i keltezésűek [24]. A tervek megjárják Bécset, megnyerik II. József tetszését és a szokásos bürokráciától mentesen már 1781. január 26-án döntés születik. A 21 576 Ft-nyi költségvetést 18 854 Ft-ra csökkenti a kincstári hivatal, de egyébként megjegyzi, hogy a tervek „gänzlichen Beyfall"-t érdemelnek és elrendeli az építkezést [25].

Februárban megkezdődik a munka. Ennek irányítását az Olaszországból hozott RISLARI ANTAL és GRESTA JÓZSEF végzi [26]. A gépi berendezés elkészítését maga FACHINI vállalja. FACHINI időközben megállapodott a kamarával a selyem átvételét illetően [27], és talán ezért tolja előtérbe GRESTÁT, amikor a filatórium igazgatói állásának betöltése szóba kerül. A magyar kamara el is fogadja GRESTA feltételeit, de az udvari kamara a kinevezést nem hagyja jóvá és FACHINIt jelöli ki igazgatónak [28]. Ma már nem tudunk felelni arra, vajon nem okozott-e kárt az az összeférhetetlenség, amelyet FACHINI két ellentétes természetű szerződése jelentett.

Az építkezés, ha zökkenőkkel is, halad tovább. Szeptemberben tető alatt van az épület, amikor RISLARI meghal. Kiderül, hogy a belső berendezés tervezésébe hibák csúsztak [29], és a Frankel-malomtól vezetett csatornán a víz nagy része elszivárog. A kő vagy keményfa meder készítésére irányuló javaslatok közül a legolcsóbbat fogadják el és azonnal hozzá is kezdenek (okt. 9.) [30]. A gyár a kitűzött időpontban, 1781 októberében nem tud megindulni, bár időnként 63 szak- és segédmunkás dolgozik rajta, esténként gyertyafény mellett [31].

1782 februárjában elkészül a csatorna, de a vízikerék nem működik megfelelően. 1782 májusában emeletes szárnyépületek építése kezdődik az inasként felvett árvagyerekek, az olasz személyzet, valamint az igazgató lakása céljaira [32]. A nyár folyamán már 60 olasz és 6 árvagyerek dolgozik, bár az ősz folyamán lezajló előkelő látogatás idején a gépek járatása csak szemfényvesztés.

Szeptember 21-én ugyanis FESTETICH GYÖRGY gróf, a magyar kamara elnöke vezetésével Óbudára érkezett arisztokrata társaság tekinti meg a gyárat. Tiszteletükre megindítják a hatalmas gépezetet és a látogatók nagyon meg vannak elégedve [33]. De az üzem rendszeres munkájáról ezután sem adnak hírt forrásaink. Pedig ekkor már 37—41 árva tartózkodik ott, akiknek tanításáért évi 52—36 Ft térítést fizet az állam [34].

A fő hibát abban látják, hogy a csatorna nem szállít elég vizet és ez nem hozza mozgásba a gépeket. Ekkor lép előtérbe FACHINI eddigi csendes társa, FÜRNBERG báró, aki felajánlja, hogy a csatornát 3000 Ft-ért gyökeresen megjavítja. Erre 1783. nov. 3-án meg is kapja az engedélyt [35]. Egyidejűleg II. JÓZSEF vizsgálatot indít: mi okozta a csatorna gyors tönkremenetelét és hogy . . . „kinyomoztassék: a selyemfonó és csatornájának hiányos szerkezete kinek a vétke?" [36].

A budai egyetem tanárait is magábafoglaló szakértőbizottság csak a következő év elején foglal állást ebben a kérdésben. Szerintük a csatorna eldugulását csekély esése, kanyargós volta okozta, a víz elszivárgását az a körülmény, hogy télen építették és falában repedések keletkeztek. Mivel egyszerű ács építette és nem mérnök, mást nem is lehetett várni. Senkinek a felelősségrevonását nem ajánlják [37].

1784. október 12-én II. JÓZSEF Budán átutaztában meglátogatja a gyárat és megelégedését fejezi ki a látottak felett.

Decemberben végül elkészül az új csatorna és 1785 elején megindul a rendszeres üzem is. Ekkorra azonban a „Paolo et Johann Fachini et Company" tőkeereje már alaposan alá van ásva. Noha a kamara elismeri az engedményesek súlyos kárát az üzembevétel elhúzódása miatt és fizetési moratóriumot biztosít számukra : mérlegük passzívája negyed millió forint [38]. A király figyelmét pedig ekkor már inkább MAZZUCATTO ÁGOSTON meghívása és selyemgombolyító újításának bevezetése kötötte le [39]. Ebben az évben oly biztatónak látszik az üzem menete, hogy bővítésre gondol a vezetőség : jún. 18-i keltezéssel harmadik csévelőgép beállításának és a szomszédos községi cséplőszérű raktárrá való átalakításának engedélyezését kéri FACHINI [40]. Ugyanakkor tűzvédelmi berendezést is sürgetnek az engedményesek [41].

Az üzem menetét azonban újra és újra megzavarják külső és belső nehézségek. 1786-ban bedől a Frankel-malom vízmedencéje, később az ún. Törökfürdőt mélyítik : mindkét esetben 1/3-ára csökken az üzem vízhiány miatt [42]. Hasonló fennakadások következnek be a gyakori szárazság, a Duna áradásai miatt. Ehhez járulnak az elégedetlen és izgága olasz munkásokkal való állandó viták, járványok, feljelentések [43]. Azonban az üzem termel, II. József újabb látogatása során (1786. aug.) ismét elismerését fejezi ki [44].

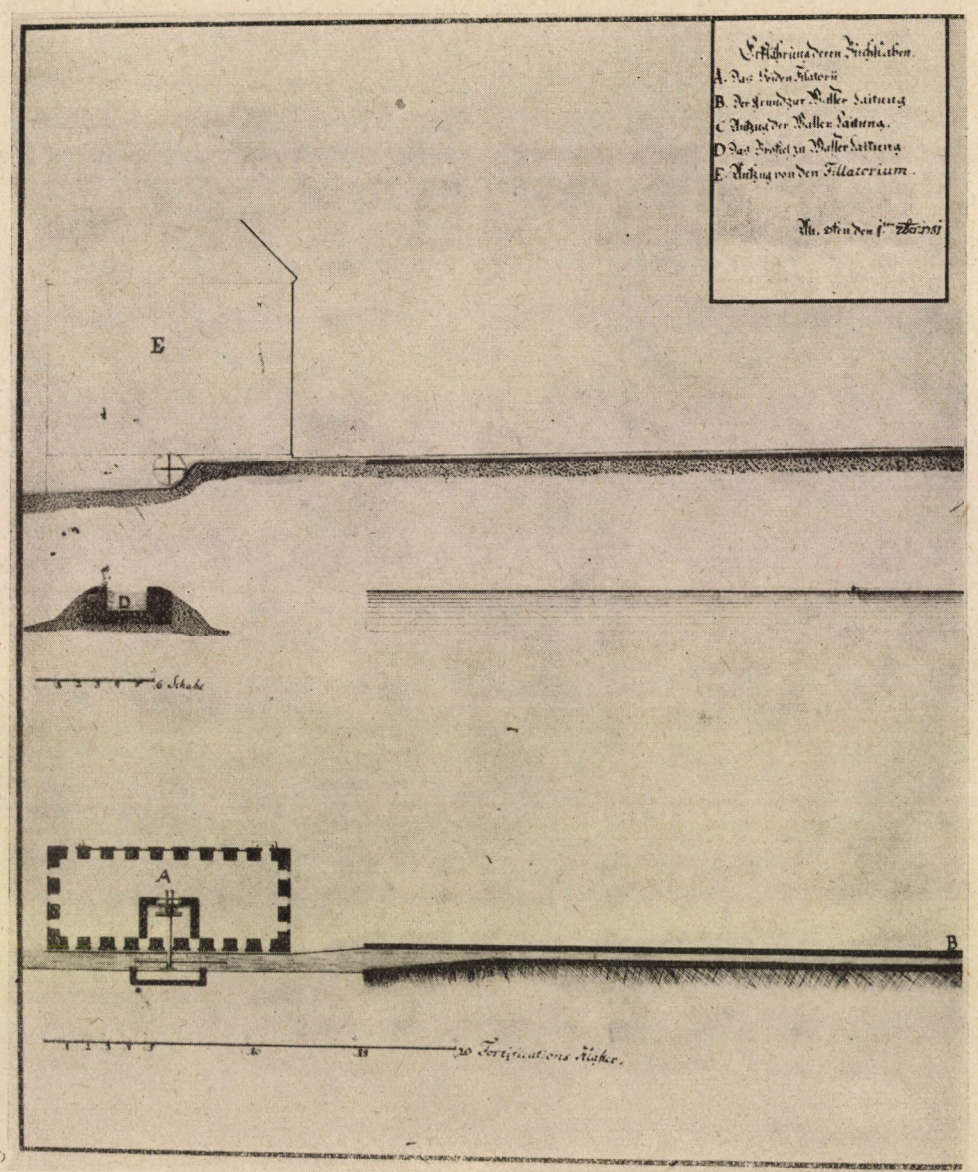
A teljes csőd FACHINInek a vállalkozásból való kilépésével veszi kezdetét (1787. eleje?). A névtelen feljelentés alapján végrehajtott ellenőrzés megállapította, hogy a cég egyedül a kincstárnak 235 000 Ft-tal tartozik, mire FÜRNBERG vagyonát zár alá veszik [45].

Ezt követi az 1788-ban kitört szerencsétlen török háború, amelynek következtében a Délvidék pusztulása folytán katasztrofális selyemhiány mutatkozott. Emiatt az év nyarának végén 5 hétig szünetel az üzem. Végül 1788 végén FÜRNBERG is kiválik a gyár vezetéséből és a kamara a volt főkönyvelőt bízza meg az ügyek ideiglenes vitelével. 1789 januárjában még több mint 25 munkás dolgozik a gyárban, de már február 23-án felteszi a magyar kancellária a kérdést : érdemes-e fenntartani azt?

A végleges válasz 1789 júniusában hangzik el. A bérlőket a filatórium üzemének folytatása alól felmentik, mert a török háború folytán megcsappant selyemtermelés feldolgozására a többi filatórium elegendő. Egyben megállapítják, hogy „az épület, miután kellő vízerő hiánya miatt sem malom, sem más vízmű céljaira nem alkalmas, átadandó a Katonai Gazdasági Bizottságnak" (Militärmonturskommission) [46]. Ezzel a filatórium története voltaképpen véget is ért, de hátra van még egy epilógus.

Az olasz munkások és az árvagyerekek elszélednek, a gyárberendezés romlásnak indul és szétlopkodják [47], de az épület ott áll, hatalmas arányaival felhívva önmagára a figyelmet [48].

Első tulajdonosa, a katonai felszerelési bizottság, hamarosan túlad rajta, mert raktár céljára alkalmatlan, hiszen állandóan nedves az árvíz miatt [49] (1791 vége). 1792-ben MAZZUCATO, a selyemiskola és mintagombolyító igazgatója



2. ábra. A filatórium csatornájának terve

terjedelmes javaslatot terjeszt elő, melyben a fonoda újra való megindítását vállalja [50]. Különösen figyelemre méltó az az elgondolása, amellyel a hajtómű hatásfokát növelni szándékszik, de emellett festöde és szövöde felállítását is tervezi [51]. Az építési igazgatóság (Landes Ober Baudirection) 1795-ben kijelenti, hogy a filatórium e helyen jól működni nem tud, és a gyár áthelyezését

javasolja a Frankel-, a Krempl- sőt a Császár-malomhoz [52]. 1803-ban (88 éves korában) MAZZUCATO megismétli ajánlatát, amelyben az „ausser Altofen seit 14 Jahren unnütz da liegende, der äussersten Baufälligkeit unterworfene Filatorium"-ról beszél. Kis híján el is nyeri a megbízatást, de 1804-ben megint gabonaraktárrá való átalakításáról esik szó, majd 1810-ben ismét a katonaságé. Ekkor szerelik le gépeit. A gépeket a kiscelli kastély kriptáiba szállítják és azóta nincs hír róluk. Az épületről még hallunk egy ideig. Schams 1822-ben azt írja róla, hogy a 6 emeletes (!) gyárban valaha szellemes gépek működtek, 80 embernek adott kenyeret, „... nun aber unbenutzt steht" [53]. KUNITS hibákkal teli történetét adja. Mária Teréziát teszi meg alapítójául és megismétli a 6 emelet tévedését, amely attól fogva kiirthatatlan. Pusztulását a közbejött háborúval magyarázza [54]. Az akkori források már úgy tudják, hogy ZANERI vagy ZANONI Bertalan volt az üzem vezetője, sőt alapítója. A valóságban nevezett osztályozómester volt [55].

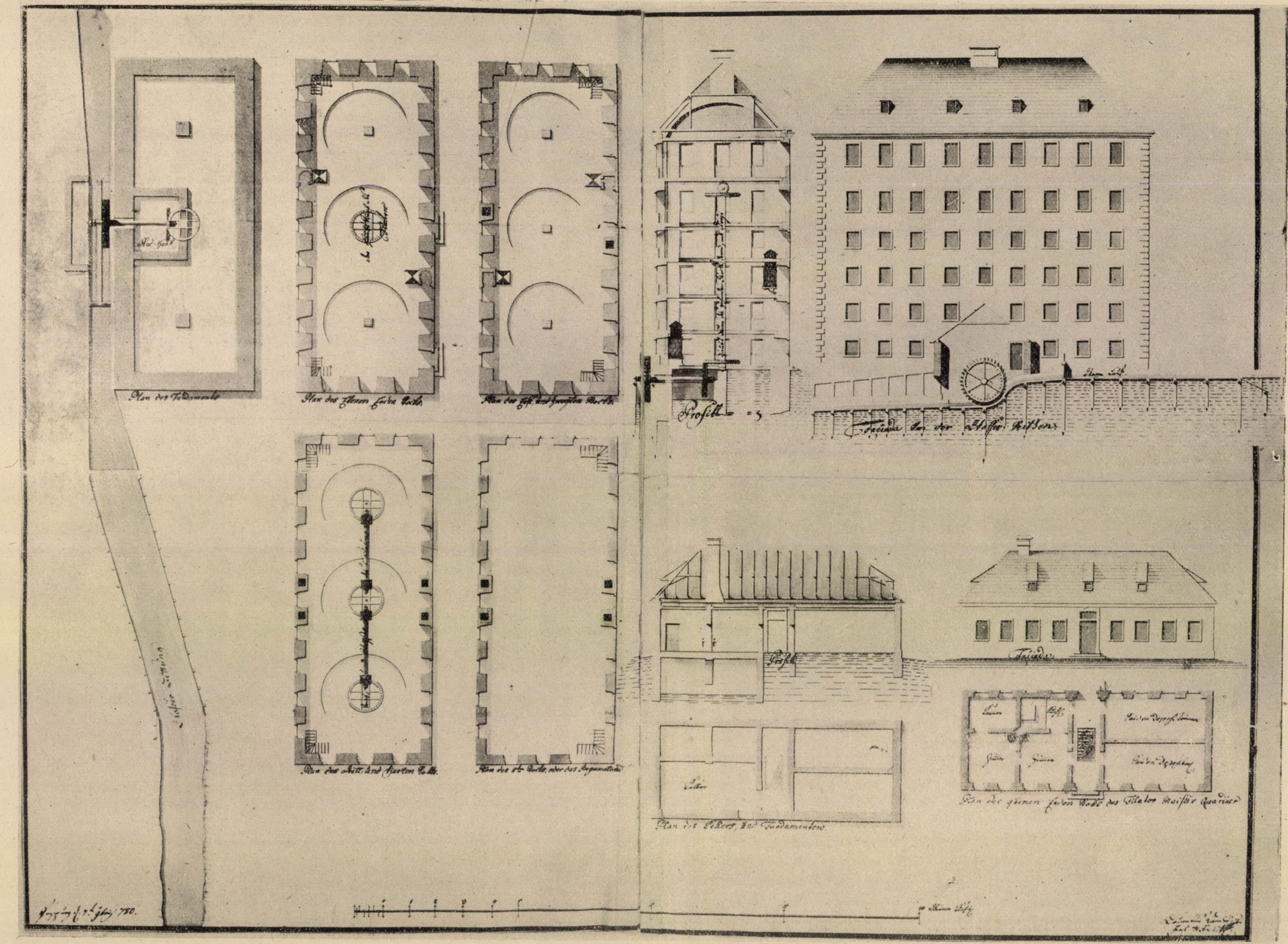
A XIX. sz. harmincas éveinek térképein [56] még jól látható nemcsak az épület-komplexum, hanem a régi Gartenmühle idejéből származó, azt körülvevő kert, sőt a csatorna nyomai. A környékbeli földeket már „Selyemgyári földeknek" nevezik, németesen „Filatori Felder". Talán az 1838-as ár okozta vesztét, mert a későbbi térképeken nyoma sincs az épületnek. Óbuda komoly kárt szenvedett az árvízkor — 762 házából csak 91 maradt ép — valószínű, hogy a lakosok széthordták köveit [57]. A későbbi térképeken már csak a kert őrzi emlékét, melyből ma is áll néhány hatalmas nyárfa a telken[58]. A környék neve pedig, a lakosok számára ekkor már értelmét vesztve : Filatori dűlő.

A filatórium épülete

Ha meg akarjuk közelíteni az óbudai filatórium műszaki berendezésének megfejtetlen kérdését, abból kell kiindulnunk, amit a levéltári anyag fenntartott számunkra : az épület eléggé tüzetes, szabatos leírásából, mert a gépekre csak néhány elszórt megjegyzésből és a leltárakból következtethetünk.

A tervrajzok [59] mindenekelőtt megőrizték számunkra az ősi Gartenmühle földszintes épületének és duzzasztóberendezésének rajzát. Ha összehasonlítjuk ezt a filatórium 1780. november 7-én keltezett tervrajzával (3. ábra), szembetűnik mindenekelőtt, hogy az utóbbi pontosan a malom helyén épült [60]. De feltűnik az is, hogy mindkettőt egyetlen, méreteiben alig különböző vízikerék hajtotta [61]. Végül meglepőek a méretek : a $23 \times 9{,}5$ m-es alapterülethez aránytalan 17 m-es ereszmagasság, ami azzal járt, hogy az egyetlen kéménynyel 22 m-nél magasabb gyár toronyszerű benyomást kelt.

Ebből a furcsa elgondolásból egész sereg építészeti következmény folyt : így pl. az oldalfalak fokozatos vékonyulása és az alapozás különleges volta. A falak az alapnál 1,42 m vastagok, a földszinten 1,10 m-esek és fokozatosan


Plan des Fundaments
Plan des Ellenen Eeden Rocks
Plan des Eest und Zweyten Rocks
Plan des Ritt und Vierten Rocks
Plan des 5ten Rocks, oder das Ingenatum
Profill
Façiada an der Wasser Seiten
Plan des Kellers, und Fundamentow
Plan des Ellenen Eeden Rocks des Filator Maistre Quartier

3. ábrv

0,63 m-re csökkennek az 5. emeleten [62]. Amint a 3. ábra jobboldali felső sarkán is jól látható, a vizenyős talajba többméteres cölöpöket vertek, de az alapfalak is elég mélyen jártak a földben, a földmunkákról szóló költségvetés szerint 3,8 m-re [63]. Egy későbbi forrás is érdekességként említi a cölöpökre épített ötemeletes gyárat [64].

Az épület másik érdekessége az volt, hogy minden emeletén egyetlen, kereken 160 m^2 méretű terem volt csupán, közfalak teljesen hiányoztak. Az összefüggő teremszerű helyiségek alapterületét azonban lényegesen csökkentették az épületre legjellegzetesebbnek mondható, födémekben tátongó lyukak.

Ezek átmérője 5,54 m volt, tehát együttesen $t = 3{,}14 \cdot 2{,}27^2 \cdot 3 = 59$ m^2-rel csökkent a hasznos alapterület. Köztük és a fal között alig 1 m-nyi sáv maradt. Ez a körülmény is jelentősen hozzájárult a falak említett méretezéséhez, amint ezt a terv indoklása is hangsúlyozza [65]. Voltaképpen tehát az egész belső tér az ötödik emelet kivételével [66] egyetlen hatalmas, több mint 2400 m^3-es egység, amelyet négy — és nem kettő, ahogy GARÁDY állítja —, hatalmas kályha fűtött. Ezek a kályhák felemás helyzetben a földszint és első, illetve a második és harmadik emelet terében álltak.

Figyelemre méltó az ablakok nagy száma: a négy frontnak együttesen 138 ablaka volt, egy emeleten átlag 23 ontotta a fényt. A falépcsők az épület sarkában voltak.

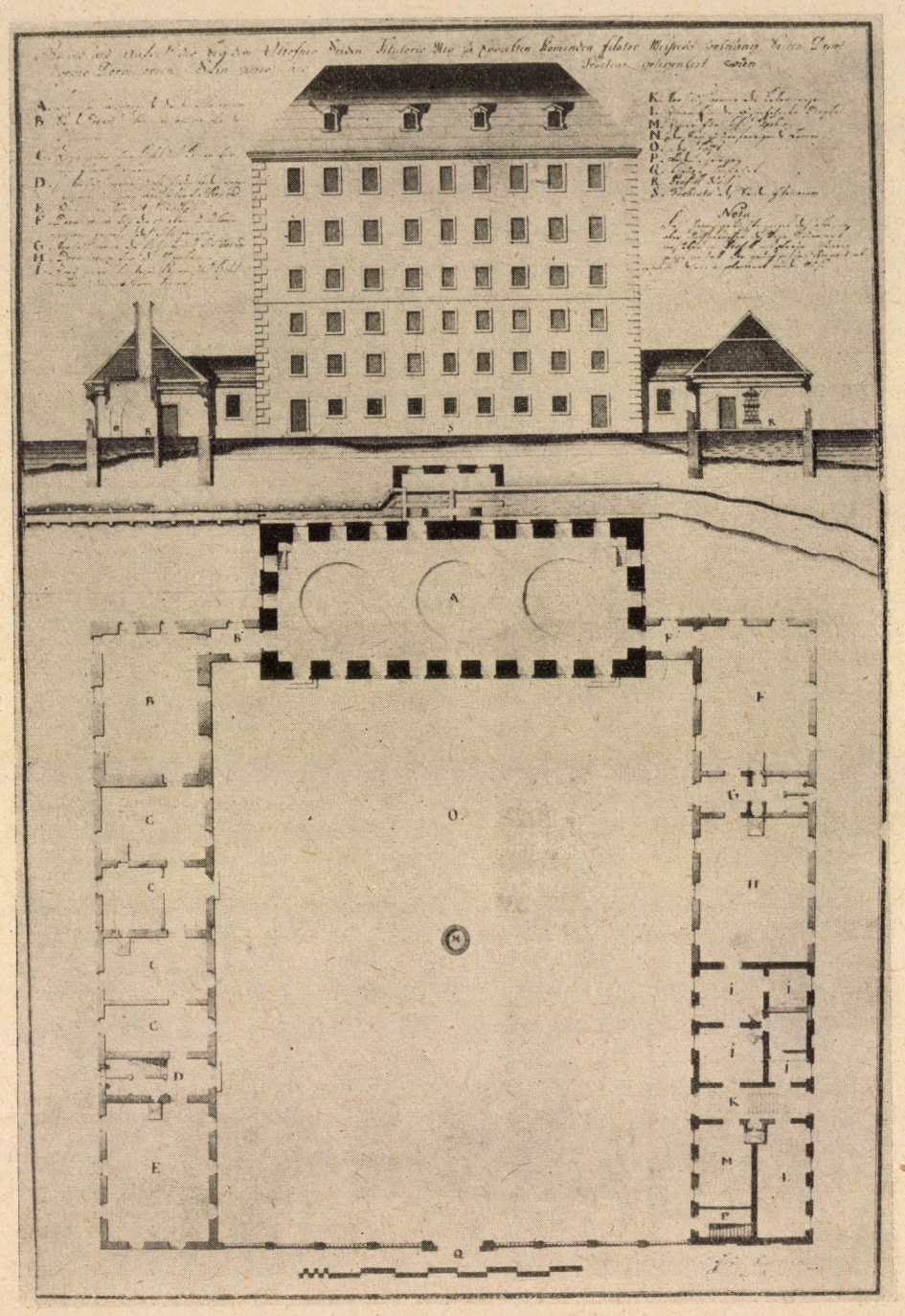
A födémek a főfalak gyámjaihoz képest történő csatlakozásukból következtetve gerendákon nyugodtak. Ezek a gyámszegélyek az ötödik emelet kivételével eléggé szerény méretezésűek, utóbbi feltűnően stabil, ami a berendezés rekonstrukciójából érthetővé válik majd.

Az emeletek magassága 2,53 és 3,36 m között váltakozik. A filatórium a maga korában hazánk legmagasabb polgári épülete volt, de aligha lehet ilyen alacsony szobákra találni. Még mai, igen alacsony szobáink is többnyire magasabbak 3,20 m-nél. Ez a tény is szoros kapcsolatban van a gyárépület rendeltetésével.

A vegyes falazással épült filatóriumtól alig 10 m-nyire oldalt állt a fonómester (Filatormaister) lakóháza. A részben alápincézett épület felét selyemraktár képezte.

A régi Gartenmühle duzzasztóját már az eredeti terven átalakították, és egy kis kerékház (Radhaus) védelme alatt működő 11 láb átmérőjű alulcsapó vízikereket a kb. 6 lábnyi esésű keskeny csatorna vize hajtotta. Ennek csak utolsó 10 öle volt pallókkal bélelve, különben csak kiegyengették a ma is girbegurbán folyó Radl-árkot. 1781 őszén, feltehetően RISLARI halála után, új terv születik, amelyen végig fabélletű, kis töltésen futó csatornát ismerünk fel (2. ábra) [67]. Ez tehát az a téli csatornaépítkezés terve, amelynek súlyos következményeit az egyetemi tanárok szakértőbizottsága vizsgálta.

Az 1782 tavaszáról származó harmadik tervrajz (4. ábra) végül azt szemlélteti, hogyan kapcsolták össze a filatórium és a fonómester épületét a barokk



4. ábra

stílus modorában egyetlen nagy komplexummá. A fekete alapszínű falak jelzik a meglevő épületeket — nézetben itt láthatjuk a filatórium egyetlen hiteles képét, amelyről csak a kémény maradt le — a világos színezésűek a tervezetteké. A bal szárnyon csatlakozott a filatóriumhoz az árvagyerekek két hálóterme (*F* és *H*). A fonómester átköltözött erről a szárnyról a *C*-jelű szobákba, míg a régi házban többek közt FACHINInek jutott állandó szoba (*M*). A balszárnyon végre közvetlenül a filatóriumhoz csatlakozó selyemraktár is került (*B*). Az udvar közepén kutat (*N*) fúrtak és az udvart kerítéssel zárták le. Érdekes végül, hogy 24 lányka számára fonóterem is volt a jobbszárnyon (*E* Spinnzimmer für 24 Mägdlein) [68].

Ennél többet a levéltári anyag nem árul el az épületről magáról, a korai források közlései pedig arra szorítkoznak, hogy az épület valóban szokatlan és imponáló méreteit méltassák [69].

A filatórium gépeinek rekonstrukciója

Induljunk ki abból a tényből, hogy a filatórium épülete ötemeletes volt. Ez a magasság nemcsak Magyarországon — ahol vár- és templomtornyokon kívül ilyen magas épület nem volt —, hanem Bécsben, — ahol ilyen már 1644-ben is létezett — ritka volt. 15 évvel későbbről, 1795-ből származó statisztika szerint a zsúfolt bécsi belvárosban 51 ötemeletes épület állott, vagyis az 1127 épület 5%-a [70].

Mi késztethette az építőket arra, hogy egy kis mezőváros határában két emelettel magasabb filatóriumot építsenek, mint példaképe, a szintén megcsodált traiskircheni ? Nem kétséges, hogy sem a helykímélés, sem a feltűnés vágya nem vezette tervezőjét, hanem az első olyan épülettel van dolgunk Magyarország területén, amelyben a gyártási eljárás és a gépi berendezés meghatározta az ipari épület alakját.

Ezt bizonyítják az alaprajzok és a metszet is. Az egyetlen termelőhelyiség emeletenként, a négy födémen keresztül haladó tengelyek szinte azt mutatják, hogy az épület maga jóformán csak a termelési eszközök burkolására szolgált.

És ezzel elérünk addig a pontig, melynél GARÁDY SÁNDOR nem volt képes továbbjutni, amikor így ír :

„Miért kellett azonban ... a négy emeleten és a földszint padlóján át a kerekek átmérőjénél jóval nagyobb három tátongó lyukat hagyni, ez oly rejtély, amelyre a leírás és jelentés nem nyújt felvilágosítást" [71].

A rejtély azonban megfejthető, ha az iratokban elszórtan fellelhető műszaki kifejezéseket összegyűjtjük, elemezzük és a korabeli technika ismeretében analógiás következtetésekkel élünk.

Mindenekelőtt tudjuk, hogy az üzem két részből állott : a Filatoriumnak (vagy filatorionak) mondott fonodából és az Inganatoriumnak (incannatorionak)

nevezett csévelőből. Az előbbi a földszint és négy emelet terét foglalta el, az utóbbi az ötödik emeletet. Ha figyelembe vesszük a már említett körülményt, mely szerint 1785 nyarán szűknek bizonyult az incannatorium keresztmetszete és csak a filatórium 3/4 részét volt képes csévékkel ellátni [72], akkor két következtetést vonhatunk le máris :

1. A fonás, helyesebben cérnázás csévékről történt ;

2. Az áru útja általában felülről lefelé haladt.

Milyenek voltak azonban a csévelő és cérnázó gépei? Az ötödik emelet födémhordozó gyámszegélye csaknem háromszor oly vastag, mint a többié. Nem csoda : a teljes födém és a csévelőgépek súlyát hordta. A többi emeleté nem.

Hol állottak a cérnázógépek, hiszen jóformán járkálásra sem maradt hely a tátongó lyukak körül? Ehhez pedig egy további furcsaság : a gépeket hajtó tengelyek, amelyek a négy emeleten keresztülhaladnak, négyzetes keresztmetszetűek.

A három, egyenként 13,27 m függőleges tengelyre a negyedik emeleten levő felső csapágynál ékelt fogazott fakerék került. Laternás áttétel útján kapta a két szélső a középsőtől fordított irányú meghajtását. A forgásirány — mint látni fogjuk — közömbös volt.

A négyzetes keresztmetszetű tengelyek szíjáttételes géphajtásra alkalmatlanok voltak, de fonógépek részére amúgy sem maradt hely. Hol voltak hát a többezer orsós fonógépek?

Erre a kérdésre az alapozási költségvetés adatai látszanak érdekes választ adni. A középső tengely az alapfalakkal egyenlő mélységű fundamentumon nyugodott, a másik kettő („zwey Pfeiler worauf die Maschinenbaum ruhen") feleakkorán, tehát 1,9 m-esen. Ezt azonban 13 m magas puhafagerendánál nem indokolná semmi, legfeljebb ha valamilyen járulékos súllyal van terhelve.

A legvalószínűbbnek az látszik, hogy ezekre a főtengelyekre volt erősítve maga a termelő gép. Ezt valószínűsíti az az 1791-ből származó levéltári adat is, mely szerint a gépek nekidőltek a födémnek [73].

De ezt bizonyítja a filatórium költségjegyzékének alkatrész listája is [74], mert ilyen tételeket tartalmaz :

„204 Staffeln 43° (= 13,6 m) lang, 3½ dick in quaderat
96 Staffeln 37° (= 11,8 m) lang, 2½ dick in quaderat."

A főtengellyel csaknem megegyező hosszúságú léceknek ilyen mennyiségben való gyártása csak úgy magyarázható, hogy egy vele azonos méretű műszaki szerkezet alkotóelemei. A gépek ezek szerint a földszinttől a 4. emeletig terjedő hengeres térben forogtak.

Ez pedig igen jól egyezik Keess leírásával, aki így jellemez egy ún. „nagy filatóriumot" : „... a megfigyelő szemnek műszaki tökéletessége miatt meglepő látványt nyújt ..., rendszerint három vagy több emeletből áll, melyekben néhány száz sőt ezer orsót egy tengely mozgásba hoz" [75].

Ha szemügyre vesszük a levéltári anyagban fellelhető leltárakat, és a költségvetési alkatrész jegyzéket, feltűnik a géprészek olasz elnevezése. Ez a költségvetés idejében még természetes lenne, de az üzem megszűnte után a kamara és a katonai hatóságok részéről felvett átvételi jegyzőkönyvben már kevésbé. Az óbudai filatóriumot ugyanis olasz szakemberek hozták létre, de 1792-ben már egyikük sem volt ott. A magyarázat sokkal kézenfekvőbb : olasz gyártípussal van dolgunk. Az óbudai selyemcérnázó-gépek az ősi luccai selyemmalom másai voltak.

Az alkatrészelnevezések gondos felülvizsgálata után kijelenthetem, hogy a cérnázógép nem FACHINI újítása, ahogyan azt KÓSA egyébként kitűnő dolgozatában állítja [76]. Ennek ellene mond az egész levéltári anyag, hiszen újításokat — mint MAZZUCATO vagy BERZELINI újításait — akárcsak ma, alapos bürokratikus apparátus vizsgálta és FACHINI soha semmilyen igénnyel nem lépett fel. Mesterei, 60 főnyi olasz munkása, minden betanítás nélkül összeszerelték és használták a gépet.

Az alkatrészek elnevezései arra vallanak, hogy a cérnázógép elve és kivitele részleteiben is azonos a korabeli selyemcérnázó-malmok fejlett típusával. Lássunk néhány példát.

A költségvetési lajstrom utolsó előtti tétele :

„Glässer auf 30 Vargi" .

„Vargi" másképpen vaighi (franciául vargues) eredetileg valichi, egyesszámban valico a luccai selyemfonómalom egy-egy orsósorának megnevezése. Első előfordulása már 1330-ból származik. Egy luccai eladási szerződésben : „. . . unum filacterium ad filandum sericum . . . cum valichis duobus . . ." [77]. A Nagy Enciklopédia 1765-ben megjelent V. kötetének Soie (selyem) címszava „vargue"-nak nevezi [78], KEESS pedig azt mondja : „die Abtheilungen (Gänge) nennt man Vaighi . . ." [79]. A franciás „vargi" alak egyébként azt mutatja, hogy az Enciklopédia megjelenése tette közismertté e fogalmakat.

A jegyzék egy másik tétele:

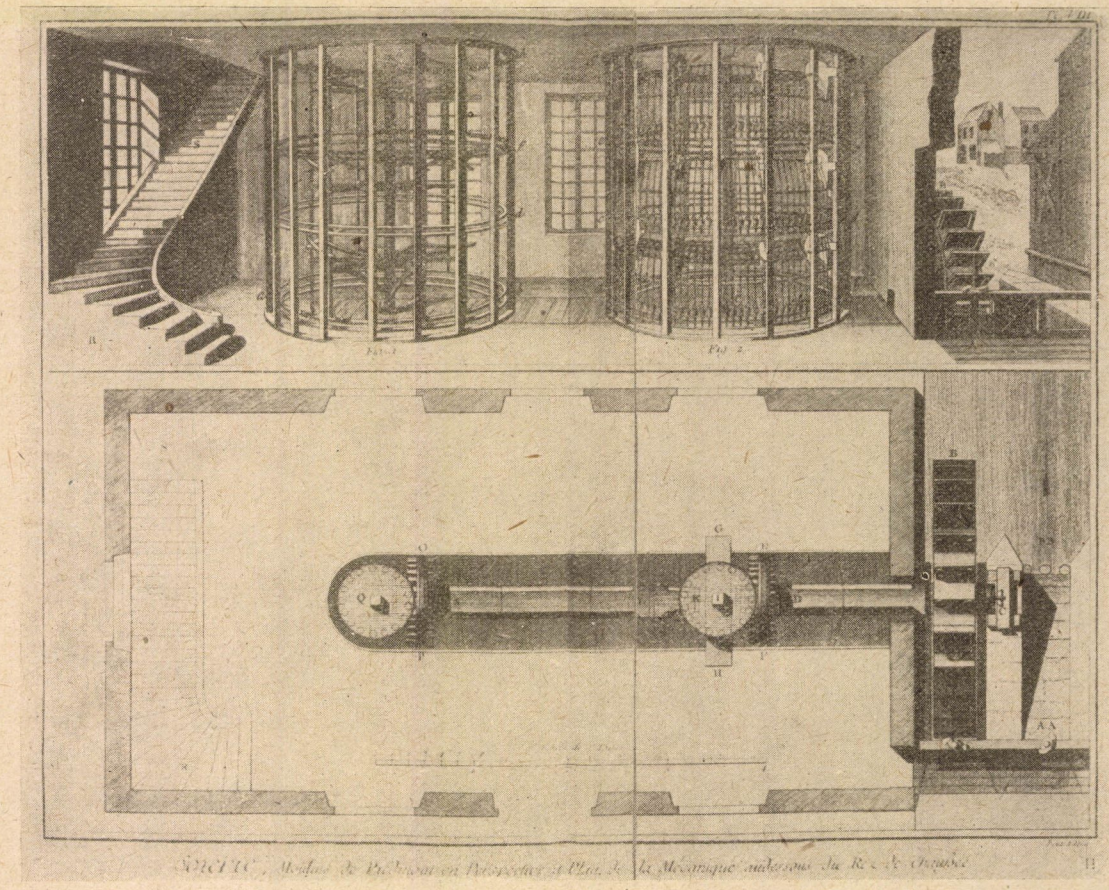
„3240 Cochette von harten Holz 1 ¼ in der Runde". A szó első előfordulása ugyancsak igen régi luccai okmányból való : egy 1335-beli árverési jegyzőkönyv tesz említést egy filatoioról „cum ducentis quadraginta fusis et totidem cocchis", vagyis 240 orsóval és ugyanannyi cocchis-szal. Az Enciklopédiában franciásan coquette a nevük ezeknek a falemezecskéknek.

De a többi tétel nagy része is olyan gépalkatrészt jelöl, amelynek megfelelőjét a korabeli leírások azonos vagy hasonló névvel jelölik. Így pl. „Serpe" (mindenütt ui.), „Strafinazi" (Enciklopédiában strafin) vagy „Zacheti" (a fent említett XIV. századi szerződésben schachetti).

Így azután az építészeti adottságok, az alkatrész listák és elszórt megjegyzések egybevethetők a korabeli selyemmalom leírásokkal, közöttük első helyen az Enciklopédiával és a rekonstrukció jó lelkiismerettel elvégezhető.

Ehhez mindenekelőtt ismerjük meg a XVIII. századi selyemcérnázó-malom e jellegzetes válfajának, a „moulin rond"-nak, ill. „moulin de Piedmont"-nak működését [80].

A gépet rendesen alulcsapó vízikerék hajtotta, amint ezt az 5. ábra szemlélteti. Az ábra egyben csattanó bizonyíték az óbudai filatórium azonos szerkezetére : a kerék elhelyezése, a fogastárcsával és fogasgerendellyel való áttételezés, a négyzetes keresztmetszetű főtengely pontos mása a korábban közölt tervrajznak. Az azonosság olyan részletekre is kiterjed, mint a kerék csapágya-



5. ábra. Selyemfilatórium hajtóművének elvi elrendezése (A Nagy Enciklopédia után)

zása, lapátszáma, a hajtómű alagsori („audessous du Rez de Chaussée") való elhelyezése, a földszinti ablaknak ráccsal való biztosítása stb. (l. 5. ábra).

Maga a gép két részből áll: a belső forgó részből és a külső állványból. A Fig. 1. jelű géprészlet a külső vázat felszerelés nélkül mutatja, hogy a belső rész megfigyelhető legyen. A tengelyből sugárszerűen kiinduló rudak a külső állványhoz képest koncentrikus hengeres rudazatot hordanak. Erre vannak ráerősítve — az ábrán 3 rétegben elhelyezett, a képzeletbeli hengerpaláston ferdén haladó „serpe" nevű vezérlő lécek. A Fig. 2. az orsókkal, motollákkal és tartozékaival felszerelt külső, szilárd állványt mutatja, az áttekinthetőség kedvéért elhagyva a forgórészt. Jól megfigyelhetők a legalsó sorban a négyszárnyú motollák és meghajtásuk, a vezetőszemekkel felszerelt keresztlécek és a huzalszárnyas orsók.

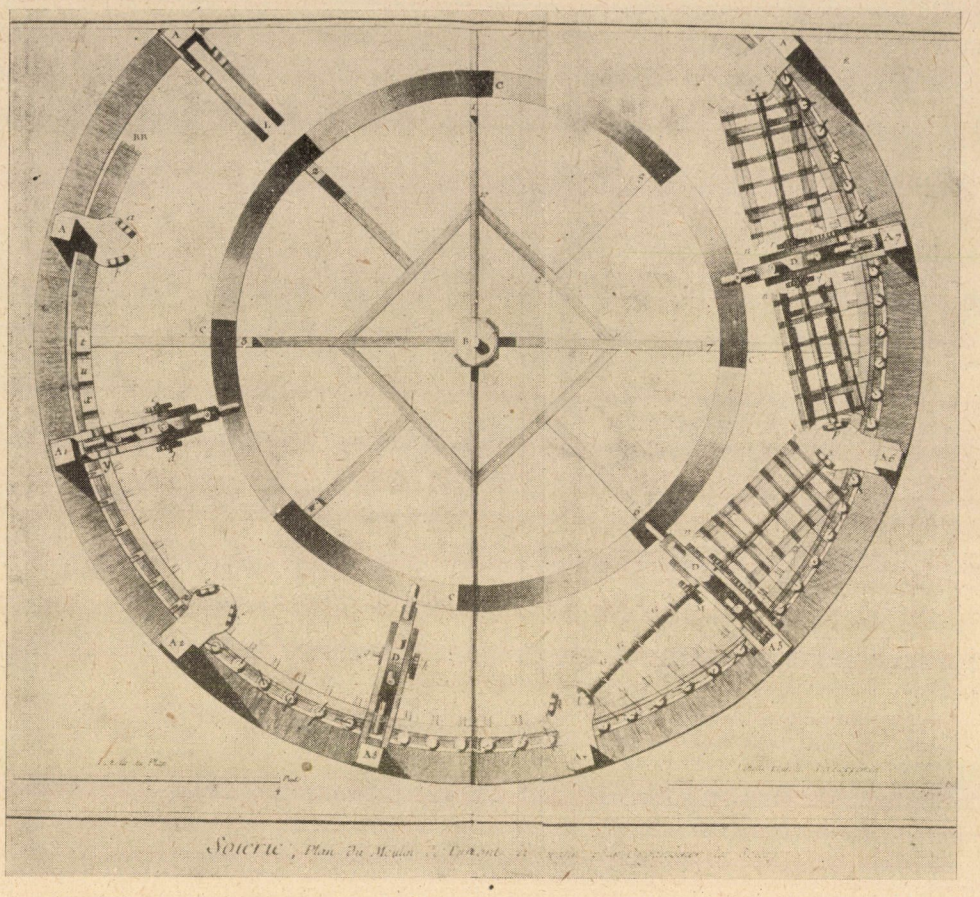
A selyem cérnázása — közönségesen fonása [81] — ezen a berendezésen a következőképpen történt (6. és 7. ábra).

Az incannatoriumban készült csévéket a külső állványba szerelt orsókra tűzték fel. A teljesen sodratlan selyemszálakat a *b* huzalszárny vezetőszemén keresztülhúzták. E szárnyak feladata az volt, hogy az összetapadó nyers selymet kíméletesen húzzák le a gyors forgásban levő orsóról. A huzalszárnyak a *c* orsó csúcsán lazán pörgő ólomkarikával nehezített coronellára voltak szerelve és így forgásuknak az orsófordulathoz képest való elmaradása előidézte az előfonal lefejtődését. A másik vezetőszem az *E* jelű, lengő mozgást végző keresztlécen helyezkedett el. Feladata az volt, hogy az *Nn* motollákra tekeredő sodrott selyemfonal egyenletesen helyezkedjék el. Míg az orsók, mint látni fogjuk, kerületi dörzshajtást kaptak, addig a lassan forgó motollákat a serpe elnevezésű vezetőinek a DM jelű fogaskerékrendszer útján hozták mozgásba.

Nem egyértelmű a helyzet az orsók meghajtása tekintetében. Ez szintén a középső forgóállványból indul ki, azonban a különböző leírások és rajzok eltérnek egymástól. Míg ugyanis pl. CHRISTOPH MARTIN egy végtelen szalag- vagy szíjmeghajtásról tud [82], és a selyemmalomból fejlesztett más cérnázógépek is ezt a rendszert alkalmazzák (l. 11. ábra), addig az Enciklopédia bőrrel bevont hajtó szegmensekkel, az ún. strafinazzikkal (strafinekkel) oldja meg a problémát. Ezek a küllőkre szerelt gépelemek a bal és jobb sodratot úgy oldották meg, hogy — a legalsó valico példáján — kívülről értek hozzá az orsó alsó szárához, vagy — a középső valiconál — belülről (l. az Enciklopédia XII. táblája).

Minden forrás egyetért abban is, hogy a keményebb sodratot igénylő organzint a felső valicokon cérnázták, a trámát az alsókon, ami azzal is indokolható, hogy az anyag felülről lefelé haladt és így az utánsodrást a trámavalicokon lehetett ellátni [83]. Az 5. ábrán igen jellemző módon a két felső valico dolgoz hüvelyre.

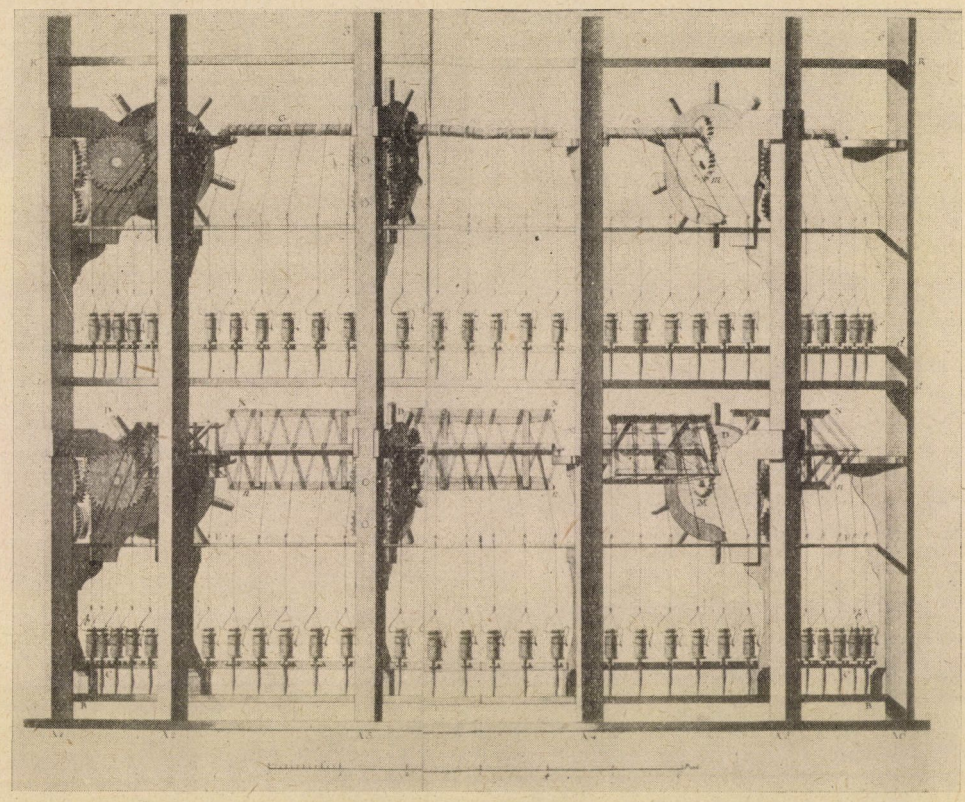
Tekintve, hogy a motolla kerülete 20 hüvelyk, a hüvelyé pedig csupán 3,8 hüvelyk, viszont azonos fogaskerék hajtotta őket, a nyert utósodrat jóval kisebb, kb. ötöde volt az eredetinek.



6. ábra. Valico felülnézete (Az Enciklopédia után)

Ha mármost azt vizsgáljuk, hogy milyen arányokat tekinthetünk jellemzőnek a luccai és piemonti selyemcérnázóra, a legnagyobb változatosság tűnik szemünk elé. Néhány száz orsótól 26 000 felettig, két valicotól száznál többig előfordul a XVIII. században. De az sem igaz, hogy mindig 10—10 orsóról futott a fonal 1—1 motollára, és az Enciklopédia csak helykímélésből rajzol 6-ot [84]. Ellenkezőleg, már ZONCA 1607-beli rajza és CHRISTOPH MARTIN 1745-ös vázlata is 6 orsót mutat. Hasonló a helyzet a motollák számánál, amely valicoként 8—12 között ingadozik. Ebből következik, hogy a valicokénti orsók száma 48 és 120 között lehet, bár ez idő tájt a 100 körüli a jellemző.

Mint láttuk, rendszerint többemeletesek a malmok. Egy emelet viszont nem egy valiconak felel meg, hanem kettő-háromnak. Piemontban 4—6 valicos malmok voltak szokásosak, a felső hármon sodrás és organzin elősodrás, az alsókon trámasodrás és organzin utósodrás folyt [85]. Már 1724-ben szükséges-



7. ábra. Valico oldalnézete (Az Enciklopédia után)

nek látszott e cérnázógépeket egységesíteni — mai szóval szabványosítani —, mert Piemont területén rendelet szabályozta, hogy pl. a 20 motollánál kisebbeknek legalább 20 serpe-pel, a csillagkerekeknek legalább 60 foggal kell rendelkezniük stb. [86].

A gépezet hajtása történhetett emberi és vízierővel. Előbbire nemcsak CHRISTOPH MARTIN rajza bizonyíték, hanem a 75 évvel későbbi KEESS is ismeri még ezt a típust, amikor leírja, hogy két személy elegendő egy egyszerű filatórium kiszolgálására. „... Die eine (Person) geht rüekwärts oder im Kreise herum und setzt dadurch die Welle samt allen Haspeln is Bewegung ..." mondja [87], és egy másik szerző be is vallja, hogy „... die Person welche umgeht ... bald schwindelich wird" [88].

A vízerőgép minden esetben alulcsapó vízikerék volt. Ilyet látunk már ZONCA említett művében, az Enciklopédiában és a leghatalmasabb ilyen üzemen a Derby-ben épült, még ismertetendő filatórium képén is. Ez az alulcsapó kerék 24—36 lapáttal bírt, átmérője 3—5 m volt és gyenge esésű, de állandó vízszintű folyók mellett állott. Az energiaátvitel az Enciklopédiában látható kép szerint

a hajtótengelyről közvetlenül történt homlokfogaskerekek útján, de ZONCA rajza és az óbudai filatórium terve jóval bonyolultabb.

Külön fejezet a csévelő, az incannatorium. Tekintve, hogy a selyemgombolyító gép, a deglomeratórium kiszerelése matring, a filatórium pedig csévéből indul ki, a csévélés — kanettálás — közbenső, de elkerülhetetlen munkamenet.

Fentiek ismeretében megkíséreljük az óbudai filatóriumnak csupán tengelyeivel és a födémben tátongó lyukakkal jelzett gépeinek hajdani állapotát rekonstruálni.

Mindenekfelett vissza kell adni a filatórium becsületét. SCHÓBER és mások részéről osztott kételyt, mely szerint nem lehetséges, hogy 4240 orsót számlált volna, eloszlatjuk : 3240 darab cérnázó orsót és 1000 csévélőfejet, tehát valóban 4240 orsót találunk minden hiteles levéltári leltáron [89]. Ez az arány rögtön rávilágít az incannatorium elégtelen kapacitására : hiszen az Enciklopédia-beli iskolapéldán is 240 fejes csévélő tartozik a 6 valicoból, valiconként 18 motolla a 6 orsóval, tehát 648 orsós felszerelt filatóriumhoz. Ez az arány (3—2,5 : 1) természetesen ingadozott a fonalszámok és sodratszámok függvényében, de a 3,24 : 1 mindenképpen elégtelen volt. Ezért tudta tehát jó üzemmenet esetén is csak az orsók 3/4 részét csévével ellátni az óbudai incannatorium [90]. Az arány így már 2,43 : 1-re csökken, de FACHINI idézett beadványában nyilván túlzott, hogy újabb áldozatot követelhessen a kincstártól. A csévélő elégtelenségére világos fényt vet az 1791-es átadási jegyzőkönyv, amely meghatóan szomorú összevisszaságban egérfogók és fonott kosarak között a 2., 3. és 4. emeleten (3., 4., 5. Abtheilung) 2—2 csévélőt említ („auf beiden Seiten ganz fertige Incannatorio").

Az orsószámnál nehezebb megállapítani a valico beosztását, tehát a motollák számát. Nem kétséges ugyanis, hogy 30 valico dolgozott, tehát a három főtengelyre 10—10, emeletenként 2—2. Ezek szerint 3240 : 30=108 orsó futott valicoként. Láttuk, hogy általában 6—12 orsóról futott fel a cérna 1—1 motollára. A 108-cal egyenesen osztható 6, 9 és 12 orsószám esetén 540, 360 és 270 motollával kellene számolni. Azonban a költségvetési leltár 260 motollát említ („260 Haspeln von Aichenholz"). Sajnos a két motollánként szükséges serpe vezérlőlécek száma sem 260 : 2 = 130, hanem 240, ami számításainkkal semmiképpen sem egyezik.

Ezzel szemben az alkatrészek zöménél a 270-es szám vagy többesei dominálnak (pl.: 270 Radeln von weichen Holz", "270 Ganasete da Bologniesa", "540 Eiserne Kreutz", "540 Zacheti, wo die Klässer darinnen ruhen").

Az eltérések két okkal magyarázhatók. Az egyik ok igen egyszerű : RISLARI egyszerűen tévedett, ami a későbbi pótköltségigényekből derül ki. Számos felesleges tárgy mellett sok hiány mutatkozott. A legnagyobb tévedés a fahüvelyek tervezett számában jelentkezett : 6480 helyett (2×3240) 18 560-at kellett készíteni. Ezek a tévedések 660 Ft-nyi utólagos költséget jelentettek [91].

Hasonlóképpen elfelejtett egyet a négy szükséges meghajtófogaskerekekből. Viszont számos alkatrészből feleslegeset gyártott (Sottovolte, Soravolte, Celoni, Ganese stb.).

A másik ok egyszerűen az organzin és tráma lehetséges arányának bizonytalanságával magyarázható. Eredetileg több trámát akartak cérnázni és ennek megfelelően 260 motollát állítottak be a költségvetésbe, ami 6 orsójával (és 20 tartalékmotollával) számolva kb. 1440 utánsodró orsónak felelt meg. Ezzel szemben tudjuk, hogy csupán 8 valico dolgozott organzin-utánsodrással, 2 pedig trámát gyártott [92]. A 10 valicora pedig a leltár 216 motollát mutat ki, amiből legalább 1—2 valiconyi tartalékot kell levonni. Ennek figyelembevételével az óbudai filatórium egy-egy valicoja az utánsodrórészleg alapján az alábbi módon rekonstruálható:

Mivel egy valicora 108 orsó jut, a következő változatok lehetségesek:

a) 6 motolla à 18 orsó
b) 9 motolla à 12 orsó
c) 12 motolla à 9 orsó
d) 18 motolla à 6 orsó

A *b)* változat, páratlan motolláról lévén szó, nem jön számításba. A 18 orsós motolla (*a)* változat) teljesen szokatlan és szintén kizárható. A *c)* változat 12 motollája esetén $216-10 \cdot 12 = 96$ tartalékmotollát kellene feltételeznünk, ami valószínűtlen. Ha a *d)* változatból indulunk ki, nemcsak a $10 \cdot 18 = 180$ üzemi és $2 \cdot 18 = 36$ tartalékmotolla látszik valószínűnek, hanem egyezik a többi szám is.

Tekintve, hogy a hatalmas, legalább 5,53 m átmérőjű gépen 18 szegmens minden további nélkül elképzelhető [93], a 6-os orsószám, mint láttuk, a legáltalánosabb, és végül, mivel a serpe-ek száma 240, a bütykös kerekeké, melyek 2—2 motollát hajtottak, pedig éppen 270 [94], a legnagyobb valószínűség szerint a *d)* változatot tekinthetjük a filatórium jellegzetes szerkezeti elemének.

Ezek szerint a 30 valico mindegyike 18 gerendával elválasztott sokszög alaprajzát mutatta. A sokszög diagonálisa 5,35 m $<d>$ 6 m volt, s így egy-egy 6 orsóval felszerelt szegmens hossza $s = \frac{d}{2} \sin 20° \cong 2{,}90 \,.\, 0{,}34202 \cong 0{,}992 \cong$ $\cong 1$ m.

Ebből az orsók osztása is adva van $\frac{1\,\text{m}}{6} = 16{,}6$ cm: ami pontosan egyezik az Enciklopédia rajzaival.

Az orsók hossza 34 cm, a költségvetés tanúsága szerint vasból készültek, a coronellában négyszögletes ólomsúlyok voltak [95]. A 8,5 cm magas hüvelyek kisebbek voltak az Enciklopédiában láthatóknál.

Érdekes, hogy a dörzshajtást szolgáló strafinazzi hossza 3 láb ($\cong$ 95 cm), ami 8 orsószár egyidejű pörgetését tette lehetővé (Enciklopédiában 1½ láb).

Emeletenként két valico volt tehát, ami a felső orsósor kiszolgálását nehézzé tette. Megközelíthetővé a könyvtárakban ma is használatos létrákkal vált, melyekből 20 db az átadási leltárban is előfordul [96]. A csévék tárolására állványok [97], a csévélőt hajtó munkásnők számára fonott székek [98] találhatók a leltárban.

Az orsók ellenkező irányú sodratra átállíthatóságát bizonyítja az üvegcsapágyak száma (6500 db) [99]. Érdekes végül, hogy — talán a tanulógyermekek számára — egy Mazzucato-féle selyemgombolyító gépet is beszereztek [100].

Az incannatorium 1000 csévélőfeje valószínűleg négy 250 fejes gépre oszlott el. Elképzelhető 8×125 fej is, de a csévélőgépek mindig kétoldalasak voltak [101].

Sem a motollák méretei (80×80 cm), ami 2,1 m kerületnek felel meg, sem egyéb felszerelés nem különbözött a szokásosaktól.

Annál inkább elmondhatjuk ezt a vízikerékről. Az Enciklopédia-beli példán 5 m átmérőjű 25 lapátos kerék 6 valicot és 2 csévélőt hajt, összesen 888 orsót, ZONCA rajzán meg éppen 3 valico látható csak. Hasonló esésű vízfolyásnál felállított és szerkezetű egykorú közönséges őrlőmalom képe 5,75 m átmérőjű 30 lapátos kerék mását őrizte meg részünkre. Ugyanakkor az óbudai filatórium 11 láb, tehát 3,48 m átmérőjű 28 lapátos kereke 3240 orsót hajtott három óriási faalkotmánnyal egyetemben! Nem kétséges, hogy ez a feladat meghaladta a vízikerék képességét akkor is, amikor 16 lábnyi (5,06 m) átmérőjű, 48 lapátossal cserélték fel. Az esés a zsiliptől számítva több mint 1,5 m volt ugyan, de a víz mennyisége oly jelentéktelen volt, főleg azonban oly ingadozó, hogy az alulcsapó kerekek max. 35%-os hatásfoka mellett a hatalmas gépezet egyenetlenül, de sokszor egyáltalán nem működött. A kiküldött vizsgálóbizottság igen helyesen szögezte le: „... weil die Maschine den Kräften des treibenden Wassers nicht angemessen seye ..." [102]. Ehhez járult az a furcsa áttételi megoldás, mellyel a két szélső főtengely az ötödik emeleten kapta meghajtását. Joggal szögezte le tehát SKERLECZ, hogy „a fonási szerkezetbe oly hibák csúsztak, hogy az ismételt javítások ellenére majdnem hosszabb ideig szünetelt, mint amennyi ideig dolgozott" [103]. De nem szabad másra, csak az erő és transzmissziós műre gondolnunk, mert az egykori szakértők megegyeztek abban, hogy a gyártott selyem jó minőségű volt és a gép korszerűnek számított [104].

A központi hiba tehát a víz elégtelensége és a vízikerék rossz méretezése volt, amire MAZZUCATO több ízben terjesztett elő javaslatot. Legérdekesebb elgondolása a már említett patak egyesítés volt, amelyet itt kell ismertetni. A Frankel-malom (ma Radl-árok) patakját úgy javasolja bővíteni, hogy egyesíti a csillaghegyi forrás vízével (Grottendorfer Quelle = Békásmegyeri forrás) és a solymári patakkal (Somarer Bach). Ezzel nemcsak a vízmennyiség többszöröződnék meg, hanem a patak szintje sokkal magasabbra emelhető és lehetővé válnék felülcsapó kerék alkalmazása is.

A rekonstrukciót feltüntető 8. ábra fogalmat ad az óbudai filatórium berendezéséről. Metszetben mutatja az épületet a három gép vázával, a baloldalin egy valicot, az ötödik emeleten egy csévélőt nézetben. A rajzon érthetővé válik GARÁDY rejtvénye : miért tátong négy födémben három hatalmas lyuk.

Hátramarad a filatórium teljesítményének kérdése. Láttuk, hogy két teljes tengely a maga 20 valicojával organzin elősodrását végezte, a megmaradó 10-ből 8 utánsodrást, 2 pedig trámacérnázást végzett. Ebből önként adódik két felismerés :

1. Az anyag nem haladt következetesen felülről lefelé, hanem az egyik — valószínűleg a középső gép — foglalkozott utánsodrással.

2. A tráma aránya, vastagabb volta ellenére kicsi volt.

A két VALERO testvér a többször idézett szakértői jegyzőkönyvben [105] megkísérli Magyarország selyemfonodáinak kapacitását összehasonlítani és ezeket a számokat sorolja fel :

Filatórium	Tulajdonos	Évi teljesítmény (mázsa)
Óbuda	Kamara	50
Eszék	Kamara	30
Eszék	Mansioli	14
Pest	Valero	14
		108

Számításukat napi 15 órai üzemre, évi 300 munkanapra vonatkoztatják és így 3164 font organzin és 1896 font tráma termelésére számítanak, megjegyezve, hogy megfelelő vízierő esetén 1/3-dal lehetne növelni a kapacitást.

A számok szerint $15 \cdot 300 = 4500$ évi munkaórát számítva az organzingyártás termelése

$$t_0 = \frac{3164 \cdot 453 \cdot 1000}{4500 \cdot 8 \cdot 108} = 320 \text{ g/1000 orsóóra.}$$

A trámáé durvasága miatt nagyobb, bár az adott sodratok számaránya az orsók száma szerint 4 : 1

$$t_t = \frac{1898 \cdot 453 \cdot 1000}{4500 \cdot 2 \cdot 108} = 880 \text{ g/1000 orsóóra.}$$

A mérlegelt átlagot 473 g-ot alapul véve Valeróék becslése szerint 630 g-ra lett volna emelhető, ami durván évi 6750 font termeléssel lett volna azonos. A valóságban azonban a tráma arányának javítására volt szükség. Ezt Valeróék csak azért nem javasolták, mert több motolla felszerelését kívánta volna meg, ami a gépet megnehezítette és még jobban lassította volna [106].

Az elméleti számításoknak azonban kevés közük volt a valósághoz. Sem napi 15 órai munkát nem lehet számítani a téli hónapokban, hiszen gyertya

vagy mécsvilág miatt nem lehet fonni és tűzveszélyes is, a gép 75%-os időkihasználása sem volt reális, mert gyakorlatilag 1 vagy 2 gép állandóan állt. A fentiekben számított mennyiségek tehát tovább csökkentendők — és akkor előttünk áll a csőd igazi oka.

A luccai selyemcérnázó-malom története és jelentősége a fonógépek fejlődésében

Jelen dolgozat jelentősége nem nőhetne túl honi határainkon, ha nem kísérelné meg a fentiekben ismertetett gép eredetét és elterjedését tisztázva megvilágítani azt a kétségtelen jelentőségét, amelyet a fonás gépesítésében vitt.

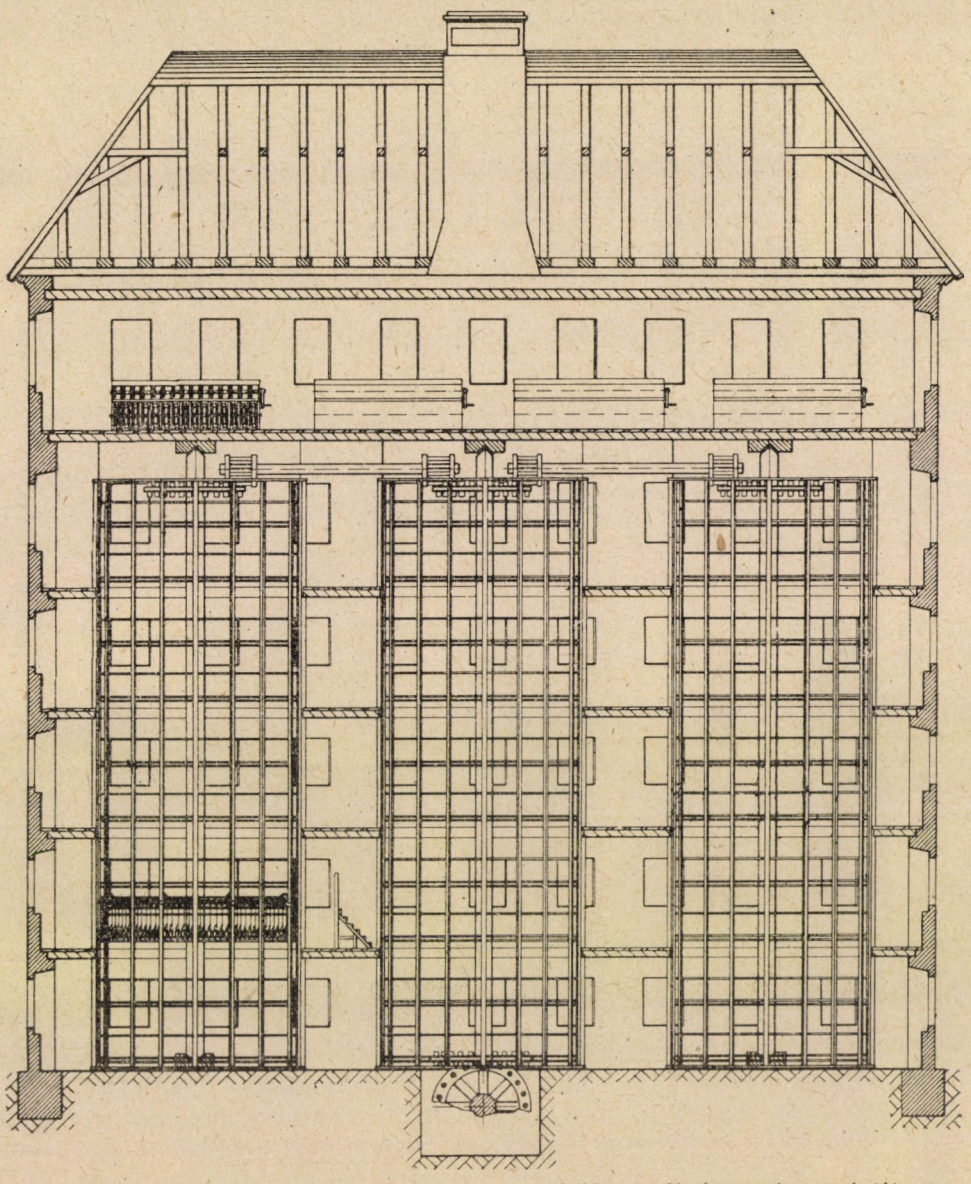
Ezt a jelentőséget azonban nem szabad úgy beállítani, mintha ez a gép a szárnyas- vagy gyűrűsfonógép közvetlen elődje lenne. Elég emlékezetünkbe idézni, hogy a fonal mindig az orsóról fut a motollára és nem fordítva. A kérdés felületes ismerői ugyanis a rajzok alapján modern szárnyasfonógépet vélnek a cérnázómalomban felismerni.

A több orsóról egy motollára való cérnázás elve régi távolkeleti műszaki vívmány. Mind Kínából és Japánból származó selyemcérnázókat, mind hindu pamutcérnázó-eszközöket őriznek szép számmal európai múzeumaink. Így pl. a Conservatoire des Arts et Métiers Párizsban 3510^{1-6} szám alatt kínai cérnázót tart nyilván [107], amelyről A. SCHWARZ vázlatot készített [108]. Ez a 9. ábrán két 8—8 orsóhoz tartozó motollát mutat ; a vízszintes orsókat zsinórhajtással tartja forgásban a távolkeleti fonókerekeknél is alkalmazott forgattyús tárcsa. Feltehető, hogy a motollákat külön kellett meghajtani. Az orsókról tengelyirányban húzódott le a cérna vezetőszemeken keresztül. Hasonló ehhez a 9. ábrán látható hindu változat is.

A luccai selyemmalom vízikerékhajtása semmiben sem különbözik a konvencionális alulcsapó kerékkel hajtott gabonaőrlő-malométól. Tudni kell ehhez még, hogy vízzel hajtott *egy*orsós cérnázók máig is használatosak [109], és hogy a függőleges orsóról való motollálás Keleten igen közönséges dolog.

Mégsem kell az ókori Kínában keresnünk a malom eredetét. Az ókori kínai selymek túlnyomórészt sodratlan fonalból készültek és csak közelkeleti utánzataiknál találkozunk először erősen cérnázott, olykor túlsodrott lánccal [110]. Az ősi kínai selyemszakkönyv a Tien Kung kai vu [111] vagy a Keng csi tu [112] sem ismeri még ezeket a szerszámokat. Valószínű, hogy a szasszanida takácsok, a bizánci selyemüzemek vagy a korai arab technika szülték a primitív cérnázómalmot. Csak így érthető az is, hogy éppen Luccában, a selyemfeldolgozás első európai állomásán tűnik fel a XIII. században [113].

A luccai selyemipar ekkor éri el fejlődése csúcspontját, lakossága úgy elszaporodott, hogy 1260-ban második falgyűrűt kell a város körül vonni. Selyemszövetei versenytárs nélkül valók. Nem tudni, hogy e század második

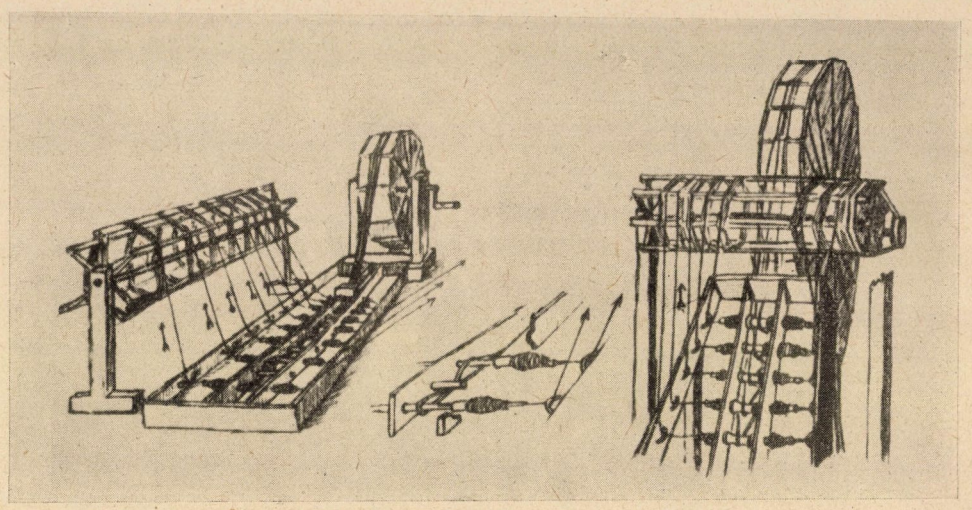


Az óbudai filatórium rekonstrukciója
M = 1:70

8. ábra

felében a guelfek és ghibellinek közötti polgárháborúk vagy pusztán belső viszályok miatt egyre több selyem-iparos hagyta el a várost, Bolognában, Firenzében és Velencében telepedve le.

Hiába védte az 1308-beli céhszabályzat a kialakult titkos eljárásokat azzal, hogy halállal fenyegette a városon kívül ipart űzőket [114]. Már 1272-ben,



9. ábra

mások szerint 1276-ban egy száműzött BORGHENIANO vagy BARGHESANO nevű luccai guelf Bolognában bevezette mind a motollázási, mind a titkos cérnázási eljárást, amiért szülővárosában in effigie felakasztották. A bolognaiak viszont azt a legendát terjesztették, hogy náluk találták fel e gépeket, aminek ellentmond az a levéltári tény, hogy már 1310-ben privilégiumot kapott a luccai születésűnek elismert BARGHESANO fia selyemmalom felállítására.

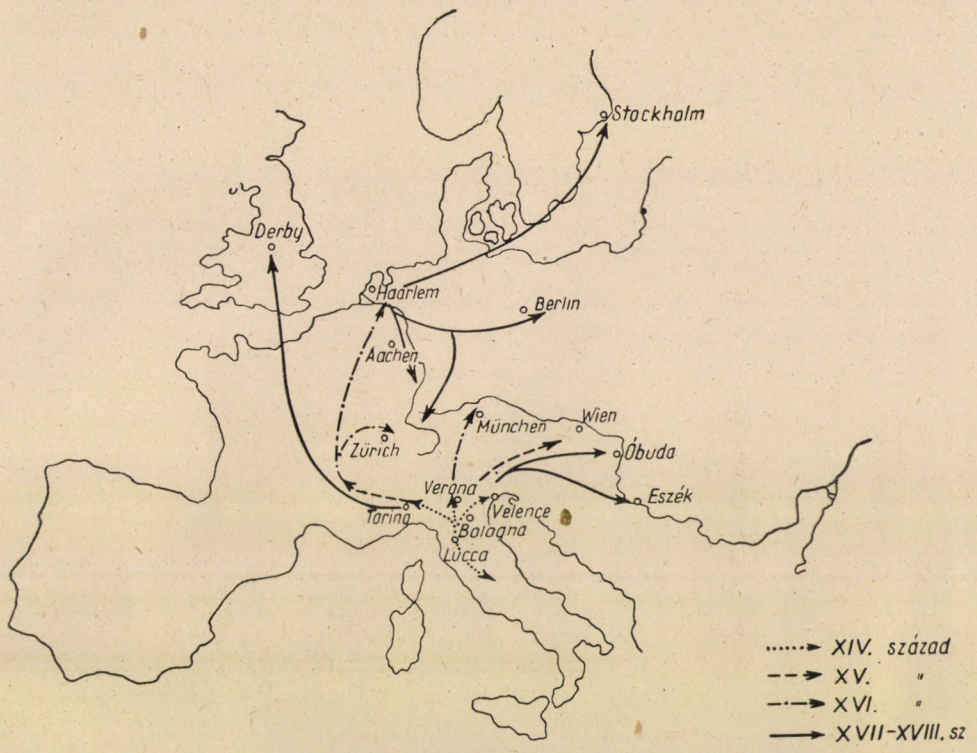
A selyemfilatórium első vázlatszerű ábrázolását egy XV. századi firenzei kézirat őrizte meg számunkra [115]. Ezek szerint ezt megelőzően már elterjedt az észak-olasz városokban [116]. Igen korán jut el Tirolba [117] és 1500 körül Leonardo jól ismert gyártási eljárásnak tekinti [118].

A modenai cérnázómesterek fegyverviselési jogát azzal az ürüggyel adják meg 1510-ben, hogy a bolognaiak állandóan elpusztítással fenyegetik malmaikat. Ez a terjedés lassúsága mellett szólna [119]. Ugyanakkor viszont kétségtelen, hogy már a XV. század elején egész Savoyában, Genovában használják és innen jut 1470-ben, de legkésőbb 1520 körül Lyonba. Veronából elterjed egész Tirolban és Ausztria más vidékeire (1540 óta.) [120]. 1607-ben ismerteti első ízben részletesen VITTORIO ZONCA (1568—1602) paduai építőmester posthumus művében a malmot minden részletével [121].

A XVII. században megjelenik a filatórium Dél-Németországban és Hollandiában. Egyesek szerint a francia hugenották révén terjed tovább [122]. Ekkor már tökéletesítik, mint pl. J. J. BECHER, aki a Münchenben látott gépet megjavítja és Haarlemben egy külön e célra épített házban állítja fel (1681) [123]. (L. 10. ábra.)

Ugyanebben az évben angol szabadalmat is kap gépére. VAN MOLTEN ez idő tájt Utrechtben 500 embert foglalkoztató 37 selyemcérnázó-malmot ala-

pított [124]. Azonban a XVIII. század jelenti a luccai cérnázómalom általános elterjedését Európában, de Olaszország továbbra is vezet. Savoyában pl. 1708-ban 128 filatórium működik 6990 munkással, ugyanott 1787-ben 272 filatóriumot 16 143 foglalkoztatottal tartanak nyilván [125]. Az osztrák tartományokban egyedül Veronában 66, Esteben 26, Roveredóban 26 filatórium működött [126].



10. ábra. A selyemcérnázó-gép terjedése

Ekkor terjed át a selyemcérnázás Hollandiából Észak-Németországba és Svájcba. 1730-ban alapítják meg a 7776 orsós zürichi filatóriumot [127]. 1760-ban már Stockholmban is működik egy franciaországi közvetítéssel átvett selyemcérnázó [128] (10. ábra).

A leghíresebb és legnagyobb vállalkozás természetesen Angliában ment végbe. Elsőként THOMAS COTCHET nevű Derby-beli lakos kísérletezett a filatórium bevezetésével már 1702-ben, eredménytelenül. JOHN LOMBE nevű földije Olaszországban tanulmányozta a kérdést, de emiatt menekülnie kellett. Nem messze COTCHET gyárától megkezdte saját üzeme felépítését 1717-ben. Titokzatos körülmények között halt meg rövidesen, állítólag az alkalmazott olasz munkások mérgezték meg. Azonban unokaöccse 1719-ben befejezte a gyár építését. 26 586 orsójával a valaha létezett legnagyobb filatórium volt és bár 1732-ben

a szabadalmak érvényüket veszítették, még hosszú ideig virágzó üzemnek bizonyult. Gépeinek kicsinyített mását a South Kensington Museum őrzi [129].

A XIX. században még hosszú ideig működtek filatóriumok, Olaszországban még a század végén is [130]. Csupán a végső fokon tőlük leszármazott gyűrűscérnázó-gépek szorították ki őket 1830 után.

*

Befejezésül röviden elemezni kell azt a rendkívüli hatást, amelyet a luccai selyemcérnázó-gép az európai technikára tett. Ezt a befolyást méltányolta ugyan a többször idézett A. SCHWARZ és F. M. FELDHAUS [131], de véleményem szerint nem fogták fel jelentőségét teljes kiterjedésében [132].

A legfontosabb ennek a rendkívüli középkori gépnek az értékelésénél az a körülmény, hogy vízierővel több száz és ezer orsó hajtása válik lehetővé. A XII—XIII. században kalló-, fűrész-, zuzó-őrlőmalom típusok egész sora keletkezik, de a cérnázómalom koncepciója más. Előbbiek bármelyike a nehéz, sokszor állatokkal végeztetett testi munkát gépesítette és egy, ritkán két-négy munkahely pótlását látta el.

A cérnázómalom nem az energiaigényes, hanem a szó mai értelmében vett munkaigényes folyamatok gépesítését indította meg. Egy cérnázónő egyetlen, a távolkeleti motollával 8, de legfeljebb 16 orsó kiszolgálására képes. Az idézett CHRISTOPH MARTIN szerint 1932 orsót 8—9 személy szolgált ki [133], vagyis 215—240 orsó jutott egy személyre, egy kortársa pedig így ír: „...500 Menschen mit der Hand nicht so viel ausrichten können, als hier bloss ihrer 10 oder 20..." [134].

Ez az egyedülálló teljesítménybeli különbség nem egykönnyen magyarázható, hiszen hasonló törekvéseknek mereven ellenállt a középkori céhszellem. Olyan modern találmánnyal van dolgunk, amely jól beleillik a XVIII. század technikai alkotásai közé, de anakronisztikusan hat a XIII. században. Gondoljunk csupán egyik utódára, a szalagszövő-malomra, amelynek a 16. században csúfos bukás lett sorsa.

Érthetőbbé válik talán, ha rámutatunk, hogy a középkor ipari forradalmának voltak szakaszai, amelyekre a munkaerőhiány nyomta rá bélyegét [135]. Csak úgy képzelhető el, hogy ezek egyikében vezették be a malmot, amely ilyenformán nem tett kenyértelenné senkit, ellenkezőleg, jó szolgálatot tett a luccai selyemtakácsok nyersanyagellátásában, vagy ahogyan a már idézett céhszabályzat az egész város jólétére kiterjesztve mondja: „Mivel sok tapasztalat révén megállapíttatott, hogy a selyemipar művelése folytán Lucca város és jóléte igen nagy gyarapodásra tett szert, hiánya következtében viszont csökken és elhal: a selyemipart, a tőle függőket, s vele kapcsolatban állókat a maga számára biztosítani óhajtja."

A selyemfilatórium tehát igen korai találmány, olyan korai, hogy városi proletariátus még nem keletkezett hatására és céhes iparosnak kezdettől fogva

az számított, aki néhányszáz orsós cérnázó birtokában volt. Ezt az állapotot konzerválta az északolasz városok selyemipara a XVII. századig. Ekkor megindúló gyors terjedése rendkívül hatással volt a kor technikájára : ismertté vált egy gép, amely bonyolult szerkezetével több száz munkahely termelését tette lehetővé, óramű pontosságú szerkezet, amelyet képzetlen emberek könnyedén szolgáltak ki. Ekkor már kedvezőbb volt a kor műszaki színvonala is a találmány adaptálására. A renaissance megbecsüli a technikust, a mechanika tudománya a sorozatosan megjelenő teatrum machinariumok révén közkincsé válik és a céhkorlátozásokat egyre inkább nyűgnek érzik.

Keletkezésének másik magyarázata a selyemipar korai és nagymértékű tőkekoncentrációjából folyik. A selyem hallatlan drágasága tett csak lehetővé olyan költséges beruházásokat, amilyen a filatórium volt. A gyapjú, len vagy éppen pamutipar közszükségleti cikkeket gyártott. A selymet lépten-nyomon lopták, s így a mester érdeke volt minél kevesebb munkás alkalmazása [136].

Mindenképpen vitathatatlan, hogy a nagy ipari forradalom idején közismert volt olyan géptípus, amely igen bonyolult kézügyességet igénylő munkát végzett, a szokásos teljesítmény sokszorosát produkálta. Nem tudok szabadulni attól a gondolattól, hogy a luccai selyemmalom puszta létezésével is hozzájárult az ipari forradalomnak a textiliparban, s ezen belül éppen a fonásnál való kiindulásához.

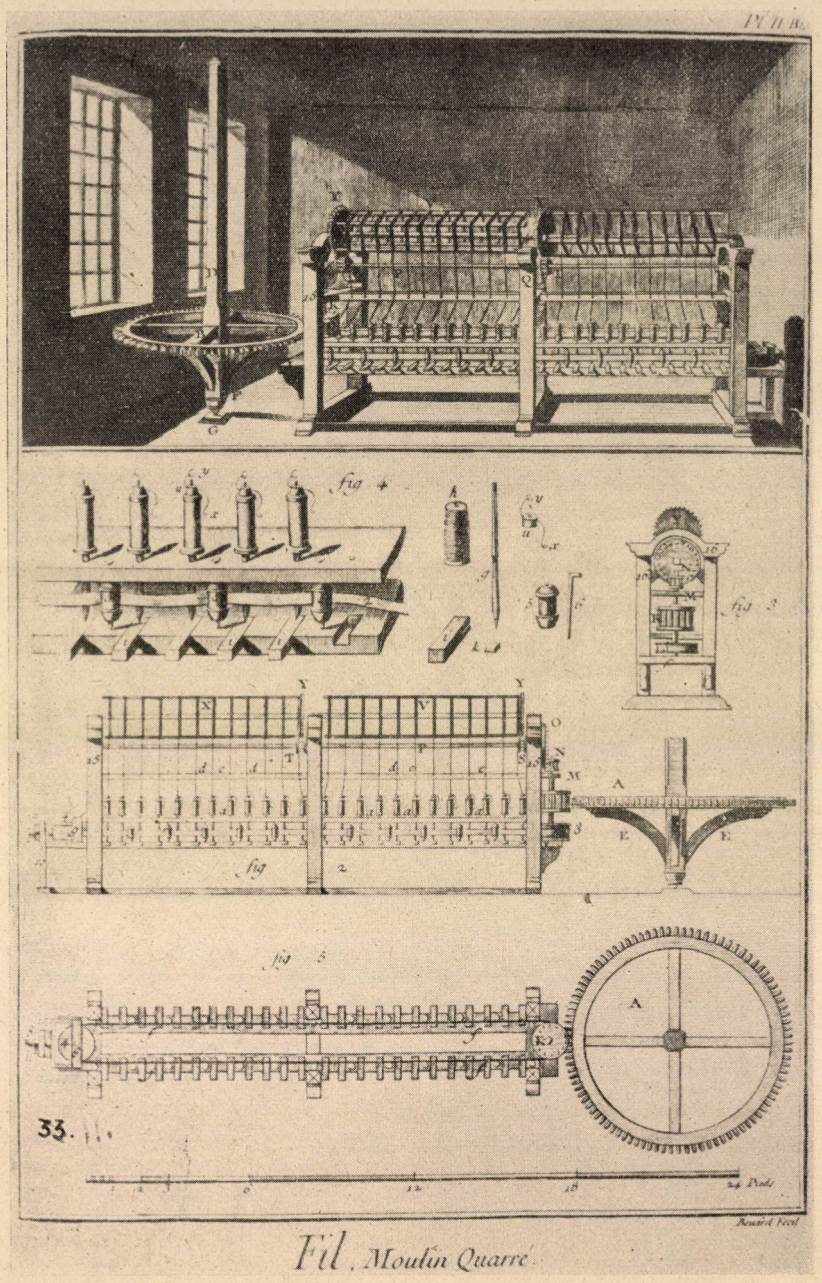
Baines már 1835-ben rámutatott arra a meglepő hasonlatosságra, amely Paul Lewis első fonógépe és a selyemfilatórium között fennállott és bizonyítani igyekezett, hogy a feltaláló járt a Derby-i gyárban. Ez ugyan könnyen lehetséges, hiszen sokan tekintették meg, Defoe és Anderson le is írták, sőt 1732 óta a Towerben nyilvános megtekintésre volt kiállítva a felére kicsinyített mása, csak éppen nem volt erre szükség.

Legalább száz éve leszármazott ugyanis a filatóriumtól egy gépcsalád, amely ugyanazon elveket valósította meg. Ez a kerek és ovális cérnázómalmoké, a gyapjú-, len- és pamutipar területén.

Míg az egyszerű többorsós cérnázógép, ahogyan azt az Enciklopédia bemutatja, közvetlenül származtatható a távolkeleti cérnázókból — orsószáma sohasem haladja meg a 8—12-t és az 1696-ban feltalált aranyfonalcérnázó-gép csak rokona a filatóriumnak, addig az ún. moulin rond és moulin ovale annak kezdetlegesebb változata.

Előbbinek alaprajza, szerkezete meglepően hasonlít a filatórium egy valicojához. A 60 üvegcsészében forgó orsó, szalaghajtásuk és a körön kívül elhelyezett motolla szerkezete, a tartóoszlopok a filatórium származékai. Fejlettebb változatuk, az ovális cérnázó, még a motollák helyzetét is átvette.

A harmadik, a moulin quarré, csak a felületes szemlélő számára áll közelebb az egyszerű cérnázóhoz. Alaprajzán kívül minden a filatóriumra emlékeztet. Az ott megismert tárcsás csévék (*h*), az orsó alakja (*g*), a coronella huzalszárnyával (*u x y*), a cochetti (*i*), a fonalvezető léc (*d e*) és a motollák elhelyezése csak-



11. ábra. Moulin Quarré-cérnázógép (Az Enciklopédia után)

úgy a filatóriumból származtatható, mint a függőlegesen a födémekben csapágyazott nagy fogaskerék főtengely (*D*).

Nincs tudomásom arról, mikor keletkeztek a gépek, de mivel a cérnázócéhek viszonylag későn, általában csak a XVII. század végén keletkeztek [137], okunk van feltételezni, hogy a gépek ekkor fogantak a filatórium ötletéből.

Merő naívitás tehát azt állítani, hogy HARGREAVESnek vagy ARKWRIGHTnek a függőlegesen pörgő orsót ki kellett találniuk, vagy WYATT az ujjak nélküli fonás eszméjét vetette volna fel elsőnek. Mindez a XVIII. század elején Európaszerte közismert jelenség a filatórium révén és utánzóinak se szeri, se száma [138]. Biztos például, hogy 1741-ben Northamptonban 250 orsós vízikerékkel hajtott fonoda működött [139].

Elegendő csak egy pillantást vetni az első hivatalosan is elismert folyamatos fonógépre, ARKWRIGHT Water Frame-jére [140], hogy felismerjük: szinte pontos mása a moulin quarrénak, csak éppen fordítva halad rajta a fonal.

Más helyen rámutattam arra, hogy a többemeletes gyárépület kialakulásában milyen döntő hatással volt a fejlődésre a selyemfilatóriumnak [141].

Ennyit a luccai selyemcérnázó puszta létének hatásáról a technikára. A benne felhalmozott műszaki tapasztalat részleteire is érdemes azonban néhány szót vesztegetni.

Nem kétséges például, hogy a szárnyas orsó elve a filatóriumban valósul meg először. A tehetetlensége folytán az orsófordulathoz képest elmaradó fonalvezetőelem később az egytárcsás rokkán, majd a gyűrűsfonógépen tér vissza.

A függőleges tengelyű hatalmas motollára emlékeztető gép kétségkívül kiindulópontja a XVII. században elterjedt felvető „karónak", amely máig is a kéziszövés jellegzetes munkaeszköze.

Már szóltunk arról, hogy excentertárcsás fonalvezetője a legkorábbi ilyen természetű megoldás. Üvegcsapágyai sokszáz évvel előzték meg az első angol szabadalmakat (1677: iránytű, 1704: órák számára). Az orsók szalaghajtása és a dörzshajtás éppúgy elsők a maguk nemében, mint a tárcsás cséve és a „malacfaroknak" nevezett fonalvezetőhuzal.

*

Nem ismerünk más bonyolult gépet, amely szinte változtatás nélkül szolgált volna végig 600 esztendőt. Feledésbe merült feltalálója korának körülményeihez képest tökéletes munkát végzett. Megálmodta a nagy ipari forradalmat és a maga szűk területén meg is valósította azt.

IRODALOM

1. PAULOVITS N. 78 éves gépésztechnikus és háztulajdonos közlése.
2. GARÁDY S.: Az óbudai filatórium, História, 1932. melléklet 3—29 pp., továbbiakban Garády.
3. SCHÓBER J.: A selyem és feldolgozása (Bp. Franklin, 1926.).
4. KEESS: Beschreibung der rohen Materialien, welche in den Fabriken, Manufakturen und Gewerben des österreichischen Kaiserstaates verarbeitet werden. (Wien, 1819. 1. Theil, 425 p.).
5. Ez annyira átmegy a köztudatba, hogy KUNITS 1824-ben már azt írja, hogy ő az első, aki a selyemtenyésztés bevezetését javasolja Magyarországon. Topographische Beschreibungen des Königreichs Ungarn (Pest, I. 277 p.).
6. Az Eszéken levő gombolyító magánkézben volt, a helyi filatórium kamarai. FUTÓ M.: A magyar gyáripar története I. (Bp. 1944. 97 p.).
7. Pl. Valeroéknak is volt kisebb cérnázóberendezése. Garády i. m. 5 p.
8. FUTÓ i. m. 96 p.
9. GARÁDY i. m. 4 p.
10. Általában 4 kg gubóra számítunk 1 kg grege-t, akkoriban jóval a 10% alatt maradt, mert a minőségi követelmények is nagyobbak voltak, a gubók is kisebbek.
11. BLASKOVITS JÓZSEF: A' selyem tenyésztésének módjáról (Nagyvárad, 1793. 52 p.) írja, hogy 2 font 25 latra 5 lat strazza hulladék keletkezik (1 font = 32 lat).
12. Acta Cam. Oec. Ao. 1779. febr. 192. „...ein zweytes Filatorium zu erbauen, inmassen das Essegger nicht einmal die Alt-Ofner Zeug-Fabrikanten mit Orsolio Seide zu versehen vermögend..."
13. GARÁDY i. m. 3 p. és Futó i. m. 64 p.
14. Orsz. Levéltár Canc. Acta Generalia 1801—6257 alatti, de 1794-beli attestatum.
15. Organzinért 11,30 Ft, trámáért 9,30 Ft, fonatlan selyemért 7,30 Ft árat ajánlott meg fontonként: a strazza és strusi mázsájáért 10 Ft-ot.
16. KÓSA JÁNOS: A budapesti selyemipar kialakulása (Bp. 1939. 18 p.). Fachini „újításáról" természetesen jogtalanul ír a szerző.
17. Schedium de statu praesenti Fabricarum etc. c. művében (Nagyvárad, 1793) azt írja, hogy a temesvári, eszéki, vukovári, pozsegai filatóriumok mellett az óbudai „oly nagyságú, és fontosságú, hogy méltán hasonlítható az olaszokhoz".
18. Az emberi erővel hajtott filatóriumok többségben voltak. Ezekről a „kis-cérnázómalmokról" írja KEESS (i. m. 133 p.): „Zwey Personen sind hinreichend zur Bedienung der ganzen Maschine; die eine geht... stets rückwärts oder im Kreise herum und setzt dadurch die Welle samt allen Haspeln in Bewegung".
19. Orsz. Levéltár, Mapparum archivalium Nr 830/74.
20. GARÁDY i. m. 4 p.
21. A jelentésben helytelenül Traszkirchen.
22. GARÁDY i. m. 5 p.
23. „...war das bedeutendste Filatorium darjenige, welches Fürst Auersberg und nachher Pokorni unter der grünen Mühle zu Traiskirchen besass, welches aber nun nicht mehr besteht." i. m. 134 p. Tehát ez is megszűnt 1819 előtt: talán azonos szervi bajban szenvedtek?
24. Acta cam. oecon. 1782. 486.
25. GARÁDY i. m. 7 p.
26. KÓSA i. m. 19 p.
27. Cam. Hung. 1780 f. 7 no. 133.
28. KÓSA i. m. 20 p.
29. Uo. 21 f.
30. GARÁDY i. m. 9 p.
31. KÓSA i. m. 22 p.
32. GARÁDY i. m. 9 p.
33. Uo. 11 p.
34. Fiúkért 40, lányokért 24 Ft az étkezésért és egyöntetűen 12 Ft-ot a ruházásért. Oec. 1782. febr. 234.
35. KÓSA i. m. 23 p. és GARÁDY i. m. 11 p., aki megemlíti, hogy eredetileg felülcsapó vízkereket tartott szükségesnek, de az 11—14 000 Ft-ba került volna.
36. Uo. 12 p.
37. KÓSA i. m. 24 p.
38. Uo.

39. A 69 éves mestert 1500 Ft évi fizetéssel és lakással hívta meg II. József, hogy Óbudán deglomeratóriumot állítson fel. Az ekkor (1785-ben) épült ovaloid épület ma is áll és selyemgyárként is jóval túlélte a filatóriumot. BLASKOVITS GRELLMANN i. m. 268 p.
40. Érdekes, hogy MAZZUCATO tervezőként, TALLHERR építészként szerepel ezen az aktán, amelyet egyébként a későbbi neves közgazdász SKERLECZ Miklós szignál javaslólag. Az indokolás hangsúlyozza, hogy a három gép 3/4 részét képes csak csévével ellátni a meglevő incannatorium. Ser. cult. 1785. jún. 1497.
41. Ser. cult. 1785. júl. 1626.
42. GARÁDY i. m. 15 p.
43. Uo. 17—18 pp.
44. Uo. 16 p. és KÓSA i. m. 26 p. Néhány évvel később már igen rossz véleménye van a Fürnberg-féle monopóliumról (Historia 1930. 4—6. sz. 73 p.).
45. Uo.
46. GARÁDY i. m. 19—21 pp.
47. Oeconomica 1792. f 9. alatt a hiányjegyzéken kívül érdekes egy javításokra irányuló költségvetés, amely a gépek megvetemedéséről, a padlózat, a csatorna és vízikerék megrohadásáról ad számot.
48. KORABINSZKY : Lexikon von Ungarn (Pozsony, 1786.) így ír róla : „Es ist ein *Turn* in welchen die Maschine mit Wasser getrieben wird" (498 p.).
49. Érdekes, hogy a telken ma lakók is állandóan panaszkodnak a terület nedvessége miatt. Látogatásomkor a volt fagyapotgyár pincéjében magasan állt a víz.
50. Serici cultura 1799 f. 6.
51. GARÁDY i. m. 22 p.
52. Uo. 23 p.
53. SCHAMS, F. : Vollständige Beschreibung der königl. freyen Hauptstadt Ofen in Ungern (Ofen, 1822. 638 p.).
54. KUNITS : Topographische Beschreibungen des Königreichs Ungarn, I. (Pest, 1824. 277 p.)
55. Ser. cult. 1785. febr. 327.
56. VÖRÖS LÁSZLÓ 1833. Plan der Umgebung v. Ofen 1836.
57. A Pest-Budai árvíz 1838-ban (Bp. 1938. 208 p.).
58. Helyét HÄUFFLER 1854-ben (Arch. közlemények) és Rómer Flóris 1862-ben még ismeri, de „nyomairól" beszélnek.
59. Oeconomica 1782. május 486. alatt.
60. Jól láthatók a tervrajzon a felduzzasztott vízmedence halvány körvonalai, ami az azonosítást megkönnyíti.
61. A tervrajzon mérve a filatóriumi kerék átmérője még kisebb is.
62. GARÁDY i. m. 5 p.
63. Oeconomica 1782. máj. 486 szerint 2° 0'.
64. KUNITS i. m. 277 p.
65. Idézi GARÁDY i. m. 6 p. „...da nun querüber wegen denen dreyen Maschinen Räder so von oben bis unter durchsichtig sindt, keine regelmässige Schliessen (falkötő vasak) köhnen gezogen werden, so ist des Gemeuer auf disze höche und etwas stärker, da es von allen Seithen denen heftigen Winden und Witterung frey ausgesetztet ist..."
66. Mint a tervrajzból is látható, ennek padlója ép.
67. Oec. 1781. okt. 299.
68. Oec. 1782. máj. 486.
69. Így SCHAMS i. m., KUNITS i. m., aki „in seiner Art einzige, schöne Gebäude"-nak nevezi és még Palugyay : Budapest leírásában (Pest, 1852) c. művében is „igen szép és nagyszerű" jelzővel illeti (238 p.).
70. WEISZ : Geschichte der Stadt Wien, II. (Wien, 1883. 329 p.). (1795-ös statisztika alapján.)
71. GARÁDY i. m. 7 p. Ugyanott azt írja : „mindenesetre érdekes lenne, ha rekonstruálni lehetne e gépeket".
72. Ser. cult. 1785. június 1497. (39. lábjegyzet).
73. Oeconomica 1792. fons. 9.
74. Oec. 1782. jún. 486.
75. I. m. 133 p. „...ist eine künstliche Maschine, welche dem betrachtenden Auge wegen ihrer mechanischen Vollendung einen überraschenden Anblick gewähret... bestehen gewöhnlich aus 3 und mehr Stockwerken, in welchen einige hundert auch tausend Spulen durch eine Welle in Bewegung gesetzt werden."
76. I. m. 18 p. „Itt tehát nem csupán egy újabb üzem felállításáról volt szó, hanem nagy jelentőségű technikai újítás bevezetéséről..." stb.
77. Idézi A. SCHWARZ : Seidenhaspel u. Seidenmühlen (Ciba-Rundschau 64 — 1945. 2353 p.).
78. Encyclopédie ou dictionnaire raisonné etc. V. (Neufchatel 1765. 280 p.).

79. I. m. 133 p.
80. A következő leírásnál az Enciklopédián — melynek tábláit is használom — és Schwarz és Keess említett művein kívül felhasználtam Jacobsson : Schauplatz der Zeugmanufakturen in Deutschland, etc. (Berlin, 1774. Bd. 3. — Prágai NTM könyvtára) és Christoph Martin 1745-beli rajzait ismertető de Roover : Die Seidenstadt Lucca (Ciba-Rundschau 92.). A táblák a Recueil des Planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts méchaniques címen jelentek meg (XI. kötet, VIII—XVII. tábla. Paris, 1772.).
81. *Filatoio* fonó-, *torcitoio* sodróeszközt jelent.
82. Roover i. m. 3398 p.
83. Kees i. m. 133 p.
84. Schwarz, A., i. m. 2354 p.
85. Enciklopédia V. Soie címszó, 280 p.
86. Uo. 284 ff. Az 1724. ápr. 8.-ki királyi rendelet kötelezi a tulajdonosokat, hogy gépeiket két hónapon belül alakítsák át.
87. Keess i. m. 133 p.
88. Jacobson i. m. 2 t. 334 p.
89. A következő fejtegetéseknél elsősorban a mellékletben is előforduló költségvetésbeli Oeconomica 1782. jún. 486. alatti, ill. átadási Oec. 1792. f. 9 alatti, továbbá a Serici cult. 1785. jan. 48 alatti leltárra támaszkodom.
90. Ser. cutl. 1785. jún. 1497.
91. Kósa i. m. 23 p.
92. A szakbizottság jelentéséből. Ser. cult. 1785 jan. 48.
93. Az Enciklopédia csupán 4,16 m külső átmérőjű valicoja csak 12 szegmensből áll, mindegyik 6 orsóval (= 72 orsó). Kerülete tehát 5—6 m-rel kisebb az óbudaiénál, ami a 36 orsótöbbletnek meg is felel.
94. „270 Radeln von weichen Holz".
95. „3240 Butoni mit Quadri von Bley zu den Spindeln".
96. „20 hölzerne Leiter Stiege zu der Maschine" (3. Abt.-ban).
97. Átadási leltár 2—5. Abt. : „4 Stück Spullen Stellagen". „5 Fächer zu den Spullen" stb.
98. Uo. 2. Abt. : „24 alte abgenutzte Strohsässel".
99. Uo.„6500 Spindel Pfandl" (2.3240 - 6480) szerepel az 1791-beli leltárban. Furcsa módon 1784-ben csak 3300-at vesznek fel.
100. Uo. „1 Gallet Abspinnungs Machine auf die Mazzocatoarth". Hasonló célt szolgálhatott a padláson heverő „2 Hand Filatorio zerlegt und ist zu repariren."
101. Az alsó emeleteken álló idézett csévelők („Auf beiden Seiten ganz fertige Incannatori") tán az eredeti gépek voltak, amelyeket lehordás közben leltároztak ?
102. Ser. cult. 1785. jan. 48. 30—31 p.
103. Idézi Futó, i. m. 96 p.
104. Mint 102.
105. Uo. 33 p.
106. „...merklich erschwertet, folglich ihr itziger ohnehin langsamer Gang noch geschwächet würde."
107. Catalogue du Musée Section T. Paris, 1942. 68—69 pp.
108. Schwarz, i. m. 2356 p.
109. Lanser, O. : Tiroler Volkstechnik (Innsbruck 1954.) 116 p.
110. Pfister : Textiles de Palmyre (Paris, 1934—37.).
111. 1637-ben jelent meg először.
112. XII. szd. közepei mű 1676-os kiadása ismert.
113. Cérnázóeszközöket már Jean de Garland szótára (1211) és a Boileau-féle céhszabályzat (1260) is említ, utóbbi többfélét, de ezek lehettek 1—2 orsós fonókerekek is („filaresses de soie a grands, ill. a petits fusiaux.").
114. Az 1539-ből fennmaradt újabb változat 50 dukát jutalmat tűzött ki annak, aki városon kívüli iparűzőt meggyilkol !
115. Bibliotheca Laurenziana, Plut. 89.
116. Schwarz idézi Binit (I Lucchesi a Venezia. Atti Accad. Lucchesi 1853.) aki szerint 1314-ben (Keess szerint, i. m. 424 p. 1309-ben) Velencében bevezették a cérnázót.
117. Keess, i. m. 424 p.
118. Feldhaus hívta fel figyelmemet e tekintetben M. Herzfeld : Leonardo c. művére.
119. Schwarz, i. m. 2358 p.
120. Uo.
121. Novo Teatro di Macchine et Edificii Padua 1607.
122. Enciclopedia Italiana „Seta".
123. Feldhaus közlése Becher : Närrische Weisheit 1682. 14 p.

124. SCHWARZ, i. m. 2358 p.
125. Uo.
126. KEESS, i. m. 2. rész 1. kötet 134 p.
127. SCHWARZ, i. m. 2358 p.
128. TORSTEN ALTHIN : Italienska textilmaskiner. Daedalus 1952. Stockholm, 127 p.
129. Uo., valamint SCHWARZ i. m. és BORN : Das Spinnard, Ciba-Rundschau 30 — 1398. 1120 p.
130. FELDHAUS : Maschine um Leben der Völker (Basel, 1952.).
131. Uo.
132. Egy előttem ismeretlen szerző talán már felismerte — és talán túlbecsülte — ezt a szerepet, mert Florence ROOVER idézett művében így polemizál vele : „Es wurde schon, freilich zu Unrecht, behauptet, dass sich die heutigen Fabriken aus den mittelalterlichen Zwirnmühlen entwickelt haben. Obschon nämlich der Zwirnprozess zum grössten Teil automatisch war... war die Anzahl des in einer Zwirnmühle beschäftigten Personals so gering, dass diese Art Betrieb nicht als ein frühes Beispiel einer Fabrik betrachtet werden kann."
133. Uo. 1745-ös adat.
134. 1744-beli adat, idézve Schwarznál.
135. ENDREI WALTER : Középkori munkamódszerek kialakulásának történetéhez. Századok, 1957. 1—4. sz. 124 p.
136. A luccai céhszabály ezért tiltja a selyem adásvételét, zálogként való letételét stb.
137. Pl. Gentben csak 1714-ben.
138. A HARGREAVES előtti fonógépekről l. Endrei : A szakaszos fonás gépesítésének kezdeteiről. Magyar Textiltechnika 1955. 6. sz. Az állandó fonásáról Ure : The cotton manufacture of Great Britain (London, 1851.) I.
139. Uo. 239 p.
140. Melyet mellesleg 1769-beli szabadalmi leírásában lóval hajtatott : „...which receive their motion from a horse..."
141. ENDREI : A többemeletes gyár keletkezése. Magyar Textiltechnika, 1957. 5—6. sz. 255 p.

ÖSSZEFOGLALÓ

II. József utasítására 1781-ben felépült Magyarország első nagyszabású gyára, az ötemeletes, 4240 orsós óbudai filatórium. Csak 1789-ig működött, gépei vagy azok leírása nem maradt ránk. A tanulmány az alkatrészleltárak és a luccai selyemcérnázó-malom XVIII. századi alakjának egybevetésével megkísérli az eredeti gépi berendezés rekonstrukcióját. A luccai selyemcérnázónak a XVIII. századi ipari forradalomra tett nagy hatásának méltatása egészíti ki a gondolatmenetet.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1956. ÉS 1957. ÉVI MŰSZAKI TUDOMÁNYTÖRTÉNETI PÁLYÁZATÁNAK EREDMÉNYE

KEREKES PÁL

Az MTA 1956. évre pályázatot hirdetett hazai vonatkozású műszaki tudománytörténeti művek írására. A pályázatra az 1956. évi október hó 15-i határidőig 38 dolgozat érkezett be. Ez a nagy érdeklődés eléggé ritka az akadémiai pályázatok között. Ez többek között annak tulajdonítható, hogy az Akadémia Műszaki Tudománytörténeti Főbizottsága mind eredményesebben és sikeresebben keresi és találja meg kapcsolatait a nagyszámú érdeklődővel és kutatóval, hatékonyan érvényesíti szakterületén elvi és gyakorlati irányító feladatát, lelkes és hozzáértő szakírógárdát gyűjtött és nevelt.

Bár a beérkezett művek nem ölelik fel a hazai műszaki tudománytörténet egész területét, mégis arányosan oszlanak el. Általában megfelelnek a kiírás feltételeinek és témaválasztásuk zömmel szerencsés. Több dolgozat foglalkozik egyes szakmák, iparágak, iparvállalatok történetével, neves műszaki személyiségek jelentőségével stb.

A pályázat az eddigiek közül nemcsak mennyiségileg, de minőségileg is a legeredményesebb volt. A díjazott és dicséretben részesült munkák mindegyike alapos és magasszínvonalú kutatómunkán alapszik, sikeres bevégzése és közlése a felkutatott újdonságoknak.

A pályázat első és második díja megosztva került odaítélésre, míg négy dolgozatot harmadik díjjal tüntetett ki az Akadémia. Öt pályamű dicséretben részesült.

Bár a pályázati kiírás világosan meghatározta a pályázat jellegét, a beérkezett pályamunkák között voltak olyan dolgozatok is, amelyek a pályázat során nem voltak figyelembe vehetők, mert nem voltak műszaki-történeti vonatkozásúak (pl. matematikai, kémiai, mezőgazdasági, közlekedési, történelmi stb.). Ezeket a dolgozatokat az illetékes akadémiai osztályokhoz, vagy főbizottságokhoz továbbítottuk.

A díjakat és okleveleket az Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya 1957. május hó 16-án osztályvezetőségi ülés keretében osztotta ki. Az osztályvezetőségi tagokon, valamint a pályázókon kívül jelen volt a Műszaki Tudománytörténeti Főbizottság elnöke, dr. VADÁSZ Elemér Kossuth-díjas akadémikus.

Dr. GELEJI Sándor akadémikus, osztálytitkár a díjak átnyújtása előtt bevezetőjében üdvözölte a megjelent pályázókat. Hangsúlyozta ; az Akadémia nagy jelentőséget tulajdonít a Főbizottság működésének, mivel fontosnak és hasznosnak tartja a műszaki tudományok hazai történetének ápolását. Azzal a kéréssel fordult mind a Főbizottsághoz, mind az érdekelt műszaki kutatókhoz, hogy hasznos munkájukat az eddiginél még eredményesebben és lelkesebben folytassák.

A pályázaton az alábbiak részesültek pályadíjban, valamint dicséretben:

Ia díjat kapta ENDREI Walter rövidített aspiráns 2 500 Ft

„Az árpádkori magyar szövőszék" c. dolgozatával.

A szerző két fontos eredményre jut tanulmányában : egyrészt megállapítja, hogy a kínai eredetű bordás-nyüstös-lábítós szövőszék bizánci közvetítéseken át a magyar honfoglalás előtt eljuthatott — és a szláv népek szövőtechnikai műszókincsének teljes egységéből ítélve el is jutott — a Duna-medence szláv lakosságához. Ebből kiindulva és néprajzi, nyelvészeti és régészeti adatok egybevetésével kimutatja, hogy legkésőbb a XII. században a magyar nép is ezt a szövőszéket használta. Ezeknek a meggyőzően és sokoldalúan bizonyított megállapításoknak igen nagy tudományos jelentőségük van, mert világosságot derítenek a lábítós szövőszék sokat vitatott európai elterjedésének keleti vonatkozásaira s egyúttal a középkori magyar szövőszék eddig még nem is érintett kérdésére.

A dolgozat az irodalom, a kéziratos levéltári anyag, múzeumi emlékek, az ásatások eredményeinek felhasználását technikai tudással és a különböző tudományágak adatait kritikával felhasználva, példája lehet a hasonló természetű munkák szerzőinek.

A munkát az Acta Technicában való közlésre javasolta a főbizottság.

Ib díjat kapta: PONGRÁCZ Pál ép. mérnök 2 500 Ft

„Ipari épületek, műemlékek — Malmok" c. dolgozatával.

Nagyszabású munka, amely az őrlőeszközök fejlődésének és az őrlés módszereinek történetén kívül a szárazmalmok, vízimalmok és szélmalmok történetét külföldön és különösen hazánkban részletesen ismerteti. Különösen alaposan foglalkozik a szélmalmokkal, ezek fejlődésével, építésével és a szélenergia felhasználásával. Érdekes fejezetet tartalmaz a molnáréletről. Sok forrásadatot idéz; függelékként a magyarországi molnárcéhlevelek jegyzékét, továbbá az 1955—56-ban meglevő száraz-, vízi- és szélmalmok helyszínének térképét is csatolja.

A munkát a Kiadói Főigazgatóságnak az Akadémia kiadásra javasolta.

IIa díjat BOGDÁN István könyvtáros kapta 1 500 Ft

„Magyar papírkészítés a XVIII. század második felében" c. dolgozatával.

A munka igen széleskörű és mélyreható tanulmányok alapján, óriási anyag feldolgozásával részletesen tárgyalja a XVIII. század második felében virágzó magyar papíripar úgyszólván összes problémáit. A szerző tanulmányozta anyag lehetővé tette, hogy a korabeli papírkészítés részletes műszaki és gazdasági ismertetésén kívül annak általános politikai, továbbá szociálpolitikai és kulturális vonatkozásaira is kiterjedjen.

Tudomásunk szerint ez az első olyan mű, mely igen nagy alapossággal ismerteti a megépült és tervezett papírmalmokat, azok gyártmányait, valamint vízjeleit és így kultúrtörténeti vonatkozásban is nagyon jelentős.

Az Akadémia a dolgozat megjelentetését javasolta a Kiadói Főigazgatóságnak.

IIb díjat kapta: dr. ZOLNAY László tud. kutató 1 500 Ft

„Vízművek a magyar középkorban" c. dolgozatáért.

A tanulmány — amint a szerzői jegyzetből kiderül — 7 évi rendszeres és alapos kutatómunka eredménye. Kitűnő összefoglalást ad a magyarországi középkori vízvezetékekről, de ezen túlmenően kiterjeszti a szerző figyelmét egyéb, a vízellátás körébe vágó történeti emlékeinkre is, hogy világosan elválaszthassa azt, ami belőlük valóban középkori, azoktól, amelyeknek eredete nem eléggé tisztázott, vagy éppen téves megítélésekre adott alkalmat. Ezenkívül beilleszti hazai emlékeinket az európai művelődéstörténet keretébe anélkül azonban, hogy a kínálkozó, bőségesebb külföldi irodalommal a feltétlenül szükségesnél nagyobb mértékben foglalkoznék és így mindvégig eredeti marad.

A dolgozat az MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményeinek XXII. kötetében megjelenik.

IIIa díjat kapta: dr. VAJDA Pál szakíró 1 000 Ft

„A transzformátor története" c. dolgozatáért.

A dolgozat a címében foglalt célkitűzést alaposan és jól oldotta meg. A hazai transzformátorgyártás történetét kezdettől fogva napjainkig tárgyalja. Részletesen kitér a legújabb időkben bekövetkezett fejlődésre és érdekes megoldásokat közöl erről az 1945—1956. évek között történt fejlődésről. Ez a legutolsó 12 év szakbavágó története tudomásunk szerint eddig sehol másutt nem jelent meg. A dolgozat végén felsorolt bibliográfia magában foglalja a tárgyra vonatkozó összes ismert fontosabb közleményt és szakirodalmat.

A pályamű megjelenését az Akadémia javasolja az illetékes szerveknek.

IIIb díjat kapta: ZSÁK Viktor ny. egy. tanár 1 000 Ft

„A formaöntés története" c. dolgozatával.

A mű lényegében a vas- és a nehézfémek öntésének történetét dolgozza fel széleskörű alapossággal, a számbajövő közép-európai (köztük hazai) irodalom igen gondos felhasználásával. A munkának tárgyalása és 82 ábrája az őstörténeti időkig nyúlik vissza, azt igen szemléltető és érdekes olvasmánnyá teszi nem csupán a szakemberek, a közvetlenül öntészettel foglalkozók, de a műszaki élet minden rendű-rangú dolgozója, sőt az egyéb művelt olvasó számára is. A tanulmány bőséges ábraanyaga különös dicséretet érdemel.

A mű megjelentetését az Akadémia javasolja a Műszaki Kiadónak.

IIIc díjat kapta: KENDE Ferenc építészmérnök 1 000 Ft

„A magyar hajómalom fejlődése" című dolgozatáért.

Szerző ezeket a már kipusztulóban levő létesítményeket tárgyalja. A régebbi köves malmoktól kezdve az újabb hengerszékkel működő malmokig ismerteti a malmok technikai berendezését, fölszerelését és üzemüket. Foglalkozik a hajómalmokban végzett búzaőrléssel és rozsőrléssel is és a munkájuk eredményességét feltüntető elszámolásokat hasonlítja össze.

Négy hajómalommal különösen részletesen foglalkozik és ezeknek tervét, üzemi diagramját is közli.

IIId díjat — egyenként 500 Ft-ot kapták: SZIGETVÁRI István könyvtáros,
SÁRKÖZI Zoltán tud. kutató,
SZILÁGYI Gábor tud. munkatárs

„A százesztendős Mosonmagyaróvári Mezőgazdasági Gépgyár" című dolgozatukkal.

E művet szerzői bőséges tanulmányok alapján állították össze, mely értékes részletadatokat szolgáltat mezőgazdasági gépiparunk fejlődésére vonatkozóan.

Dicséretben részesült NYITRAI Elek:

„A magyar kereskedelmi hajózás története Buda visszafoglalásától a gőzhajózás megindulásáig" c. dolgozatáért.

A mű különös figyelmet érdemel, mert olyan korszak hajózásának történetét dolgozza fel, mely általában ismeretlen. Szerző dolgozatában a Mária Terézia korabeli hajózás adatai értékesek, mert ezek eddig igen kevéssé ismertek.

Dicséretben részesült ENDREI Walter röv. aspiráns

„A szinkronikus lábhajtás középkori eredetéről" c. dolgozatáért.

A tanulmány szerzője ezen a példán szemlélteti, hogy a modern technika milyen sokat köszönhet a középkornak. A tanulmány legfőbb érdeme éppen az, hogy kimutatja egy új munkamódszernek, a szinkronikus lábhajtónak (fazekaskorong, lábítós szövőszék stb.) középkori eredetét.

Dicséretben részesült dr. BENDEFY László:

„Szombathelyi Benedek rudasmester. Adatok a középkori magyar földmérés történetéhez" c. dolgozatáért.

A tanulmány a „rudas mesterről" a rendelkezésre álló igen gyér adatok dicséretreméltó buzgalommal igyekszik logikai következtetésekkel kiegészíteni. Kiterjed figyelme a „rudas" szó különböző jelentésére és ezeknek a régi magyar irodalomban való előfordulására stb., amelyek a témával kapcsolatban előfordulhatnak.

Dicséretben részesült TÓTH Béla vegyészmérnök

„Két szemelvény a magyar bőripar történetéből" c. dolgozatáért.

„A Táncsics (Wolfner) bőrgyár története" c. írása tárgyalja a gyár fejlődését, beruházásait, profil alakulását, személyi kérdéseit, egyes üzemrészek kialakulását. „A debreceni tímáripar története" c. rása érdekesen és ügyesen megírt összefoglaló. Sok új, eddig fel nem dolgozott adatot tartalmaz.

Dicséretben részesültek dr. VAJDA Pál és BÖLCSKEI Elemér:

„Magyar hidak, magyar hídépítők" c. dolgozatukért.

Rövidebb dolgozat keretében ad általános képet a magyar hidászat fejlődéséről.

Említésre méltók:

dr. TÓTH Andrásné dr. POLÓNYI Nóra :
„A magyar állami műszaki szervezet kezdetei" c. munkája,
dr. VAJDA Pál :
„Az elektrotechnika magyar úttörői" c. dolgozata,
KUBINSZKI Mihály és PERKOVÁTZ Bódog :
„Széchényi István és a magyar vasutak" c. dolgozata.

Beérkeztek még:

dr. VAJDA Pál :
„A repülés magyar úttörői",
UNGÁR Ferenc :
„Az 50 éves Kistex",
BÁN Attila :
„Adalékok a magyarországi vízimalmok történetéhez",
VARGA Endre :
„Virágh József. A gyorstávíró története",
CSÓKA Ferenc :
„Ajkacsingervölgy története",
BASSI Ödön :
„Adalékok a telefonhírmondó regényéhez",
SZEKERES József és PURJESZ István :
„A Ganz Villamossági Gyár története" és „Ganz Ábrahám gyárának története"
KÁTAI Tivadar :
„Bláthy Ottó Titusz" című dolgozatai.

Minden pályázó részletes értékeléssel kapta vissza dolgozatát.

* * *

Az 1957. évre meghirdetett műszaki tudománytörténeti pályázat eredménye a követ kező volt :

PAPP JÁNOS : „*Puskás Tivadar monográfiája*" c. munkájáért 4000 Ft jutalmat kapott.
Szerző könnyedén, érdekesen adja elő mondanivalóját, de a műből kiérezhető a lelkiismeretes kutató munka. Növeli értékét és hitelét, hogy felhasználja e tárgyban napjainkig közzétett irodalmat.

A mű kiadása javaslatba került.

ENDREI WALTER : „*Az óbudai selyemfilatórium*" c. dolgozatáért 3000 Ft jutalmat kapott.
Egyetlen régi gyárunkról sincsen olyan részletes tájékozottságunk, mint a dolgozat alapján az óbudai filatóriumról. Ugyanakkor távlatok nyíltak meg XVIII. századi ipari forradalom helyes értékelésére. Emellett a magyar ipar egy korai szakaszának sok új részletét közli.

A Tanulmány az MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl. XXII. kötetében megjelenik.

SZEKERES JÓZSEF : „*Egy évszázad az újpesti hajóépítés történetéből*" c. dolgozatáért 3000 Ft jutalmat kapott.
Szerző értékes munkát végzett az újpesti hajóépítés történetének megírásával, mely egyben a mai Gheorghiu Dej-Hajógyár története. Gondos adatgyűjtésével olyan tényeket tár fel, melyek irodalmi feldolgozás nélkül feledésbe merülhettek volna.

A mű közlését javasoltuk.

ILLÉNYI ANDRÁS és PÁLOS JUDIT : „*Nagy magyar feltaláló Bródy Imre*" c. dolgozatukért 2000 Ft jutalmat kaptak.

A pályamű rendkívül színes, élénk stílusú, az olvasót leköti, amellett tudományosan szabatos.

KŐVÁRI JÓZSEF : „*Az ókortól a villamos írógépig*" c. munkája dicséretben részesült.

Megállapítható, hogy az 1957. évben beérkezett munkák sem számban, sem tartalmilag nem fejlődtek olyan ütemben, mint azt várni lehetett volna. Ezért a következő 1958. évre új alakban hirdeti meg pályázatát az MTA Műszaki Tudományok Osztálya műszaki tudománytörténeti művek írására.

*

Az új pályázat díja 10 000 Ft.

A pályázati felhívás lényegesebb részletei a következők : Pályázni lehet általában minden akadémiai színvonalú, tudományos értékű művel, melynek műszaki tudománytörténeti vonatkozása van, a műszaki tudományok és a mérnöki foglalkozás hazai történetével foglalkozik, egészében, vagy megfelelő részében kritikailag értékeli azt.

A pályázat jeligés.

A pályázat beküldési határideje : 1958. október 1. A döntést 1958. dec. 15-ig közzéteszi és a jutalmat dec. 31-ig adja át az Akadémia.

Kizárólag olyan mű küldhető be, amely előzőleg sokszorosításban nem jelent meg.

Pályázni társszerővel is lehet.

Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya minden beküldött művet részletesen és alaposan megbírál és arról az eredmény kihirdetését követően valamennyi pályázót értesíti.

A pályázattal kapcsolatban részletes felvilágosítást az MTA Műszaki Tudományok Osztályának szakelőadója, Kérekes Pál (Bp. V. Nádor u. 15. IV. em. 467), telefon : 123—480 (10—32 mellékáll.) ad.

KÖNYVSZEMLE

VASKOHÁSZATI ENCIKLOPÉDIA IV. KÖTET

Tarján Gusztáv és Vécsey Béla

A VASÉRCEK ÉS A NAGYOLVASZTÓ ELEGYÉNEK ELŐKÉSZÍTÉSE

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1956. 446 oldal, 311 ábra. Ára 100,— Ft

A nagyjelentőségű Enciklopédia sorozatnak ez a kötete, amint azt a főszerkesztő előszavában hangsúlyozza, különleges jelentőségű. A világ kohászata egyre erősebben foglalkozik a betétanyag előkészítésével műszaki és gazdaságossági okokból. Utóbbi szempont különösen esik latba a rendelkezésre álló vagy megszerezhető anyagok minőségi változásaikor s a termelt anyagok áralakulásánál. A nyersanyagok feldolgozása, az alkalmazott eljárások tökéletesítése, az utóbbi években hatalmas fejlődést mutat. Részünkre az előkészítés parancsoló szükségesség, melyet kohászatunkban — nyersanyaghelyzetünk miatt — más országok kohászatánál is fokozottabban kell alkalmazni.

A mű logikus beosztásban, igen jó rendszeresítéssel tárgyalja az anyagot. Két főrészre oszlik, melyek egyike a vasércek mechanikai hideg úton, a másik az elegyek a közvetlen felhasználást megelőző, nagyrészt tűzi úton való előkészítésével foglalkozik.

A *hideg előkészítést* tárgyaló főrész a mű nagyobbik részét foglalja el. Az ércelőkészítés általános fogalmait, célját, fő műveleteit, tehát elméleti elvi részét világos és könnyen érthető módon taglalja. A feltárás, aprítás, őrlés műveleteinek tárgyalása, mely a vasércek hideg és tűzi előkészítésének alapja, bőséges. Sokszor talán részletesebb, mint ahogy arra vaskohászati célból szükség lenne. Bővebb számítások érthetőségét megfelelő példákkal könnyíti meg és nagy számú irodalmi hivatkozással teszi lehetővé egy-egy szakasszal részletesebben foglalkozni kívánó szakember munkáját. Ez vonatkozik nagyrészt a következő fejezetekre is.

Osztályozást szemnagyság szerint: együttülepedés szerint; gravitációs dúsítást; mágneses szeparálást; flotálást; egyéb dúsítási eljárásokat külön-külön fejezetben tárgyalja. Minden fejezetet megfelelő elméleti magyarázattal vezet be, majd az eljárások gyakorlati kivitelét, gépi berendezéseit, teljesítményét és üzemi vonatkozásait ismerteti. Az ércelőkészítéssel kapcsolatosan tárgyalt víztelenítés a vaskohászati gáztisztítás melléktermékeinek kezelésére is jól vonatkoztatható, így nem csupán az ércelőkészítő szakember meríthet belőle.

Az egyenlősítés kérdéseit a könyv első és második része is tárgyalja, utóbbi átlagosítás címen. A kettősség magyarázata nyilvánvalóan az, hogy az átlagosítás címen a második részben tárgyalt fejezet a már előkészített és sokféle alkotórészből álló elegy egyenlősítésére vonatkozik.

Külön fejezetben adja kivitelre került vas és mangán előkészítőművek törzsfáit és üzemi adatait országok szerint csoportosítva. Ezzel az előkészítés tárgyalását színesebbé, érdekesebbé tette, ami feltétlenül dicsérendő. Ebbe foglalta az épülő hazai rudabányai sziderit dúsítómű rövid leírását, amelyet a második rész megfelelő fejezete egészít ki. Igen helyes volt — bár nem ércelőkészítő feladat — a kokszszén előkészítéséről szóló rövid összefoglalásnak beillesztése.

A nagyolvasztó elegyének előkészítését tárgyaló második főrész, a szorosan vett kohászati tűzi előkészítés, szervesen kapcsolódik az előzőhöz.

Az elegyet alkotó anyagok darabnagyságának befolyását a gázáramlásra és a redukálhatóságra megfelelő elméleti megvilágításban mutatja be, kiegészítve a salakképző mészkő fizikai állapotának befolyásával. Ezzel alapozza meg az elegyelőkészítés tárgyalását.

Az ércek szárításának és már fentebb említett átlagosításának külön fejezeteket szentel.

Ezt követi a vasércek szövetének és ásványi összetételének vizsgálatáról szóló fejezet, majd tüzetesebben az érceknek nagyobb hőmérsékleten való vizsgálatáról szóló szakasz. A magyar kutatásban alkalmazott s eddig az irodalomban nem említett eljárással végzett hőbomlási elemzés tárgyalása újszerű.

A vasércek dúsítása című fejezetben részletesen tárgyalja szerző a vasércpörkölést, a vasércek mágnesező (a műben címként alkalmazott „mágneses" nem találó) pörkölését, valamint az ércek dúsítását metallurgiai és vegyészeti eljárásokkal. A fejezet ezeket az igen fontos folyamatokat részletekbe menően taglalja, kiterjed még a hazai bauxitok és hazai wehrlitek dúsítási, és felhasználási lehetőségeinek tisztázására is. A vaskarbonát mágneses pörkölésének taglalásánál felesleges a 311. oldalon II. 8—II. 9 egyenletekben foglalt levezetés, de ellentmondásokat is tartalmaz. Sajnálatos, hogy a Krupp-eljárás tárgyalásánál — melyre a cseh és lengyel műszaki nyelv megfelelő saját szavakat talált — szerző a csehszlovák nagyarányú fejlesztést csak igen röviden említi, pedig „Kralov-Dvur"-ban (és nem Kralovidvur) végzett úttörő fejlesztő munka jelentőségét vezető ipari államok is elismerték. Alapvető feltételként helyesen a megfelelő salak képzését szögezi le, ennek tisztázásához a magyar kutatók is hozzájárultak. Kiemelkedő ebben a fejezetben, de egyébütt is a magyar vonatkozások részletezése, az elért eredmények hangsúlyozása, amilyen pl. a karbonátos mangánérc több irányú felhasználása stb.

A vasércek darabosítása a műnek egyik legnagyobb és legrészletesebben tárgyalt fejezete. Ez kézenfekvő, mert a nyersvasgyártásnak, szorosan véve a nagyolvasztóeljárásnak olyan szoros tartozékává kezd válni, amire találóan azt állapítják meg, hogy az elegyösszeállítás idővel a zsugorítómű vezetőjének kezébe fog átmenni. Az e téren végbemenő általános fejlődés megköveteli az alkalmazott metallurgia, a gépi berendezés alapos ismeretét.

A darabosítás rendszereinek ismertetése után külön alfejezetekben tárgyalja a kötőanyaggal és anélkül történő brikettezést, mint kevésbé alkalmazott darabosítást.

A tűzi úton való darabosítás elméleti alapjainak, a rendszerek ismertetése előtti rövid összefoglalása helyes, de az előzetes formázással előkészítő eljárásokat, tehát a pelletezést is közös alfejezetbe kellett volna foglalni, mint arra némi utalás is van a szövegben. Az újabban mind nagyobb jelentőségű pelletezésnek s ennek keretében a magyar kutatók eredményeinek is megfelelő terjedelmet szentelt szerző.

Az előzetesen alakosra formálás nélküli zsugorítóeljárások ismertetése minden rendszert magában foglal, s jó összehasonlításokat tesz az egyes rendszerek munkája között.

A zsugorítmány minőségét, a zsugorítás folyamán bekövetkező ásványi és vegyi változásokat, az elegy előkészítését, a teljesítmény befolyásolását tárgyaló alfejezetekben a gyakorlati szakember igen hasznos és rendszerezett támpontokat találhat. A zsugorítmány jóságát vizsgáló eljárások közül szerző egyet említ. A zsugorítmánynak a kohósításra való befolyása tekintetében szerző megállapítja, hogy elméletileg hőenergia nyereségről nem lehet szó. Gyakorlatilag azonban — azon túlmenően, hogy olcsóbb tüzelő használható — nagy gazdasági előny jelentkezik a teljesítőképesség növekedésében, a kokszfogyasztásnak igen jelentős csökkenésében. Amint azt a legújabb irodalmi adatok megállapítják, a kokszfogyasztás csökkenése sokkal nagyobb mérvű, s kedvező körülmények között erősen megközelíti az elméletileg szükséges mennyiséget.

A szennyezők eltávolításával foglalkozó szakaszban az arzén eltávolításának mértékére szerző különböző forrásmunkák alapján 50—90%-ot ad meg. Erre szovjet szerzők (POCHVISZNEV stb.) kercsi ércek előkészítése tapasztalatai alapján szalagos zsugorításnál 35—40, forgódobosnál 55%-ot adnak meg.

A darabosítást szerző a ferrokokszgyártással egészíti ki, mely az utóbbi időben a kevésbé kokszolható szeneknek a kokszosításba való bevonása céljából fokozott jelentőségű lett.

Végül külön fejezetben röviden megemlékezik a nagyolvasztóelegyben mészkő helyett égetett mész alkalmazásáról.

Az egész mű tartalom, szerkezet szempontjából kifogástalannak mondható. Nyelve, fogalmazása magyaros, gördülékeny. Szövege világos, könnyen érthető. Műszaki irodalmunknak nagy, hézagpótló nyereséget jelent. Az anyagnak tömör, mindenre kiterjedő tárgyalásán kívül, bőséges irodalomra hivatkozik. Szakember és a kohászati pályára készülő egyetemi hallgató igen jó szakkönyvet kap kézbe.

Meg kell emlékezni a mű kisebb hibáiról is. A 45. oldal 11. ábrájának „a" részlete hibás, a 47. oldalon a 13. ábra felesleges, mert nem mutat többet, mint a 12. ábra. A 89. oldal 57. ábrájának címe nem helyes, mert az szitadobot ábrázol. A 178. oldal alján levő egyenlet utolsó tagja helyesen E_{s_1} és nem E_{v_1}. A 233. oldalon az 56. tábla 5. vízszintes sorának címe helyesen salakmennyiség. A 242. oldal 7. sor [55] hivatkozása helyesen [53]. A 243. oldal 2. bekezdésében Nikopol-t a Donyec vidékére helyezi, pedig az Ukrajnában van. A 304. oldalon az 1. bekezdés 2. sorában „a vasoxid a *benne* bensőleg" ... kitétel helyesen „a vasoxid a *vele* bensőleg" .... A 343. oldal 84. táblázatának 1. sorában FeO SiO_2 helyett FeO SiO_3 van, ugyanezen oldalnak a táblázat utáni 2. sorában az N II. fejezetre hivatkozás helyesen P II. A 373. oldal utolsóelőtti és utolsó bekezdésében 285 *a* ábráról van említés, holott csak 285 sz. ábra van. A 381. oldal VI. fejezet első sorában P I.-re hivatkozás helyesen S I. 383. oldal 1. sorában zsugorítmány„nak" ragja felesleges. A 389. oldal 5. sorában a negyedik szerző neve helyesen N. K. LEONIDOV, a mű címe pedig Domennoe proizvodsztvo ; a tárgy és névmutatóban a 435. oldalon LEONIDOV név

mellett ugyanez a hiba van. A 402. oldal 3. sorában az R. fejezetre való hivatkozás helytelen, az helyesen S VIII. A 409. oldalon a X. 9. képletből kimaradt a „γ".

Kár, hogy a műben fentieken kívül előforduló sajtóhibák kiigazítására nem jelent meg kiigazítójegyzék, ezért a részünkről észlelteket itt felsoroljuk.

87. oldal 2. pont 3. sor drószövetek helyett drótszövetek.
176. oldal 9. irodalmi hivatkozásban „magnyitszoj" helyett „magnyitnoj".
176. oldal 10. irodalmi hivatkozásban „cerna" helyett „zerna".
298. oldal 4. sorban parmágneses helyett paramágneses.
350. oldal 4. bekezdés 6. sorban „magnetitkoncentrátum" helyett „magnetit".
371. oldal 3. bek. *b)* pontban „Allemänna" helyesen „Allmänna".
373. oldal 3. bek. 1. sorban „Geenawalt" helyesen „Greenawalt".
381. oldal irodalmi hivatkozásban 15. alatt „Syntergutes" helyett „Sintergutes".
393. oldal 9. bekezdés 2. sorban „tárgyaluk.j" helyett „tárgyaljuk".
394. oldal 1. pontban „hőmérsékettől" helyesen „hőmérséklettől".
397. oldal 13. alatt „Rakar" helyesen „Rekar", 14. alatt „Eilander" helyesen „Eilender".
424. oldal 299. ábra szerzőinél „Einländer" helyesen „Eilender".
433. oldal „Tigersjiöld" helyesen „Tigerschiöld".

Szele Mihály

Borbíró Virgil és *Valló István:*

GYŐR VÁROSÉPÍTÉSTÖRTÉNETE

Akadémiai Kiadó, Budapest 1956. Szerkesztette: Perényi Imre és Pogány Frigyes. 324 lap. 221 ábra. 4 térképmelléklet

A magyar városokkal foglalkozó irodalom örvendetesen gyarapszik. Több kiadványsorozat ismerteti legszebb városainkat: így az ún. topográfiák eddig Sopront, Budapestet (szerk. Dercsényi Dezső, Akadémiai Kiadó), a Városképek-Műemlékek sorozat eddig Veszprémet, Pécset (szerk. Papp Imre, Műszaki Kiadó). A közelmúltban jelent meg egy tervezett harmadik sorozat első köteteként a Magyar Tudományos Akadémia megbízásából az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Városépítészi Tanszékén készült „Győr városépítéstörténete" c. kiadvány.

Ez a bőség örvendetes, még akkor is, ha az egyes sorozatok célja, jellege, egymáshoz való viszonya még nem látszik teljesen tisztázottnak. A topográfiák a teljes műemléki anyagot adják, de újabban városképi tanulmányt is. A Városképek-Műemlékek sorozat elsődlegesen a városkép kialakulásának és jelen állapotának ismertetését tűzi ki célul, számba véve az egyes építészeti műemlékeket is. Városépítési szempontból a legátfogóbb szándékkal a jelen sorozat indult: komplex jellegű várostörténeti vizsgálatot kíván adni azzal a céllal, hogy minél teljesebb mértékben érthetővé tegye a város építéstörténeti kialakulását és építési szempontból a város jelenlegi állapotát.

A választott város egyike a legméltóbbaknak erre. Római nyomokon újjáéledő, a középkorban felvirágzó, hadászati jelentősége folytán az újkor legnevesebb erődépítőit (Scamozzi, Speckle) foglalkoztató erődített település, mely — miként városaink általában — a török kori sorozatos pusztítások után gazdag barokk, copf építészeti arculatát túlnyomóan a XVIII. században kapta. A XIX. században hatalmas fellendülésnek indult és ma egyik legfejlettebb, legjelentősebb és — főként belvárosa révén — legszebb városainknak.

A könyv az alábbi fejezetekre oszlik: I. A település kialakulása a honfoglalásig. II. A honfoglalástól a törökvészig. III. A XVI—XVII. századi Győr. IV. A legújabb ásatások településtörténeti tanulságai. V. Győr 1617–1703. évi helyszínrajza. VI. A XVIII. századi Győr. VII. Győr a XIX. század első felében. VIII. Győr fejlődése a XIX. század második felében. IX. Győr a két világháború között. X. Győr 1945 után. Az alfejezetek címei inkább mutatják a könyv igazi célját: így pl. „a középkori Győr térbeli alkata" (II/4), „Győr végvárának kiépítése és a Káptalanváros 1567. évi szabályozása" (III/2) stb. A felsorolt fejezeteket terjedelmes jegyzetanyag, név-, tárgy-, helymutató, ábrajegyzék és német nyelvű kivonat egészíti ki.

A könyv hatalmas és alapos kutatómunka eredménye, készítését részletes metodika kidolgozása előzte meg. Szerzői egyfelől az időközben elhúnyt Borbíró Virgil személyében a magyar építészet- és városépítéstörténet kiváló kutatója, Valló István tudományos kutató személyében pedig Győr város egyik legalaposabb ismerője. Mindez biztosítéka volt annak és

egyúttal eredményül hozta is azt, hogy a könyv a legbőségesebb anyagot adja, amit az adott témát tekintve kívánni lehet. A várostörténetnek sok olyan részletével is foglalkozik, mely eddig nem, vagy csak szűk körben volt ismeretes, vagy amelynek hatását a városépítésre, a jelenlegi városképre még nem vizsgálták : így pl. a telekméretek kialakulása, ennek gazdasági és egyéb okai, az életforma, az életviszonyok hatása az építészeti kialakításra. Különösen figyelemre méltó, ha talán nem is teljes mértékben igazolható a Győrött annyira jellegzetes zárt erkélyek, sarokerkélyek keletkezésének értelmezése. Egyik legsikerültebb része még a könyvnek a XIX. századi ipari, műszaki fejlődés leírása ; itt adja a könyv a legtöbbet, a többletet más kiadványokhoz képest, ahol az ilyen témák (pl. közművek fejlődése, vasút, szabályozások stb.) általában hiányoznak.

Bizonytalan azonban a könyv szemlélete és ezzel összefüggésben helyenként az előadása és szerkesztése. Bár célja világos, az anyag és a tárgyalás túlmegy ezen a célon és gyakran részletez olyan eseményeket, jelenségeket, fejt ki olyan nézeteket, amelyek inkább általános történeti jellegűek, vagy oktató célúak és a városépítéshez közvetlenül nincs közük (pl. egykori vásárok részletes leírása, felhajtott lovak száma stb.). Általában a kelleténél terjedelmesebb, a középkori városkép leírása is a rendelkezésre álló adatokhoz képest túlméretezett és inkább elképzelés jellegű.

A cél és műfaj a tartalmi beosztásban sem mindig érvényesül ; így pl. „a középkori városorganizmus" c. alfejezetben városszervezés helyett a város közösségi társadalmi szerveződésével találkozunk ; az általános történeti és a városépítési vonatkozású alfejezetek, részek, váltakozó súllyal váltogatják egymást. Így tehát végső fokon a könyv szerkezetéből és előadásából a sorozat célja inkább következtethető, mintsem egyértelműen megnyilvánuló, különösen zavaró e szempontból a szerzők említette „városéletrajz" kifejezés.

Ezek a műfaji, szemléleti bizonytalanságok ilyen kezdetnek, ilyen vállalkozásnak nagyobbrészt nehezen elkerülhető velejárói. A könyvnek a célja, szándéka is örvendetes és jelentős, megvalósítása pedig, ha nem is mindenben fedi a célt, olyan gazdag, értékes anyagot adott, ami önmagában is komoly kulturális nyereség. Dicsérendő a könyv kiállítása, a várost kitűnően megjelenítő hatalmas, jól csoportosított képanyagával, értékes és gondosan szerkesztett térképeivel. Nemcsak olyanoknak nyújt sokat, akik Győrt, egyik legszebb, és kutatásra érdemesebb városunkat szeretik, hanem mindazoknak is, akik érdeklődnek városaink és a magyar kultúra iránt.

Granasztói Pál

A KŐOLAJKUTATÁS ÉS FELTÁRÁS MÓDSZEREI MAGYARORSZÁGON

Főszerkesztő : *Dr. Szurovy Géza*

Írták : *Dr. Alliquander Ödön, Barlai Zoltán, Dr. Facsinay László, Dr. Falk Richárd, Faluvégi György, Gálfi János, Dr. Gráf László, Dr. Kőrössy László, Mazalán Pál, Scheffer Viktor, Stegena Álajos, Dr. Szalánczi György, Dr. Szurovy Géza, Takács Ernő, Dr. Tomor János, Dr. Vecsey György, Zonda Pál*

Akadémiai Kiadó, Budapest 1957, 679 oldal, 406 ábra, 23 melléklet. Ára 180 Ft

A hazai olajbányászat számos kiváló szakemberének munkájából összeállított könyv a 20 éve megindult magyar kőolajtermelésben végzett geofizikai és földtani kutatásokról és feltárási technikáról, a hazai kőolajbányászat gépészeti kérdéseiről és kőolajbányászatunk kémiai vonatkozásairól ad összefoglaló képet. A mű kőolajbányászati szakirodalmunkban hézagpótló, mivel egyrészt számos olyan kutatási eredményt közöl, amely eddig csak hézagosan vagy egyáltalán nem jelent meg nyomtatásban (ez vonatkozik elsősorban a II. és V. fejezetre), másrészt az egyes szakterületek technikai fejlődésirányának reflektorfényében mutatja meg a hazai gyakorlat eredményeit s a kívánatos fejlődés irányát.

Nem szolgál a könyv előnyéül, hogy az egyes fejezetek különböző súllyal tárgyalják a korszerű technika állását, a magyar kutatások jelenlegi helyzetét, illetőleg kutatásban jelenleg alkalmazott és alkalmazni szándékozott berendezéseket, eljárásokat. Ezt a szerkezeti aránytalanságot csak részben indokolják az egymástól lényegesen eltérő szakterületek (pl. földtan — mélyfúrás) adottságai. Ugyancsak hátránynak érezzük, hogy a kéziratok elkészülte és a könyv kiadása között 2—3 év telt el. Így egyrészt a könyv nem az 1957. évi állapotnak megfelelő „jelenlegi" helyzetet ismerteti. (Pl. Dr. Szurovy írta — egyébként igen értékes — bevezetőben a magyarázó diagramok részben 1954, részben 1955-ig közölnek adatokat), másrészt a közbeeső

időszakban jelentős változások is történtek, ami az 1957-es kiadású munka olvasóját megtévesztheti. (Pl. TAKÁCS ERNŐ a 91. oldalon a hazai tellurikus mérések technikai előrehaladottságát az 1953 nyarán történt mihályi félüzemi tellurikus mérésekkel jellemzi. A hazai szerkesztésű műszerekkel végzett mérések azóta annyira tökéletesedtek, hogy Kína 1956-ban két évi időtartamra magyar kutatócsoportot szerződtetett tellurikus mérések végrehajtására és értékelésére.)

A geofizikai kutatásokat tárgyaló I. fejezet a kőolajtároló szerkezetek felkutatása céljából végzett felszíni geofizikai mérési módszerekkel (A—F alfejezetek) és a mélyfúrással harántolt rétegek vizsgálatát célzó geofizikai eljárásokkal (G alfejezet) foglalkozik. A különböző geofizikai módszerek szerint szétválasztott alfejezetek a torziós ingával, graviméterrel végzett, illetőleg földmágneses, szeizmikus, tellurikus és kisebb jelentőségű egyéb méréseket tárgyalják. Felvilágosítást kapunk a használt műszerek típusairól, a mérési eljárásokról, a mérési eredmények értékelésének és felhasználásának módszereiről, továbbá mind a műszer-, mind pedig a mérés- és értékelési technikában előrelátható, illetőleg kívánatos fejlődésről. A hazai mérési eredményeket közlő ábrák azonban, egyes kivételeket nem tekintve, csak az eljárás magyarázatául kívánnak szolgálni, sőt egyes módszereknél (pl. szeizmikus méréseknél) egyáltalán nincsenek. A mélyfúrási geofizikával foglalkozó G alfejezet elsősorban a korszerű karottázs-szelvények értelmezésének módszereivel foglalkozik. Míg mintegy 2 évtizeddel ezelőtt az elektromos szelvények elsősorban a földtani korrelációnak szolgáltak segítségül, ma ezen túlmenően a szelvényekből egyre pontosabban meghatározható a vizsgált kőzet effektív pórustérfogata, áteresztőképessége, továbbá a hézagok olaj- és víztelítettsége.

A földtani kutatásokkal foglalkozó II. fejezet A és B alfejezete az új olajmezők felkutatása céljából végzett földtani kutatások eredményeit közli nagy alapossággal és gazdag ábraanyaggal. Különösen a 7 dunántúli fő kutatási terület ismertetésénél a szerkezetek kialakulására, a kőolajanyakőzetre, a kőolaj migrálására, valamint a további kilátásokra vonatkozó fejtegetések, teljes áttekintést nyújtanak. A C és D alfejezet a budafapuszta—kiscsehi, újfalui, lovászi és hahóti olajtároló szerkezeteknek elsősorban termelési célokat szem előtt tartó mélyföldtani leírását tartalmazza. A közölt ábra- és adatanyag a szerkezetek megismeréséhez elegendő, azonban kár, hogy az A és B alfejezetekben közöltekkel ellentétben a rétegtérképek és szelvények hossz- és magasságléptékei nincsenek megadva.

A mélyfúrási technika hazai fejlődésével és fejlettségével foglalkozó III. fejezet A alfejezete részletesen és a modern technika kitűnő ismeretében tárgyalja a fúrási műveletet és a mélyfúrás gépi berendezéseit. Az alfejezet viszonylag nagy terjedelmét (139 oldal) feltehetően elsősorban a hazai szakirodalom hiánya indokolja. Kár, hogy az egyes technikai kérdések tárgyalásakor nem tűnik ki, hogy abból a hazai gyakorlat mit valósított meg. Ezt a hiányt részben csökkenti, hogy a B alfejezet az alföldi mélyfúrások tapasztalatait, a C alfejezet a hazai földgázkitörések tanulságait tárgyalja. Az utóbbi rész 11 magyarországi gázkitörés okát és lefolyását elemzi, ismerteti bőséges ábraanyaggal, majd a gázkitörések megelőzéséhez szükséges intézkedésekre tesz javaslatot.

A kőolajbányászat gépi berendezéseivel foglalkozó IV. fejezet A alfejezete a Bányászati Kutató Intézetben kikísérletezett, s az üzemi gyakorlatnak átadott rétegvizsgálót, nagynyomású autoklávot, mélységi mintavevőt, geológráfot és jet-perforátort ismerteti. A B alfejezet a sekélyfúró- és kútkezelő berendezések, továbbá mélyfúróberendezés-tartozékok hazai gyártásának problémáit fejtegeti, s a gyártandó berendezéstípusokra ad javaslatot. A C alfejezet a hidraulikus erőátvitel elméleti és gyakorlati kérdéseit tárgyalja kitűnő szabatossággal, s a mélyfúróberendezéseknél való alkalmazás jelentős előnyeit ismerteti. Bár az egyes alfejezetek a hazai gyakorlat szempontjából fontos kérdéseket tárgyalnak kellő tájékozottsággal, mégis a fejezet nem látszik eléggé összecsiszoltnak, arányosnak. (Pl. a mélyfúrással kapcsolatos gépgyártás összes kérdésével 13 oldalon, a hidraulikus erőátvitellel 15 oldalon át foglalkozik.)

Kőolajbányászatunk kémiai vonatkozásait tárgyaló V. fejezet A alfejezete a mélyfúrásöblítőiszap vizsgálatával foglalkozik. A viszonylag nagyterjedelmű (52 oldalas) tanulmány kiváló elméleti alapossággal tárgyalja főként az öblítőiszap reológiáját és az iszaplepényképződést. Sajnos, hiányzik a hazai gyakorlat és az elért jelentős hazai eredmények ismertetése. A B alfejezet az összes, gyakorlati jelentőséggel bíró, hazai földgáz és kőolajféleség összetételét, valamint számos egyéb kémiai és fizikai jellemzőjét ismerteti, s ezzel nagy körültekintéssel összeállított és régen nélkülözött adatokat bocsát a szakkörök rendelkezésére. Az adatközlésen túlmenően a vegyi összetétel alapján értékes fejtegetéseket tartalmaz a hazai szénhidrogének keletkezésével, rokonságukkal és feldolgozhatóságukkal kapcsolatban.

Szilas A. Pál

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója — Műszaki felelős: Farkas Sándor
A kézirat nyomdába érkezett: 1958. I. 23. — Terjedelem: 23,50 (A/5) ív, 108 ábra, 3 melléklet

44516/58 — Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

Ára: 57,— Ft

TARTALOMJEGYZÉK

Zolnay László: Vízművek a magyar középkorban 1

Ignácz Pál: Transzformátorok terhelhetősége aszimmetrikus üzemben (kivonat)..... 17

Csonka Pál: Süveghéj derékszögű négyszög alaprajz felett 21

Csonka Pál: Egyenes tengelyű rudak kihajlása a rugalmas pontok módszerével tárgyalva (kivonat) 35

Zorkóczy Béla: A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem I. Mechanikai Technológiai Tanszéke kutatásainak legújabb eredményei 37

Avramescu A.: Tranziens szkin-effektus 57

Csonka Pál: Adalékok az izotróp anyagú testek rugalmasságtanához (kivonat)..... 75

Csonka Pál: A tiszta csavarás de Saint Venant-féle elméletének általánosítása 77

Lecznar F. és *Tarján G.:* Lengyel vasércpörkölési kísérletek 79

Schleicher Aladár: Nagyolvasztó és hozzátartozó fúvógép terve 1816-ból 91

Lévai Imre: Adatok a fogaskerekek anyagtakarékos méretezéséhez 99

Tóth Géza és *Waigand Ferenc:* Gépszíjbőr szilárdsága tartós igénybevételkor 107

Szőke Béla: A retesz felületi nyomása 117

Horváth Aurél: Az alkotók aktivitásának kiszámítása kétalkotós fémoldatokban 135

Avramescu A.: Tranziens jelenségek időállandója 157

Tambovcev Sz. P. †: A fémek forgácsolásának vizsgálata gyorsított filmfelvétellel 165

Fáy Csaba: A Vízgépek Tanszékének kavitációs csatornája 187

Tarján Gusztáv: A hidrociklon tangenciális közegáramlását kifejező $v_t r^n = C$ képlet n kitevőjének meghatározása 195

Verebélÿ László: Tőrei Tóth László 1876—1956 215

Kerpely Kálmán: Emlékbeszéd id. Kerpely Antal halálának 50. évfordulójára 217

Tetmajer Alfréd: Id. Kerpely Antal, a kohómérnök 227

Endrei Walter: Az óbudai selyemfilatórium 233

Kerekes Pál: A Magyar Tudományos Akadémia 1956. és 1957. évi műszaki tudománytörténeti pályázatának eredménye 267

KÖNYVSZEMLE

Vaskohászati Enciklopédia IV. Tarján Gusztáv és Vécsey Béla: A vasércek és a nagyolvasztó elegyének előkészítése 273

Borbiró Virgil és Valló István: Győr városépítéstörténete..... 275

Szurovy Géza szerk.: A kőolajkutatás és feltárás módszerei Magyarországon..... 276

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

GELEJI SÁNDOR

XXII. KÖTET 4. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1957. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN
ELHANGZOTT ELŐADÁSOK

AKADÉMIAI KIADÓ BUDAPEST

1958

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

XXII. KÖTET 4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST V. NÁDOR UTCA 15.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST V. ALKOTMÁNY UTCA 21.

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. Nádor utca 15.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi 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 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest V. Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 05-915-111-44), külföldi megrendelések a „Kultúra" Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest VI. Népköztársaság útja 21., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegen nyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkivül a másik három nyelven. Cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest V. Nádor utca 15.

BESZÁMOLÓ A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK MUNKÁJÁRÓL AZ MTA 1957. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN

GELEJI SÁNDOR
AKADÉMIKUS, OSZTÁLYTITKÁR

A Magyar Tudományos Akadémia alapszabályainak értelmében az egyes osztályok titkárai az évi nagygyűlés keretében beszámolnak az előző nagygyűlés óta elmúlt időre vonatkozólag osztályuk működéséről. Mint a Műszaki Tudományok Osztályának titkára, ennek a kötelességemnek teszek most eleget.

Az Akadémia legutolsó nagygyűlése 1956 májusában volt. Az azóta eltelt 18 hónapos időszakban az Osztály működésében jelentős változások következtek be. Hogy e változások okait megfelelően indokolni tudjam, szükségesnek tartom, hogy az Osztály keletkezéséről, korábbi működéséről, célkitűzéseiről bizonyos összefoglaló tájékoztatót adjak.

A Magyar Tudományos Akadémiának 1949-ben történt átszervezése előtt a műszaki tudományoknak nem volt külön osztálya.

A régi típusú akadémiáknak általában nem volt és túlnyomórészt ma sincs műszaki osztályuk. Ezeknek az akadémiáknak az egyes természettudományi ágakat képviselő osztályokon belül voltak, vagy vannak olyan tagjai, akik a műszaki tudománynak kiváló képviselői, de magának a műszaki tudománynak mint olyannak önálló osztálya nem volt, illetve nincs. Mi ennek az oka? A régi típusú akadémiák mindig konzervatívok voltak, és a mérnököket, akik *csak* gépeket, hidakat, gyárakat tudtak építeni, akiknek működése következtében rohamosan változik földünk anyagi és társadalmi berendezkedésének képe, akiknek működése következtében megváltozóban van a földnek a világegyetemhez való viszonya, azokat kicsit lenézően, csak mesteremberekeknek tekintik, akiknek legfeljebb megtűrt helyük van a többi tudományág képviselői között. Pedig ne felejtsük el, az alkotó mérnök az egyetlen olyan tudós az összes tudományok képviselői között, aki olyan új jelenségeket és alkotásokat produkál, melyek a természetben önmaguktól nem fordulnak elő, és ha az ember magasrendűségét az alkotás szimbolizálja, úgy nem szabad elfelejtenünk, hogy a legnagyobb emberi alkotások közt a mérnöki alkotások jelentős helyet foglalnak el. Éppen azért komoly és objektív értékelés a mérnöki gondolkodást vagy működést nem sorozhatja más természettudósok működése mögé.

A XX. század óriási technikai fejlődésének a világot átformáló hatása azonban nem maradhatott az akadémiákra sem hatás nélkül. Ha az akadémiák nem akarják távoltartani magukat a technika világformáló működésétől, hanem azt akarják, hogy országuk fejlődésének tudományos bázisai legyenek, akkor az akadémiáknak szélesen ki kell tárniuk kapujukat a technikai tudományok előtt.

Ez a felismerés legelőször a Szovjetunióban történt meg, ahol az Akadémia újjászervezésekor 1935-ben felállították annak műszaki osztályát és minden anyagi lehetőséget megadtak neki, hogy feladatának meg tudjon felelni. Az azóta elért eredmények a Szovjetuniót igazolják.

Akadémiánk 1949-ben korszerű elvek szerint történt újjászervezésekor megalakult a Műszaki Tudományok Osztálya. Ez az időszak tervgazdálkodásunk első időszaka volt, amikor a műszaki fejlesztési kérdésekkel való foglalkozás is mindinkább előtérbe került. A Műszaki Tudományok Osztálya ebben az időben a szorosan vett akadémiai feladatokon túlmenően, sok olyan munka elvégzését vállalta, amellyel véleménye szerint a népgazdaság fejlesztésében közreműködhetett. Ezt az országos jelentőségű munkát HEVESI GYULA akadémikus, osztálytitkár páratlan agilitású irányításával végezte az Osztály, tudósokból és műszaki szakemberekből széleskörű bizottsági rendszert hozott létre, s ezek segítségével a különböző műszaki tudományterületek helyzetét felmérte, tudományos kutatási terveket, távlati műszaki fejlesztési terveket és számtalan egyéb javaslatot dolgozott ki. A Műszaki Osztály e tevékenységének ideje alatt azonban fokozatosan kifejlődtek és megerősödtek a megfelelő állami szervek, mint pl. a minisztériumok tudományos tanácsai, legújabban a Felsőoktatási és Kutatási Tanács, emellett a különféle ipari kutatóintézetek stb., és így a Műszaki Tudományok Osztálya ennek az, azt lehet mondani, történelmi feladatának elvégzése után egyre inkább tehermentesült ezektől a tevékenységektől. Bár véleményünk szerint aktívan dolgozó és a népgazdaság elvi fejlesztési kérdéseit felső szinten összefogó Műszaki Fejlesztési Tanács felállítása még igen hasznos lenne és ez nagyban fokozná azt a lehetőséget, hogy osztályunk energiáját nyugodt lelkiismerettel főleg a tudományos kutatások művelésére fordíthassa. Az Osztály működésének most vázolt első időszakasza az 1956. évben zárult le. Ettől az időtől kezdve az Osztály — természetesen a maga speciális helyzetét, tehát az iparral való szoros összefüggését is szem előtt tartva — egyre inkább azon az úton haladhatott, melyet az Akadémia alapszabályai kijelölnek, s amely általában a többi tudományos osztályéhoz hasonló. Az Osztály új tevékenységének középpontjába most saját kutatási bázisának erősebb fejlesztése s az ezzel összefüggő feladatok kerültek. Az Osztály tevékenysége a változott helyzetben a nagy területeknek inkább a felületen mozgó átfogása helyett a tudományos bázis mélyebb kiépítése felé irányulhatott. Ennek megfelelőleg történt a mintegy 100 bizottságot magában foglaló rendszer átszervezése úgy, hogy végül is az új feladatok

elvégzésére az osztályvezetőséggel közvetlen összeköttetésben levő mintegy 20 főbizottság maradt meg. Az osztályvezetőség határozata alapján ezek a főbizottságok szükség szerint további szakbizottságokat, munkabizottságokat hozhatnak létre, de a teljes hálózat most így is csak mintegy 40 bizottságból áll.

Mielőtt feladataink és munkánk részletesebb taglalásába bocsátkoznánk, elöljáróban meg kell mondani, hogy bizony működésünk nem volt zavartalan. A múlt év októberében kirobbant ellenforradalmi események hatása az Akadémiát és azon belül a Műszaki Tudományok Osztályát sem hagyta érintetlenül.

Itt nem csak arra gondolok, hogy az ellenforradalmi időszak hosszú időre megbénította az Osztály és kutatószervei munkáját, hogy az óriási anyagi károk késleltették az Osztály célkitűzéseinek megvalósulását (pl. a Műszaki Fizikai Intézet beindítását), hanem szólnom kell arról a helytelen irányzatról is, mely érvényesíteni kívánta hatását pl. a tudományos minősítések megítélésében, majd tömeges, teljesen indokolatlan, rehabilitációs igények támasztásával tudományos fokozatok odaítélésében. Ez az irányzat lényegében ki akarta venni a tudományos káderutánpótlást az Akadémia kezéből és kizárólag az egyetemek hatáskörébe kívánta juttatni.

Az a szemlélet, mely az újtípusú tudományos káderutánpótlás tudományos értékét meglehetősen lebecsülte, akarva-akaratlanul akkor is ellenforradalmi hatásnak tudható be, ha az aspiránsképzésünkben bizonyos kezdeti hibák kétségtelenül megállapíthatók voltak.

Az Osztályvezetőség szilárdan ellenállt minden helytelen törekvésnek és elhárította ezeket. A tudományos fokozatok odaítélésénél egyre fokozottabb igényekkel lépünk fel a jelöltekkel szemben és szigorú szakmai követelményeket támasztunk a jövőben felveendő aspiránsokkal szemben is.

Megelégedéssel állapíthatjuk meg, hogy a gazdasági nehézségek ellenére is a forradalmi munkás-paraszt kormány tudományt elismerő és támogató politikája, a folyó év elején még nem is remélhető anyagi támogatást nyújtott és így lényegében a tudományos munka nagyobb megrázkódtatás nélkül folytatható volt.

Ezek után térjünk rá feladataink és eredményeink megtárgyalására.

Újonnan átalakított bizottságaink működése az osztályvezetőségi üléseken kialakított osztályfeladatokon alapszik. Ezek az *osztályfeladatok* hét csoportra oszthatók:

I. Kutatás.
II. Iparfejlesztés.
III. A tudományos helyzetkép rögzítése.
IV. Irodalmi tevékenység (könyv- és folyóiratkiadás).
V. Rendezvények.
VI. Nemzetközi kapcsolatok.
VII. Káderfejlesztés.

I. *A kutatás* területén mutatkozó feladatok a következők :

1. Az Osztály alapkutatásokkal foglalkozó kutató bázisának az eddiginél erősebb fejlesztése, ami kétféle módon oldandó meg :

a) akadémiai intézetek,

b) egyetemi tanszéki kutatócsoportok létesítésével és anyagi támogatásával.

A bizottságok feladata itt az, hogy a kutatószervek tudományos tanácsaként működjenek ; feladatuk : a kutatószervek évi és távlati terveinek felülvizsgálata, működésük ellenőrzése és az eredmények nyilvántartása.

A kutatással kapcsolatos második és harmadik osztályfeladat :

2. a műszaki tudományos kutatás fő irányvonalának kitűzése.

3. A minisztériumokkal a kölcsönös együttműködés létrehozása.

II. *Az iparfejlesztéssel* kapcsolatban az Osztály feladatainak a következőket tekintjük :

1. A minisztériumok, főhatóságok részéről felvetett konkrét fejlesztési kérdések tudományos vonatkozásainak megvitatása és véleményadás.

2. Több iparágat érintő átfogó komplex fejlesztési kérdésekben tudományos véleménykialakítás.

III. Az Osztály, helyesebben az egyes bizottságok igen fontos feladatának tartjuk a tudományos helyzetkép rögzítését.

Itt a feladat az, hogy a műszaki tudományok és az ipar helyzetéről időnként a világirodalom és a nemzetközi konferenciák alapján megfelelő képet alakítsunk ki és ezzel hazai helyzetünket összhasonlítsuk. Az ilyen helyzetkép kell, hogy magába foglalja a legújabb tudományos kutatások eredményeit, a legújabb technikai eljárásokat és vissza kell, hogy tükrözze azt a szintet, amit ezek meghatároznak. Ilyen helyzetkép alapján lehet majd korszerű kutatási tématerveket elkészíteni.

Mint érdekességet kell megemlítenem, hogy Akadémiánk nagy főtitkára, ARANY JÁNOS is szorgalmazta tudományos helyzetképek készítését. Ha ezt ő az akkori konzervatív Akadémián helyesnek látta, mennyivel indokoltabb ez most nálunk.

Osztályfeladataink ismertetése után nézzük meg, mit tettünk megvalósításuk érdekében. Tartsunk először rövid szemlét az Osztály tudományos intézményei felett.

1956-ban az Osztálynak egyetlen intézete a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet, és három laboratóriuma : a Geodéziai, Geofizikai és Geokémiai Laboratórium volt.

Ugyanekkor hét különböző egyetemen kb. 50 tanszéken végeztek akadémiai céltámogatással kutatómunkát, mégpedig a következő tudományterületeken : geotudományok (geológia, geokémia, geodézia, geofizika), hidrológia, bányászat, kohászat, energetika, gépészet, híradástechnika, automatika, könnyűipar, építés- és közlekedéstudomány.

Ez a hálózat az elmúlt 6—7 év folyamán fejlődött ki, de sajnos nem fogta át az Osztály legfontosabb feladatait és a berendezések sem biztosították a feladatok megoldásának lehetőségét. Az Osztálynak például csak egyetlen tudományos kutatóintézete volt, s az sem olyan tudományterületen, mely a korszerű műszaki kutatások szempontjából a legfontosabb lett volna. Emellett ennek az intézetnek a vezetése egy idő óta oly irányban történt, amellyel az Osztály jóformán egyhangúlag nem értett egyet.

Meg kell említenünk azt is, hogy az Osztály régi kívánsága volt Akadémiai Műszaki Fizikai Intézet felállítása. A tavalyi év első felében született is egy olyan minisztertanácsi határozat, amely intézkedik Akadémiai Műszaki Fizikai Intézet felállításáról. Sajnos a közbejött októberi események és az ezzel kapcsolatban utólag jelentkező anyagi nehézségek lehetetlenné tették ennek az intézetnek létrehozását, aminek pedig pl. a magyar híradástechnikai ipar jövője szempontjából döntő fontossága van.

Azonban az anyagi megszorítások miatt nemcsak a Műszaki Fizikai Intézet megszervezéséről kellett lemondanunk, hanem egyéb vonatkozásban (pl. a beruházás területén is) igen nehéz helyzetben voltunk.

Ilyen körülmények között fogott hozzá a Műszaki Osztály *tudományos bázisának kiépítéséhez.* Az Osztályvezetőség előtt tisztán állt a cél. Elsősorban bármilyen módon létre kell hozni egy modern anyagszerkezeti kutatással foglalkozó Műszaki Fizikai Intézetet, ha csak embrionális formában is, másodszor pedig, az egyetemi tanszéki kutatás egy részének olyan szervezeti formát kell adni, hogy ezek a szervezetek egyelőre mint akadémiai eszmei intézetek működjenek, idővel pedig kialakulhassanak belőlük az akadémiai intézetek.

Elképzelésünk szerint a *Műszaki Fizikai Intézet* létrehozásakor megindítandó anyagszerkezeti kutatás, amelynek eredményeit sem a híradástechnikai ipari kutatás, sem a metallurgiai kutatás nem nélkülözheti, a kiépülő Akadémiai Műszaki Fizikai Intézet munkaterületének később csak egy szektora lenne, hiszen itt kell majd idővel biztosítani az akusztikai, az optikai, mágnességi stb. stb. tudományos alapkutatásoknak a lehetőségeit is. Az Osztály egyúttal arra a meggyőződésre is jutott, hogy az Osztály akadémikusainak közreműködését a Műszaki Fizikai Intézet kutatásaival kapcsolatban a legmesszebbmenő módon biztosítani kell.

A *tanszéki akadémiai kutatás* megindítása annak idején azt a célt szolgálta, hogy az egyetemeken minél szélesebbkörű, lehetőleg minden műszaki tudományterületet átfogó tevékenység induljon meg, ami tudományos kutatógárda kialakulását is lehetővé fogja tenni. Ezt a mennyiség jellegű törekvést támogatta annak idején az Osztály hasonló elveken alapuló bizottsági rendszere is. Ezt az egészséges, de inkább kezdeti állapotot most már mindinkább a mennyiségek rovására minőségi törekvések kell, hogy kövessék. Itt döntően abból az elvből kellett kiindulnunk, hogy a tudományos kutatás eredményességét elsősorban az illető tudományterület vezető tudósainak rátermettsége

biztosítja. A műszaki alapkutatás bázisainak ezeket a tudósokat kell tekintenünk s a rendelkezésre álló anyagiakat elsősorban ilyen helyekre kell koncentrálnunk. A másik fontos elv a tudományos szellemi erőknek és anyagi felkészültségnek egy-egy szűkebb területen való összefogása : *tudományos munkaközösségek létesítése.*

Ennek a két elvnek helyes alkalmazásával óhajtjuk az Osztály jelenlegi tanszéki kutatási hálózatát fokozatosan olyan munkaközösségi rendszerbe átvinni, melyben a tanszékek, illetve a résztvevő vezető tudósok személye ott is garantálni fogja az alapkutatási nívó elérését, ahol ezt még nem sikerült megvalósítani. Ezekből a munkaközösségekből, melyeknek a tématerve valójában a tudományos haladást szolgáló alapkutatásokat fogja tartalmazni, lehet majd elsősorban a fent említett műszaki akadémiai kutatóintézeteket kifejleszteni.

A fentvázolt lehetőségek mellett kellett a feladathoz hozzáfogni. Az Osztály úgy látta, hogy adottságai mellett akkor jár el leghelyesebben, ha a megindítandó Műszaki Fizikai Intézet első kutatórészlegeit a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet meglevő kereteibe illeszti be, ugyanakkor az intézet vezetését az Osztály egyik akadémikusára bízza.

Az Osztálynak ilyen irányú felterjesztését az Elnökség 1957. évi október 25-i ülése elfogadta és az intézet átszervezésével kapcsolatban a következő határozatot hozta :

1. Elnökség a Műszaki Fizikai Intézet felállítására vonatkozó javaslatot elfogadja, azzal a módosítással, hogy a műszerkölcsönző részleg maradjon meg az intézet keretén belül.

2. Elnökség kötelezi az új intézet vezetőségét, hogy a szolgáltató részlegek változatlanul fejtsék ki a társosztályok felé működésüket, sőt fejlesszék azt.

3. A Műszaki Fizikai Intézet vegye át a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet helyes témáit.

4. A Műszaki Fizikai Intézet Tudományos Tanácsába be kell vonni azokat a fizikusokat, matematikusokat, kémikusokat, biológusokat, akikre az intézet tudományos munkája szempontjából döntő szükség van.

5. Az Elnökségnek a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet átszervezésével, illetőleg a Műszaki Fizikai Intézet létesítésével kapcsolatos határozatáról az Országos Tervhivatal elnökét értesíteni kell.

A határozatot az Elnökség a Minisztertanácshoz terjesztette fel, amely azt a 2016/1957. dec. 5. számú határozatában lényegében jóváhagyta.

A Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet átalakításával párhuzamosan folyt a munkaközösségek létesítése. Legelőször az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen az *Építés- és Közlekedéstudományi Munkaközösség* alakult meg. Ezt követte a miskolci Nehézipari Egyetem kohász tanszékeiből létrejött *Kohászati*, és Sopronban a *Bányászati Munkaközösség*. A gépészet és automatika területén pedig további hasonló szervek létrejötte van folyamatban.

Az Osztálynak egyidejűleg sikerült a Nehézipari Minisztériummal megegyezni és ez a Bányászati Kutató Intézet soproni olajkutató laboratóriumát épülettel, felszereléssel, státuszokkal, költségvetéssel együtt átengedte az Akadémiának. Így kutatóhálózatunk *akadémiai olajkutató laboratóriummal* bővült, amely a Bányászati Munkaközösség munkáját erősíti.

Ki kell emelnem, hogy a saját kutató bázisunk kifejlesztésére irányuló törekvéseinket Akadémiánk elnöksége mind erkölcsileg, mind anyagilag (beruházás, státuszhelyek stb.) lehetőségeihez képest teljes erővel támogatta ; munkánk enélkül nem is lehetett volna ilyen eredményes s ezért osztályunk nevében az elnökségnek ezúton is köszönetet mondok.

Kutatási hálózatunk fejlődését a legjobban akkor látjuk, ha a tavalyi és a mostani helyzetet néhány számadat segítségével összehasonlítjuk. Eredményként könyvelhetjük el a Műszaki Fizikai Intézet megindulását, az olaj-laboratórium átvételét és Geofizikai Laboratóriumunk mellett a nagycenki kis obszervatórium létesülését. A tavalyi 52 tanszék helyett jelenleg 63-ban folyik akadémiai kutatás és ebből kb. 25 tanszék, mint a létrejött munkaközösségek tagja dolgozik.

Tavalyi intézményeinkben 71 kutató és összesen 162 főnyi személyzet tevékenykedett s az Osztály teljes évi költségvetése kb. 7,3 millió forint volt. Ezzel szemben most kutatási hálózatunk teljes létszáma 215 fő, amiből 105 fő a tudományos kutató, összes évi költségvetésünk pedig meghaladja a 9 millió forintot, ami összes létszámban 33%-os, kutatókban csaknem 50%-os és költségvetésben kb. 30%-os növekedést jelent.

Szépen gyarapodott kutató szerveink berendezése is. A Szovjetunió Tudományos Akadémiája értékes ajándék-műszerekkel sietett segítségünkre, amelyekből osztályunk egy elektronmikroszkópot, egy finom szövet-vizsgálatra alkalmas röntgenkészüléket és egy elektrondifraktográfot kapott. Elnökségünk pedig a jövő évi beruházási keretből nagy műszerek beszerzéséhez számunkra még ez évben mintegy 1,8 millió forintot juttatott.

Ebből a kedvező összehasonlításból természetesen nem szabad kutatási bázisunk helyzetéről túl kedvező képet alkotnunk. A valóság az, hogy szükségleteink még messze meghaladják a lehetőségeket. De bízunk a párt és a kormányzat fokozódó támogatásában, és emellett reméljük, hogy jelenlegi hálózatunkkal is egyre komolyabb eredményeket tudunk már elérni.

Erre biztosítéknak látszik az a kép, amely elénk tárul, ha az egyes tudományterületeken működő kutató szerveink és bizottságaink munkáját sorban megvizsgáljuk. Meg kell jegyeznem, hogy éppen az óriási terület miatt az eredmények felsorolásánál elsősorban akadémikusaink munkájának említésére kell szorítkoznunk.

A *Földtani* és a *Geokémiai* bizottság értékelte a szakterülethez tartozó egyetemi tanszékek és kutatási intézmények 1956—57. évi munkáját; ennek során megállapították, hogy a következő szervek értek el tudományos eredményeket.

A budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem földtani tanszékén VADÁSZ ELEMÉR *akadémikus* vezetésével megindult a bauxit spóra-pollen vizsgálata, amely a világirodalomban eddig ismeretlen volt. Ennek eredményeképpen a halimbai és gánti bauxitból 51 különböző növényi mikrofosszilia került elő 563 példányban. A világirodalomban kialakult vélemény ellenére bebizonyosodott, hogy oxidációs körülmények között keletkezett üledékek is tartalmazhatnak spóra-pollen anyagot. A Munkaközösség további eredményeket ért el a Gerecse hegység triász- és kréta képződményeinek korszerű újravizsgálatával és leírásával. Most jelent meg VADÁSZ ELEMÉR akadémikus „Földtörténet és földfejlődés" című igen szép műve, mely fejlődésmenetében tárgyalja a földet alkotó földtani folyamatokat és időrendi változásokat.

SZÁDECZKY-KARDOS ELEMÉR *akadémikus* és munkatársai vizsgálatokat végeztek a kőszén- és magma kölcsönhatására vonatkozólag. Lényeges különbség tehető az elemek migrációjának iránya, illetve a nyomási lejtő, valamint a hőmérséklet hatása között.

A Geokémiai Kutató Laboratórium SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR akadémikus vezetésével további eredményeket ért el a nagynyomású kőzetátalakító kísérleteknek, valamint a magma- és kőszén egymásrahatásának vizsgálatában. Meg kell említeni továbbá SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR akadémikus eredményeit a kristályosodási mélység meghatározása, valamint az ércesedés mélységi övei című témában.

Az Építőipari Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén Vendl Aladár akadémikus vezetésével tovább folytak a műszaki kőzettani és hidrogeológiai vizsgálatok. Bár a kísérletek még nem fejeződtek be, máris születtek részeredmények, melyeket VENDL professzor az Akadémia kiadványaiban publikált.

VENDL MIKLÓS *akadémikus* munkásságának eredményeit tartalmazza a sajtó alatt levő „Kőzetmeghatározó módszerek" című könyve.

A *szegedi Tudományegyetem Földtani Tanszéke* az Alföld negyedkori üledékeinek tanulmányozása során a magyar irodalomban elsőként állapította meg a negyedkori üledékek földtani korát regionális vonatkozásban spóra-pollen vizsgálatok alapján.

A *Geofizikai Főbizottság* a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Földtani Főigazgatóság között fennálló megállapodás értelmében főfeladatának tekintette a szénkutatás érdekében kifejtett geofizikai tevékenység kritikai vizsgálatát. A kutatási módszerek tudományos alapjait tisztázó előadások, beszámolók és viták eredményeként a Főbizottság megállapította, hogy a földtani és geofizikai területegységekre kiterjesztett komplex geofizikai vizsgálatok eredményesnek mondhatók.

A Magyar Tudományos Akadémia *Geofizikai Kutató Laboratóriumában* tovább folytatódtak az elmúlt év során a tellurikus áramok vizsgálatai az ásványi nyersanyagkutatás szempontjaira való tekintettel.

A Magyar Tudományos Akadémia *Geodéziai Kutató Laboratóriumában* az elmúlt év folyamán befejezték a Kraszovszkij-ellipszoidra vonatkozó Gauss—Krüger koordináták számítását. A Bolgár és a Magyar Tudományos Akadémia közös programjának a magyar geodéták részéről vállalt munkarésze ezzel befejeződött. A laboratórium kutatói a vállalt kötelezettségen túlmenően a Hazay-féle módszer megfelelő kiegészítése útján új magyar számítási eljárást is adtak.

A *Geodéziai Főbizottság* és a *Geofizikai Főbizottság* elnökének, ebben a Geodéziai Kutató Laboratórium és a Geofizikai Kutató Laboratórium vezetőjének, TÁRCZY-HORNOCH ANTAL akadémikusnak irányításával indultak meg hazánkban is a *Nemzetközi Geofizikai Év* munkálatai. TÁRCZY-HORNOCH akadémikus és az elnöklete alatt működő *Geodéziai* és *Geofizikai Unió Magyar Nemzeti Bizottsága* jelentős munkát végzett ennek a tudományos nemzetközi együttműködésnek előkészítésében, a hazai kutatószervek összefogásában. Úgy látszik, hogy Magyarország megfelelő mértékben és módon veheti ki részét a nemzetközi munkálatokból. Az Akadémia a Geofizikai Év és egyéb geofizikai munkák eredményesebbé tétele érdekében, bár szerény keretek között, egy újabb obszervatóriummal bővítette a hazai geofizikai obszervatóriumok hálózatát. A Geofizikai Év hazai munkálataiban az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, az Országos Meteorológiai Intézet, a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai Kutató Laboratóriuma, a Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézete és a Csillagvizsgáló Intézet vesz részt. Megemlítendők még a geofizika területén *Egyed László* egy. tanárnak a Föld belső szerkezetére vonatkozó vizsgálatai, amelyeket több külföldi előadásban is ismertetett.

A *Bányászati Főbizottság* több alkalommal foglalkozott a szakterülethez tartozó céltámogatott tanszékek téma-ellenőrzésével. Eredményt ért el TARJÁN GUSZTÁV *lev. tag* vezetésével a *Szén- és Ércelőkészítéstani soproni tanszék* a hidrociklon kinematikájának kutatásában és a „Szilárd szemcsék süllyedési sebessége durvább diszperziókban" című témában, továbbá ZAMBÓ JÁNOS, a műszaki tudományok doktora vezetése alatt álló *Bányaműveléstani tanszék* „Az aknatelepítés helye, az aknamező alakja és kiterjedése" című témában, BOLDIZSÁR TIBOR, a műszaki tudományok doktora a mélybányák hűtésének tudományos feldolgozásával ért el eredményeket.

A Bányászati Főbizottság részleteiben megtárgyalta a megalakítandó bányászati egyetemi tanszéki munkaközösség szervezeti problémáit, aminek alapján a munkaközösség GYULAY ZOLTÁN *egyetemi tanár* vezetésével létrejött. Jelentősnek mondható a megalakított munkaközösség szempontjából az a körülmény, hogy a Nehézipari Minisztérium a Bányászati Kutató Intézetnek Sopronban székelő olajbányászati távlati kutatási részlegét — mint azt már a fejlesztésnél is megemlítettem — átadta az Akadémiának, a meglevő épülettel, személyzettel és költségvetéssel együtt. A Nehézipari Minisztériumnak és

CZOTTNER SÁNDOR miniszternek ezért a tudományt támogató nemes gesztusáért osztályunk nevében ezúton is köszönetet mondok.

Említésre érdemes, hogy a Bányászati Főbizottság az Ukrán Tudományos Akadémia felkérésére kidolgozta „A Magyarország széntermelési technikájának helyzete" című tanulmányt, valamint az energetikai akadémiai főbizottság részére kidolgozta „A magyar szénbányászat 25 éves távlati terve" című munkát is.

A Bányászati Főbizottság múlt év júniusában Vágathajtási ankétot rendezett Veszprémben.

A *Hidrológiai Főbizottság* a beszámolási időszakban foglalkozott az öntővíz elszivárgásának a talajvízre gyakorolt hatásával, a radioaktív izotópok hidrológiában való felhasználsának lehetőségeivel és módszereivel, valamint az Országos Vízgazdálkodási Keretterv fejlesztésének és felbontásának tudományos irányú elveivel. Kijelölte e nagy témákból eredő legfőbb kutatási feladatokat. Ezek közül a legfontosabbak : a szivárgási törvényszerűségek megállapítása ; a talajvízszín alakulása és a talajvíz áramlás törvényszerűségeinek kutatása a belvízrendezés és öntözés területén a fajlagos vízlefolyás meg nem oldott kérdéseinek vizsgálata kiválasztott vízgyűjtőkön és modelleken ; vizeink szennyeződés elleni védelme különös tekintettel a radioaktív szennyeződésekre ; hidromechanikai kísérletezés terén elsősorban a méretarányhatás és torzítások vizsgálata. A Főbizottság foglalkozott továbbá az öntözőtelepek elvizenyősödése elleni védelem kérdéseivel is.

A Főbizottság bírálatot gyakorolt a szakterülethez tartozó tanszékek és Vízgazdálkodási Kutató Intézet tudományos munkája felett ; kiemelhetők az I. Vízépítéstani Tanszéknek NÉMETH ENDRE, a műszaki tudományok doktora vezetésével végzett, a kutatók hidraulikai, valamint az öntözés és belvízrendezés vizsgálata során elért eredményei, továbbá a II. Vízépítéstani tanszéknek MOSONYI EMIL *lev. tag* vezetésével végzett kísérletei közül a pilléres erőmű kialakítására vonatkozó kutatási eredményei.

A *Kohászati Főbizottság* az elmúlt időszakban legfőbb feladatának tekintette a kohászati tanszékek *akadémiai munkaközösségének* megszervezését. E téren a többi szakterület számára például szolgált, mert elsőnek sikerült szabatosan megfogalmaznia a munkaközösség célját, szervezetét stb. A Kohászati Munkaközösség szorgalmazta, hogy a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem valamennyi kohásztanszéke egy épületbe kerüljön és ezzel a munkaközösség területi szempontból is egységessé váljon. Az áttelepülés folyamatban van.

A Kohászati Főbizottság foglalkozott a szakterülethez tartozó egyetemi tanszékek tudományos munkájával. *A Kohógéptani és Képlékeny alakítási tanszék* GELEJI SÁNDOR *akadémikus* vezetésével különösen a fémek képlékeny alakításánál keletkező erők elméleti számítása és kísérleti vizsgálata terén ért el eredményeket. Ilyenek a fémek hengerlésénél a közepes alakítási ellenállás és

hengerlési nyomás számításának kiegészítése és teljesen új hengerlési elmélet kialakítása stb.

A *Metallográfiai Tanszék* VERŐ JÓZSEF *akadémikus* vezetésével eredményesen foglalkozott a szabványos acélok edzhetőségének vizsgálatával. Ebből a témakörből származik VERŐ JÓZSEFnek „A karbontartalomnak a martensit-képződés hőmérsékletére hatása" című közleménye az Acta Technica-ban.

A HORVÁTH ZOLTÁN professzor vezetése alatt működő *Fémkohászati Tanszék* a hazai mangánércekből történő fémmangánelőállítás érdekében végzett kísérleteket s az eredményekből kínai megrendelésre dokumentáció is készült.

A Kohászati Főbizottság foglalkozott tudományterülete *tudományos helyzetképének* összeállításával, amely az ércek feldolgozásától a fémfélgyártmányok előállításáig terjedő tudományterületet öleli fel. A Főbizottság elhatározta, hogy az 1958-ban elkészülő első helyzetképet állandó munkával évenként kiegészíti s ezzel mindig korszerű kép fog e tudományterületről rendelkezésre állani.

A *Gépészeti Főbizottság* a beszámolási időszakban szervezeti átalakításokat hajtott végre, amennyiben megszüntette korábbi szakbizottságait. PATTANTYUS Á. GÉZA *lev. tag* halála után a Főbizottság vezetését GILLEMOT LÁSZLÓ *lev. tag* vette át, a budapesti Műszaki Egyetem Vízgépek tanszékén működő akadémiai kutató csoport irányítására pedig GRUBER JÓZSEF professzor vezetésével 5 tagú tudományos tanács jött létre.

A Főbizottság több ülésen folyamatosan tárgyalta a „gazdaságos géptervezés, illetőleg méretezés alapelveinek kidolgozása különös tekintettel a hazánkban felhasználásra kerülő anyagokra" című központi kutatási feladat feldolgozási és megoldási lehetőségeit. E több évre terjedő kutatási feladat megoldása céljából a Gépészeti Főbizottság véleménye szerint is szükségessé vált az egyetemi tanszéki kutatási munkaközösségek megszervezése. Ennek megfelelően máris megalakították GILLEMOT LÁSZLÓ vezetésével a Gépszerkezettani *Munkaközösséget*, GRUBER JÓZSEF vezetésével az *Áramlástechnikai Munkaközösséget* és folyamatban van a HELLER LÁSZLÓ vezetése mellett működő *Gépészeti Kalorikus Munkaközösség* megszervezése is.

A Főbizottság foglalkozott a szakterület ipari és tudományos helyzetképének összeállításával hazai és nemzetközi vonatkozásban. E nagyszabású munka irányításával RÁZSÓ IMRE *lev. tagot* bízta meg. A Gépészeti Főbizottság, együttműködésben a Kalorikus Főbizottsággal, albizottságot küldött ki a nyár folyamán a Ganz Vagongyárba, ahol a kiküldött szakértők meghallgatták a Ganz-gyár kutatóinak beszámolóját a hazai gázturbinafejlesztés eddig elért eredményeiről. A fejlesztő munkában a gyár kutató kollektívája szorosan együttműködik a budapesti egyetem megfelelő tanszékeivel. A szerzett tapasztalatok alapján a két főbizottság megállapította, hogy az elvégzett munkában

figyelemre méltó haladás történt és remény van arra, hogy néhány éven belül korszerű, versenyképes erőgépekkel jelenhetünk meg a nemzetközi piacon. Az Osztály a két Főbizottság javaslata alapján kérte az Országos Tervhivatalt, hogy a gázturbinafejlesztés munkáját fokozott anyagi segítséggel támogassa.

A Főbizottság megvizsgálta a hozzátartozó céltámogatott tanszékek tudományos munkáját, és a következő eredményeket emelte ki: a budapesti Műszaki Egyetem *Mechanikai Technológiai tanszékének* GILLEMOT LÁSZLÓ *lev. tag* vezetésével végzett, a titánacélok nitrálhatóságának és nitrálási feltételeinek vizsgálatával elért jó eredményeit, az *Áramlástani Tanszéknek* GRUBER JÓZSEF *professzor* vezetésével a radiális átömlésű áramlástechnikai gépek járókereteiben kialakuló áramlási folyamatok analízisével foglalkozó, továbbá a miskolci *Műszaki Egyetem I. Mechanika-Technológiai Tanszéke* ZORKÓCZY BÉLA *professzor* vezetésével a korszerű hőkezelés alapját képező „C" görbe felvételi módszerének meggyorsításával foglalkozó eredményes munkáját.

Itt említem meg, hogy GILLEMOT LÁSZLÓ *lev. tagnak* a titánkutatás területén elért eredményei alapján a Fémipari Kutató Intézetben kis titán-félüzem készült el.

A budapesti *Műszaki Egyetem Mezőgazdasági Géptani Tanszéke* RÁZSÓ IMRE *lev. tag* vezetésével a talajművelő gépek elméletének további fejlesztésével foglalkozott. Ennek kapcsán sikerült a földmozgató szervek legkedvezőbb hajlásszögét és a talajnak a talajművelő szervek hatására történő berepedési irányát megállapítani, továbbá kimutatni, hogy az ún. fajlagos talaj-ellenállás a talaj jellemzőin kívül a barázdaszelet méreteitől is függ. Ezeket a tudományos megállapításokat a Mezőgazdasági Gépek elmélete I. című, megjelenés előtt álló könyvben fogják publikálni.

Az *Energetikai Főbizottság* a beszámolási időszakban jelentős szervezeti átalakítást hajtott végre bizottsági rendszerében. A Főbizottsághoz tartozó Villamos és Hőenergetikai szakbizottságok önálló főbizottságokká fejlődtek, a létrejött *Erősáramú Villamos Főbizottságot* KOVÁCS K. PÁL *lev. tag*, a *Kalorikus Főbizottságot* HELLER LÁSZLÓ *lev. tag* vezeti. A régi Energetikai Főbizottság a jövőben csak olyan kérdésekkel foglalkozik, amelyek komplex jellegüknél fogva egyformán érintik a villamos és kalorikus, illetőleg az ezekkel kapcsolatos gazdasági és iparpolitikai kérdéseket. Remény van arra, hogy e szervezeti átalakítással a két önálló főbizottság hatékonyan végzi el az osztályfeladatokból ráeső munkát.

A két szakterület tudományos kutatási munkái közül kiemeljük BENEDIKT OTTÓ *lev. tag* eredményeit, amelyeket az újfajta 50 periódusú kommutátoros jármű elveinek kibővítése és továbbfejlesztése terén elért. Az általa javasolt új kapcsolások már nemcsak motorkocsikban, hanem 50 periódusú villamos mozdonyokban is alkalmazhatók.

HELLER LÁSZLÓ *lev. tag* irányításával az Energiagazdálkodási tanszék figyelemre méltó részeredményeket ért el a légkondenzációnak nagy egységekben alkalmazott természetes szellőzésű megoldása terén. Elméleti vizsgálatok alapján sikerült különleges kapcsolású generátor hűtést, továbbá kisebb térigénnyel dolgozó újtípusú gázturbina-hőkicserélőt szerkeszteni.

Az idén jelent meg VEREBÉLY LÁSZLÓ *lev. tag* Villamos erőátvitel című munkájának II. kötete szlovák nyelven.

A *Híradástechnikai Főbizottság* főfeladatának tekintette a Műszaki Fizikai Intézet létrehozásával és megindításával kapcsolatos teendőket. Elkészítette az Intézet elvi célkitűzéseit magába foglaló tervjavaslatát, mely szerint az alapkutatás jellegű működés elsősorban a *félvezetők*, a *vacuumtechnikai* problémák és a *fémfizikai* kérdések vizsgálatára fog kiterjedni. Foglalkozott a Főbizottság azzal a kérdéssel is, hogyan lehetne a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet célszerű átszervezésével a Műszaki Fizikai Intézet alapjait megnyugtató módon lerakni. Az Elnökség kívánságára a *Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet munkájának felülvizsgálatára* külön akadémikus bizottságot küldött ki az Osztály. A felülvizsgálat röviden megállapította, hogy az Intézet eredeti feladatát betöltő műszerszolgálat jól dolgozik s az elektronmikroszkóp osztály eredményesen szolgálja ki az összes érdekelt tudományterületeket. A méréstechnikai osztály profiljának azonban jobban kell az osztály korszerű kutatási igényeihez idomulnia s ez elsősorban a műszaki fizikai elektronikus mérésekre vonatkozik. Az intézet mindenesetre magját képezheti a Műszaki Fizikai Intézetnek. (Ennek megindulásáról a fejlesztési részben már beszámoltam.)

A Híradástechnikai Főbizottság részletes javaslatot dolgozott ki továbbá az Országos Tervhivatal számára a magyar híradástechnika távlati kutatási és iparfejlesztési tervére vonatkozólag. Felülbírálta a szakterületéhez tartozó egyetemi tanszékek tudományos munkásságát. Ezek közül értékes eredményt ért el a Vezetéknélküli Híradástechnikai tanszék BARTA ISTVÁN *lev. tag* vezetésével, többek között a külföldi televíziós adások vételi lehetőségeinek és a vétel minőségének vizsgálatával.

BOGNÁR GÉZA *lev. tag* vezetésével megépült a Távközlési Kutató Intézetben a szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetés elektromos mintája 4000 MHz frekvencián. A kísérletek alapján lehetővé válik a televízió műsorának országos viszonylatban való kiterjesztése. BOGNÁR GÉZA beható vizsgálatokat végzett továbbá a jel/zaj javító modulációs rendszerek alkalmazására vonatkozólag. Ezekről a munkákról az idei akadémiai nagygyűlésen számol be.

MILLNER TIVADAR *lev. tag* és munkatársai irodalmi előzményekből olyan mérőmódszert fejlesztettek ki, amellyel mérni lehet milliomodnyi kis szennyezők specifikus hatását a wolfram-fém rekrisztallizálására. Készüléket dolgoztak ki fémek keménységének védőgázban történő mérésére 1000 C°-ig. MILLNER TIVADAR szovjet szerzők korábbi elméleti vizsgálatait tovább-

fejlesztve a wolfram-drótok átmenő egyenlőtlenségeinek az izzólámpa minőségére gyakorolt hatását vizsgálta eredményesen. Továbbá elméleti vizsgálatot végzett a β-wolframfém, valamint ún. σ-intermetallikus fázisok szerkezetén és azok elektronszerkezeti feltételein. E tanulmányok egyúttal a wolframtechnológia ipari fejlesztésére is szolgáltak.

WINTER ERNŐ *akadémikus* vezetésével kutatások folytak többek között az oxikatódok párolgásával kapcsolatban és megállapítást nyert, hogy bizonyos összetétel és fizikai szerkezet esetében a párolgás normális üzemhőmérsékleten minimálisra szorítható és így bizonyos vákuumtechnikai produktumok élettartama az eddiginek többszörösére növelhető. Foglalkozott nagyáramú impulzus készlet katódok fejlesztésével, továbbá kutatásokat végzett az adócsövek méretcsökkentésének és üzemi frekvenciájának növelése érdekében tiszta és szilicidekkel bevont anyagokkal, báriumoxiddal bepárologtatott fémfelületek mérésével és növelésével.

SZIGETI GYÖRGY *lev. tag* vezetésével kutatások folynak a félvezetők, továbbá a fényforrások területén a fénycsövek hatásfokának javítása céljából ; a félvezetők területén folyó kutatások főleg a tranzisztorok kifejlesztése érdekében történnek.

Az *optika és finommechanika* terén BÁRÁNY NÁNDOR *lev. tag* olyan szemorvosi műszert szerkesztett, mellyel a vizsgált egyén sztereoszkopi látási képességét adatszerűen ki lehet mutatni ; a torzításmentes kör-körös vetítés kérdését is megoldotta.

Az *Automatizálási Főbizottság* az automatika-tudomány hazai problémáinak feldolgozására hosszú lejáratú tervet dolgoz ki. Az egyetemi tanszéken működő akadémiai automatika kutató csoport KOVÁCS K. PÁL *lev. tag* vezetésével eredményeket ért el a nagy turbogenerátorok statikus elemekkel történő feszültség-gyorsszabályozóinak kidolgozásában, ami a hazai generátor-gyártás szempontjából fontos. Folyamatban van hazai gyártmányú elemek összeépítésével kialakítható univerzális elektromechanikus szabályozó, útkompenzációs hidraulikus szabályozó és erőkompenzációs pneumatikus szabályozó kidolgozása. Újrendszerű szabályozót dolgoztak ki papírgyártó gépek együttfutására, továbbá a tanszék mágneses erősítők különféle típusaival végzett kutatómunka eredményeként kialakította a hazai mágnes anyag tulajdonságainak megfelelő mágneses erősítő sorozatot. Megemlítendő, hogy e berendezések kizárólag hazai anyagokból, illetve hazai gyártású alkatrészekből készültek.

Az *Építés- és Közlekedéstudomány* területén működő főbizottságok f. évi tevékenységének fontos mozzanata az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem egyes tanszékeiből alakított *tudományos munkaközösség* megszervezése. A tudományos munkaközösség tematikáját az illetékes főbizottságok jóváhagyták, annak végrehajtását állandóan ellenőrzik. A mukaközösség vezetésével az Osztályvezetőség *dr.* PALOTÁS LÁSZLÓ egy. tanárt bízta meg. A munkaközösségbe tömörült tanszékek közül ki kell emelni az *Alagút- Föld-*

művek és Talajmechanikai Tanszék csoportja által végzett kísérletsorozatot, amely tisztázta a szulfid szennylúggal és egyéb kötőanyagokkal történő útépítési talaj-szilárdítás gyakorlati és elméleti kérdéseit. KÉZDY ÁRPÁD a cölöpök teherbírásának tisztázására végzett eredményes kísérleteket. Fontos modell-kísérlet folyt továbbá SZÉCHY KÁROLY *lev. tag* vezetésével, amely a hídfőre ható földnyomások és csőcölöpök teherbírásának meghatározására irányult. SZÉCHY KÁROLY e kutatásairól a jelenlegi Nagygyűlésen tart előadást. Igen fontos eredményeket hoztak a II. számú Hídépítési Tanszéken a nedvesőrlésű cementekkel és általában a beton szilárdságának gazdaságos növelésével kapcsolatos kísérletek PALOTÁS professzor vezetésével, továbbá a héjszerkezetek méretezése terén PELIKÁN prof. elméleti eredményei. Az Út-Vasút Tanszék számottevő eredményt ért el a bitumenek viszkozitásának vizsgálatában.

Az *Építészettörténeti Főbizottság* főként a f. évben megrendezett nemzetközi Építészettörténeti és Műemlékvédelmi Konferenciának, a műemléki topográfiák következő köteteinek és a nagy magyar építészek monográfiáinak előkészítési munkálataival foglalkozott.

A *Településtudományi Főbizottság* több év óta húzódó munka eredményeként f. évben lezárta a településtudományi nomenklatúra végleges szövegét és azt illetékes helyre továbbította. A munka befejeztével lehetőség nyílik arra, hogy a településtudomány vonalán alkalmazott szakkifejezések egységes tudományos nyelv eszközeivé váljanak.

A *Közlekedéstudományi Főbizottság* részletesen megvitatta azokat a tudományos alapelveket, melyek az egyes közlekedési ágak közötti forgalommegosztás kialakítását szabályozzák és irányelveket adott a közlekedési kutató szervek további ilyen irányú kutatásaihoz. A Főbizottság irányítása mellett az *Út-Vasút és Közlekedésügyi Tanszék* VÁSÁRHELYI BOLDIZSÁR egy. tanár vezetésével kidolgozta az országos közlekedési kerettervet. A *Vasútépítési és Üzemi Tanszék* CSANÁDI GYÖRGY *egy. tanár* vezetésével vizsgálatokat végzett a hosszú sínes hegesztett vasúti vágányok fektetésének, fenntartásának üzemközbeni viselkedésének és gazdaságosságának elemzésére.

A *Szilikátkohászat* terén KORACH MÓR *lev. tag* vezetésével több tudományos témát dolgoztak ki, amelyek közül kiemelkedik a kervit-csempe elméletéről és gyakorlatáról az Acta Technicában közzétett tanulmány. A Főbizottság munkáját főleg a most decemberben rendezett Szilikátipari Kutatók Konferenciájának rendezése vette igénybe.

A *Könnyűipari Főbizottság* munkájából kiemelendő a hazai szárítóberendezések feltérképezésének befejezése, továbbá az 1958-ban hazánkban megrendezésre kerülő Nemzetközi Textilipari Méréstechnikai Konferencia előkészítése. A Főbizottság számos iparfejlesztési javaslatot dolgozott ki a minisztérium részére. Újabb eredményeket ért el a szalmacellulóz-kutatások terén. A szakterület tudományos eredményei közül megemlítendők a buda-

pesti Műszaki Egyetem CSŰRÖS ZOLTÁN *akadémikus* vezetésével működő *Szerves Kémiai Technológiai Tanszékének* és a ZILAHY MÁRTON *professzor* vezetésével működő *Textiltechnológiai Tanszékének* a szövés nélküli textiliák technológiai kidolgozásával közösen elért eredményei. Figyelemre méltók ezenkívül a Textiltechnológiai Tanszéknek a szövőszéken a dinamikai láncfeszültség meghatározására irányuló mérései.

Eredményeink e felsorolásán kívül külön összefoglalóban kell megemlékeznem *könyv- és folyóiratkiadásunk* helyzetéről, amely osztályunk irodalmi tevékenységét a legjobban tükrözi vissza.

Az elmúlt időszakban az Osztály kiadásában *16 könyv* jelent meg összesen 626 ív terjedelemben. Ezek közül kiemeljük az akadémikusaink tollából származó műveket:

VADÁSZ ELEMÉR: Földtörténet és földfejlődés.

BENEDIKT OTTÓ: Die neue elektrische Maschine Autodyne.

MAJOR MÁTÉ: Geschichte der Architektur I.

GESZTI—KOVÁCS—VAJTA: Szimmetrikus összetevők.

TARJÁN—VÉCSEY: A vasércek és a nagyolvasztó elegyének előkészítése.

Utóbbi a Vaskohászati Enciklopédia sorozatban jelent meg, mely sorozat két újabb kötettel gyarapodott ez időszakban.

Folyóiratkiadásunkat a következőkben ismertetem:

Az *Acta Technikának* 4 újabb kötete jelent meg, 8 füzet és 108 ív terjedelemben, összesen 102 cikk tartalommal. További 3 füzet pedig nyomdában van és csak technikai nehézségek miatt nem jelenhetett meg az idén.

A *Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei* 3 kötetben (15 füzet) és 76 ív terjedelemben jelent meg összesen 90 cikk tartalommal, főként az 1956. évi nagygyűlés és 3 akadémiai kongresszus anyagából.

Az *Acta Geologicának* 1 füzete jelent meg 15 ívvel és 12 cikk tartalommal, az *Építés és Közlekedéstudományi Közleményeknek* pedig az első kettős füzete 17 ívvel és 11 cikk tartalommal.

Tudományos rendezvényeink vonalán elsőnek az idén szervezett *tudományos osztályüléseinket* említem meg. Ilyenek megszervezésére a következő meggondolások vezettek.

A Műszaki Tudományok Osztályának tudományterülete nagyon heterogén. Ez sokszor nagyon megnehezíti az Osztályvezetőség, de az Osztály számára is koordinálást kívánó vagy más különféle ügyekben az állásfoglalást. Szükséges tehát, hogy a különböző tudományterületeken dolgozó akadémikusok egymás munkájáról, eredményeiről bizonyos általánosabb jellegű tájékozódást nyerjenek, hasonlóképpen más tudományterület jelentősebb külföldi összejöveteleiről, kiemelkedő tudományos művekről stb. Ezért az Osztály elhatározta, hogy időnként olyan tudományos osztályüléseket tart, melyen az Osztály egyes akadémikusai röviden beszámolnak saját eredményeikről. Ezek az ülések természetesen nem helyettesíthetik a szakmai felolvasó ülése-

ket, ankétokat stb., ahol a szakterület szélesebb rétege vitat meg egy-egy tudományos kérdést. A tudományos osztályülések tehát főként az Osztály akadémikusainak egymás munkájáról való tájékozódására szolgálnak, de felhasználhatók különleges alkalmakkor (pl. jubileumkor stb.), egymás munkásságának méltatására is. Az Osztálynak eddig két ilyen tudományos ülése volt. Az egyiken MILLNER TIVADAR *lev. tag* „A $WO_3 + 3H_2 = W + 3H_2O$ reakció, valamint a gyakorlati wolframredukció reakció menetéről és a β-wolfram fémről" címmel tartott érdekes előadást, míg a másodikon SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR rendes tag a mexikói földtani kongresszuson szerzett tapasztalatairól számolt be színes előadásban. Ezeket az üléseket a jövőben is folytatni kívánjuk.

Ezenkívül az Osztály a beszámolási időszak alatt 1 székfoglalót, 1 nyilvános főbizottsági ülést, 2 ünnepi ülést, 4 külföldi vendégelőadást, 3 ankétot, 1 konferenciát és 1 kongresszust rendezett.

Az Osztály MIHAILICH GYŐZŐ *akadémikus* tiszteletbeli Osztályelnök 80. születésnapja alkalmából, az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemmel együttesen ünnepséget rendezett. Az ünnepi ülés szónokai hangsúlyozták MIHAILICH akadémikus érdemeit, amelyeket sok évtizedes munkásságával a tudományos kutatás, az oktatás és az ipari gyakorlat terén szerzett.

Emlékülés keretében emlékezett meg az Osztály id. KERPELY ANTAL akadémiai lev. tag, nagynevű kohász halálának 50. évfordulójáról is.

A *Közlekedéstudományi Főbizottság* Miskolcon megtartott *nyilvános ülésén* a magyar közlekedéstudomány fejlesztésével, Miskolc és környéke közlekedési problémáival, valamint a vasúti felépítmény anyagainak minőségi kérdéseivel foglalkozott.

A Kémiai Tudományok Osztályával együttesen rendezett *ankét a könnyűipar vegyszerszükségletéről*, a bőr, papír, fa és textilipar segédanyag- és vegyszerproblémáit vitatta meg.

A Veszprémben megtartott *Vágathajtási Ankét* a vágathajtásokkal kapcsolatos elméleti és gépesítési kérdéseket, továbbá a művelés problémáit tárgyalta meg.

Nagy érdeklődés mellett folyt le az *Építéstudományi Főbizottságnak az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemmel*, valamint az *Építőipari Tudományos Egyesülettel* együttesen megtartott „*Előregyártási Ankétja*". Az Ankét állást foglalt a lakóházépítkezések, mezőgazdasági építkezések előregyártásának fejlesztése érdekében a hazai könnyűbeton adalék-anyagok gyártásának mielőbbi biztosítására, nagy kezdő szilárdságú cementek alkalmazására, feszített vasbeton szerkezetek szélesebbkörű bevezetésére és más kérdésekre vonatkozólag.

Az *Építészettörténeti Főbizottság Építészettörténeti és Műemlékvédelmi Konferencia* keretében, a szovjet, lengyel, román és csehszlovák akadémiák delegátusaival együttesen vitatta meg a műemlékvédelem aktuális kérdéseit.

A Konferencia résztvevői leszögezték, hogy szükség van az építészettörténet, valamint a műemlékvédelem elméleti és gyakorlati kérdéseinek közép-európai szintű vizsgálatára és a környező népek közös problémáit illetően kutatói és feldolgozói együttműködésére. A résztvevők meghatározták azokat a témákat, amelyekben az együttműködés a szomszédos országok akadémiáival igen gyümölcsöző lenne. Az egyes témák kidolgozására nemzetközi munkacsoportok alakulnak, amelyek eredményeiket kétévenként ismétlődő konferenciákon fogják bemutatni.

Az 1956 szeptemberében megtartott *Geodéziai Kongresszus* a geodéziai tudomány területének legfontosabb kérdéseit vitatta meg, különös tekintettel a kiegyenlítő számításokra, háromszögelési, vetületszámítási, szintezés, fotogrammetriai, gravitációs, kartográfiai, valamint asztronómiai-geodéziai problémákra. A Kongresszuson részt vett szakemberek 15 előadással és a viták-ban való legaktívabb közreműködéssel járultak a kongresszus eredményes munkájához. A geodézia és határterületei nagyfontosságú problémáinak folyamatos megtárgyalása érdekében a kongresszus úgy határozott, hogy évenként felváltva más-más baráti országban tart ülésszakot.

Az e hónapban tartott *Szilikátkohászati konferencia*, melyet az Akadémia Szilikátkohászati Főbizottsága az Építőanyagipari Tudományos Egyesülettel együtt közösen rendezett a szilikátszármazékú építőanyagok anyagszerkezeti és technológiai kutatásainak eredményeit, valamint a szilikátkohászatban alkalmazott kemencék hőtechnikai viszonyait tárgyalta. A szilikátkohászoknak ez a találkozója hat ország tudósainak részvételével folyt le.

Nemzetközi kapcsolataink erőteljesen fejlődtek mind külföldi tudósok ideutazásával, mind hazai tudósaink külföldi útjaival.

Az akadémiai kutatóintézetek számának és az akadémiai intézetekben dolgozók létszámának jelentős emelkedése szükségessé tette az Akadémia Elnökségének azt az elvi határozatát, amely szerint akadémiai tanulmányutakra csak osztálytagok, illetve akadémiai státuszban levők küldhetők ki, kivéve azokat az eseteket, amikor az Osztály baráti országokból érkező meghívásának eleget téve, vagy nyugati országokban tartandó konferenciákra, kongresszusokra küld ki szakembert.

A Műszaki Osztály részéről külföldre kiküldött szakemberek száma — az elmúlt időszakban — a meglehetősen korlátozott deviza-lehetőségek ellenére is, figyelemre méltó.

Jelentős esemény külföldi kapcsolataink fejlődésében, hogy ez évben kerültek első ízben lebonyolításra a Magyar Tudományos Akadémia és a Szovjet Akadémiák közötti egyezmény keretén belüli kiküldetések. Ezenkívül számos szovjet kongresszusra és konferenciára kaptunk meghívást.

A más országokba, részint egyezmények keretében, részint kongresszusokon való részvétel céljából tett tanulmányutak országok szerinti megoszlása: Csehszlovákiában 18-an, Német Demokratikus Köztársaságban 20-an, Len-

gyelországban 11-en, Romániában 4-en, Jugoszláviában 5-en voltak. Vagyis a baráti országokban jártak száma összesen 70.

Szakembereink ezenfelül 34 ízben vettek rész nyugati kongresszusokon, illetve konferenciákon.

A baráti országok akadémiáitól hozzánk küldött szakemberek száma 12 fő volt. Ezenfelül 3 nyugati szakember (Ausztriából és a Német Szövetségi Köztársaságból) tartott meghívásunkra érdekes előadást.

A különböző nemzetközi kongresszusokon való részvétel, külföldi kiállítások megtekintése, tanulmányutak stb. nagyban elősegítették tudósaink számára a nemzetközi tudomány behatóbb megismerését s a külföldi tudósokkal való szorosabb kapcsolatok kialakulását. Az Osztály az elmúlt időszakban mintegy 40 külföldi utat biztosított *akadémikusai* részére, melyen az Osztály akadémikusainak több, mint 60%-a vett részt. Hazai tudományunk fokozódó elismerését mutatja az a tény, hogy tudósaink a nemzetközi összejöveteleken mind nagyobb mértékben szerepelnek tudományos előadásokkal.

Így a beszámolási időszakban BARTA ISTVÁN *lev. tag* a lengyel Ultrahang Konferencián „A magyar ultrahangkutatás múltja és jelenlegi helyzete" címmel tartott előadást. GELEJI SÁNDOR *r. tag* Moszkvában két előadásával szerepelt „A meleg- és hideghegesztésnél fellépő közepes alakítási ellenállás kiszámítása" címmel, Freibergben pedig „Új hengerlési elmélet"-et ismertette. GILLEMOT LÁSZLÓ *lev. tag* Leipzigben a magyar titánkutatásról értekezett, KOVÁCS K. PÁL *lev. tag* Svédországban a „Szinkronmotorok indítási problémái" és „Lüktető nyomaték váltakozó áramú gépek asszimmetrikus üzemében" címmel, Zürichben pedig „A váltakozó áramú gépek dinamikus viselkedésé"-ről (egyetemi előadássorozat) és a „Turbogenerátorok aszinkron üzemé"-ről tartott előadást. MILLNER TIVADAR *lev. tag* Moszkvában „A β-wolframfém, a β-wolframrácsú és β-uránrácsú ún. σ-intermetallikus fázisok szerkezeti vizsgálata" című értekezését ismertette. MOSONYI EMIL *lev. tag* a Francia Hidrológiai Kongresszuson „A szivárgás kisminta törvénye és ennek fizikai megokolása", továbbá „A tiszalöki vízlépcső kisminta kísérlete" előadásaival, RÁZSÓ IMRE *lev. tag* Németországban az Institut für Landtechnik-ben „A homoktalajok javítása mechanikai eszközökkel" című előadásával szerepelt. SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR *r. tag* a mexikói Földtani Kongresszuson a magmás ércek kristályosodásáról, SZÉCHY KÁROLY *lev. tag* Bécsben a Budapesti Földalatti Vasút építésével kapcsolatos kérdésekről. Prágában a „Csőcölöpök teherbírásá"-ról értekezett, SZIGETI GYÖRGY *lev. tag* Moszkvában a tűkontaktusokkal félvezető anyagokon végzett kísérletekről, Leipzigben a luminescenciával kapcsolatos kísérletekről számolt be. TÁRCZY-HORNOCH ANTAL *r. tag* Freibergben „A geodéziai prizmás szögtükrök általános elméleté"-ről és Münchenben „Az invardróttal való mérésről és annak redukálásá"-ról, VERŐ JÓZSEF *r. tag* Freibergben „A hidrogén viselkedése az acélgyártás közben", Leipzigben „A jól hegeszthető Mn—Ti acélok"-ról tartott előadást. WINTER

ERNŐ *r. tag* pedig Leningrádban a „Nagy élettartamú oxid katódok magfémen" című értekezését ismertette.

A *prágai* műegyetemen 250 éves fordulója alkalmából is több osztálytagunk tartott előadást.

A *bécsi*, illetve a *belgrádi Energia-Világkonferenciára* a következő akadémikusok küldték ki dolgozatukat, melyek megvitatásra is kerültek :

FONÓ ALBERT lev. tag : Forrásnyomású methán és széndioxid keverékéből álló földgáz dúsítása mozgóberendezés nélkül : A munkát végző hulladékmeleg számításba vehető önköltsége. HELLER LÁSZLÓ *lev. tag:* A léghűtésű kondenzátorokkal elért eddigi eredmények. KORACH MÓR *lev. tag:* Az alagútkemence modellek elméletéről. MOSONYI EMIL *lev. tag:* Folyami erőművek hatása a hajózásra ; Vízierőművek a vízgazdálkodás szolgálatában.

A *tudományos káderfejlesztés* területén legjobb képet nyújt, ha kandidátusaink és doktoraink számszerű gyarapodását nézzük meg. Itt sok technikai és egyéb nehézség is felmerült. Ennek dacára kandidátusi disszertációjukat 52-en és doktori disszertációjukat 15-en védték meg. A megvédésnél elutasításban 3-an részesültek és ezenkívül számos jelölt kapta vissza még megvédés előtt értekezését teljes vagy részleges átdolgozásra. Ez az utóbbi tény azt is bizonyítja, hogy minősítő bizottságaink egyre szigorúbban ítélnek és fokozódó lelkiismeretességgel látják el feladataikat, ami tudósképzésünk szempontjából rendkívül fontos.

Az újonnan minősítettekkel együtt jelenleg a Műszaki Tudományok Osztálya

11 akadémiai rendes tagra,
21 akadémiai lev. tagra,
65 akadémiai doktorra,
218 akadémiai kandidátusra támaszkodhat, összesen tehát
315 főből álló s így tekintélyes számú tudósgárdával rendelkezik.

A tudományos káderfejlesztésünk alapját képező aspirantúra intézményt az Akadémia a közelmúltban felülvizsgálta és eredményeit, hibáit alaposan megvitatta. A vizsgálat eredményeként, a külföldi aspirantúrára az a helyes elv alakult ki, hogy az a jövőben csak olyan területen jöhet szóba, ahol az a népgazdaságunk és tudományos életünk szempontjából igen fontos, és ahol viszont a hazai aspirantúrának a személyi és tárgyi feltételei nem biztosíthatók.

A tudományos káderfejlesztés területén sokat várunk egyre fejlődő saját akadémiai kutatószerveinktől, akadémiai intézeteink hiányában pedig éppen a most alakult és alakulandó akadémiai munkaközösségeinktől. Reméljük, hogy ezek az új szerveink e téren is hasznosaknak bizonyulnak és egyes vezető tudósaink körül tudományos iskola kialakulását is lehetővé fogják tenni.

Végül, de nem utolsó sorban meg kell emlékeznem azokról a kitüntetésekről, amelyekben az Osztály tagjai részesültek.

MIHAILICH GYŐZŐ *r. tagot* a kormányzat 80. születésnapja alkalmából élete munkásságáért a Vörös Zászlórenddel tüntette ki.

VADÁSZ ELEMÉR *r. tagot* eddigi tudományos működéséért a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem díszdoktorává avatta.

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL *r. tagot* eddigi tudományos eredményeiért a freibergi Bányászati Akadémia hasonlóképpen díszdoktorrá avatta.

BARTA LÁSZLÓ és GILLEMOT LÁSZLÓ *lev. tagok* munkásságát kormányzatunk Kossuth-díjjal jutalmazta.

Ha végignézünk Osztályunknak az utolsó közgyűléstől eltelt időszakán és mérleget állítunk fel az Osztály működéséről, azt hiszem elmondhatjuk, hogy az, ha nem is hiba nélkül való, de lényegében eredményes volt. Nem mindenben értük el a magunk elé kitűzött célt, de azért komolyan előrehaladtunk. Az Osztálynak részemről most ismertetett működését csak kezdetnek, beindításnak tekintjük és reméljük, hogy az Osztály munkájának intenzívebbé tétele és a kutatási bázis kiépítése a jövő évben még eredményesebb lesz. Rendkívül fontosnak tartjuk, hogy még egy-két munkaközösséget állítsunk talpra, azonban semmi esetre sem akarjuk azok számát túlságosan szaporítani, nehogy a már aktívan dolgozók megerősítését a csak formálisan fennálló munkaközösségek elburjánzása lehetetlenné tegye. Feltett szándékunk továbbá, hogy az olyan célhiteles tanszékektől, melyek tudományos eredményt már hosszabb ideje nem mutattak fel és melyektől az a jövőben sem várható, megvonjuk a célhitelt és azt az eredményesen működő munkaközösségek felé irányítjuk. Látszateredmények nem fognak minket megtéveszteni.

Az Osztályvezetőség kidolgozta a bizottsági munka feladatait és ezeket a Főbizottságok vezetőinek és tagjainak világosan látniuk kell. Főbizottságainknak a jövőben úgy kell működniük, mint a tudományterületükhöz tartozó intézet, laboratórium vagy munkaközösség tudományos tanácsának, másrészt pedig az osztályfeladatokból adódó problémákkal kell foglalkozniuk. A főbizottságokat ezeknek a céloknak megfelelően kívánjuk átalakítani, kiegészítve, vagy ha kell, csökkenteni.

Mint már említettem, igen fontos feladatnak tartjuk a jövő évad folyamán a már működő munkaközösségek, laboratóriumok megerősítését, ahol kell, munkájuk helyes mederbe terelését, ezenkívül különösen fontosnak tartjuk az új Műszaki Fizikai Intézet eredményes megszervezését. Itt a vezetésre hivatott akadémikusainkra nagy feladat vár és az Osztály várakozással néz működésük elé.

De meg kell mondanom, hogy a vázolt kereteken túl tevékenységünket nem volna célszerű tovább kiterjeszteni, mert erőinket szétforgácsolnánk és feladatainkat elvégezni nem tudnánk.

Kitűzött célunk tehát a magyar műszaki tudomány tudományos bázisának szilárd kiépítése, hogy ezzel hazánk kultúráját, népgazdaságunk fejlődését előrevigyük és így a szocializmus építéséhez a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya hivatásához méltóan tudjon hozzájárulni.

HOZZÁSZÓLÁSOK

VERŐ JÓZSEF elnök

Az Akadémia és a műszaki tudományok osztálya elmúlt másfél évi munkájának leglényegesebb részeit ismertető beszámolóért GELEJI SÁNDOR osztálytitkárnak köszönetet mondok. A beszámoló jelentést egyben vitára is bocsátjuk. Bejelentem, hogy az osztály vezetősége a beszámolóhoz hozzászólásra, illetve a beszámoló kiegészítésére felkérte BOGNÁR GÉZA és SZÉCHY KÁROLY osztálytagokat.

BOGNÁR GÉZA lev. tag

Az osztálytitkári beszámoló foglalkozott az osztály tudományos munkája bázisának megteremtésével. Kétségtelen, hogy a kezdeti lépések, amelyeket az osztály ezen a téren az elmúlt év folyamán tett, rendkívül jelentősek. A saját tudományos bázisának megteremtése az Akadémia elnöksége felé és egy második lépésben a kormányzat felé természetesen anyagi problémákat vet fel. Ezek a problémák beruházásokban és egyéb, a költségvetésben előirányzandó pénzösszegekben mutatkoznak és rendkívül nehéz megindokolni bizonyos műszaki témák területén, hogy milyen beruházási és költségvetési összegekkel kell honorálni az országon belül a kutatást.

Mintegy három évvel ezelőtt megkérdeztek miniszteriális körökből, hogy Magyarországon sok-e vagy kevés, ha nyolcan foglalkoznak tranzisztor-kutatással. Erre azt válaszoltam, hogy ez „sok". Sok azért, mert tudtam, hogy ugyanakkor a Szovjetunióban, és minden bizonnyal Amerikában is, mintegy négyezren foglalkoztak tranzisztor-kutatással. Ma ennél lényegesen többen foglalkoznak vele. Ilyen körülmények között nyilvánvaló, hogy nálunk ezzel a nagy kutatási anyaggal nyolc emberrel nem szabad foglalkozni, azért mondtam, hogy sok, mert inkább ne foglalkozzunk evvel.

De mégis meg kell találnunk a módot, amellyel műszaki alapkutatást tudunk folytatni az országban és erre vannak bizonyos lehetőségek, bár éppen a műszaki alapkutatás terén, legalábbis a műszaki szaktudományok területén, nagyobbak a nehézségek, mint egyéb tudományok területén. Itt arra gondolok, hogy ilyen kis ország, mint Magyarország nem képes mindent kutatni és általában támaszkodnia kell a nemzetközi publikációkon keresztül a tudományos kutatóintézetek munkájára és a nemzetközi tudományos eredményekre. Konkréten olyan területre utalhatok itt, aminő a híradástechnika, ahol bizonyos publikációk részben gazdasági, részben katonai érdekekbe ütköznek és így a publikációkból nyerhető informáltság lényegesen kevesebb, mint egyéb, nem kényes tudományos területeken. A híradástechnika egyik vezető orgánuma, a Proceedings of the Institute of Radio Engineering egyik legutóbbi kiadványában például van egész sor üres lap, ahol csak a szerzők neve van feltüntetve, amiből megítélhető, hogy éppen a legérdekesebb cikkeket hagyták ki.

A műszaki tudományok bizonyos területén — és ez a terület eléggé szorosan összefügg avval a területtel, amellyel Műszaki Fizikai Intézetünk kíván foglalkozni — nem rendelkezünk olyan informáltsággal, amely különben egészséges lenne és amely általában egyéb tudományterületeken megvan.

Nyilvánvaló, hogy ez a műszaki informáltság másutt sem tökéletes. Hiszen, ha csak a műhold kilövésére gondolunk, világos, hogy az amerikai műholdat is kilőtték volna, ha ezen a területen a teljes műszaki informáltságuk meglett volna. Ilyen a híradástechnika sok kérdése is. Ezek éppen a második világháború alatt fejlődtek ki nagymértékben és bizonyos katonai kérdésekkel függnek össze. Éppen ezért az informáltságnak nem túlnagy anyagi ráfordítást igénylő módszereit lehetőleg nekünk is biztosítanunk kell.

Gondolok itt arra, hogy a Műszaki Fizikai Intézet elindításának első lépéseként a Műszaki Osztály vezetőségének jóvoltából hét aspiránst küldünk ki a Szovjetunióba, akik bekapcsolódnak az ott folyó kutatásokba, úgyhogy lényegesen jobban lesznek tájékozva az ott folyó munkákról, mint amennyire mi a kiadott publikációk alapján tájékozva vagyunk.

Ezenfelül szeretnők kiszélesíteni a Műszaki Fizikai Intézet munkáját olyan módon, hogy ne csak a Műszaki Osztály keretén belül biztosított szűk területre terjessze ki működését, hanem az Akadémia egyéb meglevő kutatóintézeteire is. Gondolok a Központi Fizikai Kutatóintézetre s a megalakult Központi Kémiai Kutatóintézetre is. Kidolgozhatók lennének olyan problémák, amelyek szorosan összefüggenek azokkal az anyagszerkezeti kutatásokkal, amelyekkel a Műszaki Fizikai Kutatóintézet foglalkozik. Ebből a szempontból kedvező auspiciumokat jelent az a tény, hogy egyáltalában elnevezhettük ezt az intézetünket „Műszaki Fizikai" Kutatóintézetnek. Az egyik szomszédos államban például a fizikusok ezt nem tették lehetővé és a műszaki tudományok intézetét — megkerülvén ezt a „fizikai" szót — valami „elméleti alapproblémák intézetének" hívják. Abból, hogy nálunk lehetséges volt a Műszaki Fizikai Kutatóintézetet létrehozni, azt a kedvező következtetést szeretném levonni, hogy a fizikusok támogatását is meg fogjuk kapni a jövőre.

Most az alapkutatással kapcsolatban pénzügyi vonatkozásban szeretnék néhány szót szólni. Sokat vitattuk az ipari alapkutatás fejlesztésének problémáját, ezt azonban bizonyos kormányzati pénzügyi intézkedések nagyon is egyszerűsítették, mert az ipari kutatóintézetek költségvetésének egy részét ipari megrendelésekből kell megszerezni. Ez eléggé jelentős része a költségvetésnek, bizonyos intézeteknél a jövő évi költségvetésnek 60 százaléka. Ez konkrétan olyan részfeladatok megoldására kötött szerződéseket jelent, amelyeket megfelelő határidőre kell elkészíteni. Nyilvánvalóan minél inkább kutatásra szorul valami, annál kevésbé határozható meg valamilyen határidő, különösen olyan határidő, amelyre valamely kezdő gyártást kell előkészíteni. Ilyen körülmények között, amikor az ipari kutatóintézetek költségvetésének nagy részét ilyen ipari megbízásokból kell fedezni — és az ipari megbízások általában konkrét határidőre megoldandó feladatokra vonatkoznak — különös jelentősége van annak, hogy egyre konkrétebb és határidővel ellátott feladatokon kívül az Akadémia olyan alapkutatásokkal foglalkozzék, amelyeknek határidői nincsenek kötve. A várható tudományos eredmények talán éppen ezért mélyebben megalapozva születnek meg, és ennek végeredményben — hiszen műszaki tudományokról van szó — a magyar népgazdaság látja hasznát.

Azt hiszem, hogy ha a megalakuló Műszaki Fizikai Kutatóintézetünk nemzetközi kooperációban megfelelő informáltsági bázisra tesz szert, együttműködik az Akadémia meglevő és — hozzá kell tennem — óriási beruházásokkal létesített intézményeivel, támaszkodik a Műszaki Osztályra, meg fog felelni azoknak a várakozásoknak, amelyeket mi működésével kapcsolatban táplálunk. (Taps).

SZÉCHY KÁROLY lev. tag.

Tisztelt hallgatóság! GELEJI SÁNDOR akadémikus osztálytitkári beszámolójában a saját kutatási bázis megteremtésének fontosságát emelte ki, amely a műszaki osztály ez évi tevékenységének kétségkívül egyik fontos mozzanata volt. Mint említette, a saját kutatási bázis és saját kutatóintézetek megteremtésével lehetett előrehaladást elérni, Sajnos, anyagiak hiányában az e téren mutatott előrehaladás meglehetősen csekély volt.

A másik előrehaladási lehetőség az egyetemeken alakított tudományos kutató munkaközösségek megteremtése. Tekintve, hogy az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem tanszékeinek keretén belül megalakult munkaközösség volt az első ezen a téren, talán nem lesz érdektelen, ha néhány szót szólok a munkaközösség megalakulásáról, annak indokairól és a munkaközösség munkájáról.

A munkaközösségeknek az egyetemi tanszék keretén belül való megindítása tulajdonképpen adott helyzet volt, hiszen az Akadémia műszaki osztálya már évek hosszú sora óta céltámogatásban részesítette a műegyetem egyes tanszékeit kutató-státuszának rendelkezésre bocsátásával, továbbá az anyagi, dologi kiadások fedezetének biztosításával, hogy a főbizottságban is elfogadott tudományos kutatási témákat kidolgozhassák. A kezdeményezés tehát tulajdonképpen innen indult ki és a helyzet adott volt akkor, amikor megállapítottuk, hogy a főbizottság eredményes munkája csak úgy biztosítható, ha saját kutatási bázist teremtünk, ha az adott helyzetben és az anyagiak hiányában elsősorban ezt az adottságot építjük tovább. Az egyetem keretén belül egyrészt rendelkezésre állottak a szűkös keretek között is a laboratóriumok, rendelkezésre állott a kutatás irányítására hivatott képzett egyetemi tanári és tanszékvezetői gárda, azonkívül a tanszékek keretén belül bizonyos tanszékfejlesztési alap, a KK-alap bizonyos hányada, amely tudományos kutatások céljaira eddig is felhasználtatott.

Ezen adottságokat figyelembe véve világos volt, hogy ha a tanszékek egyrészt egyesítik a saját keretükön belül rendelkezésre álló erőforrásukat, másrészt pedig összehangoltan, bizonyos témák végrehajtásának egymás közötti egyeztetésével és főként az ipar kívánságainak meghallgatásával céltudatosan dolgoznak, munkájuk csak eredményes lehet. E célkitűzések elsősorban a tanszéki kutatási hitelek elosztásában, a felosztás maradéktalan biztosításában, ezenkívül a kutatóeszközök célszerű felhasználásában is mutatkozhattak, amely eszközök a tanszékek keretén belül rendelkezésre állottak. Így az akadémiai kutatások elvégzése céljából tágas skálát, tágabb kihasználási mértéket lehetett részükre biztosítani.

Ezen elvi alapokon elindulva született meg tulajdonképpen az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem munkaközössége, amely elsősorban az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem tanszékeire és kisebb részben a budapesti Műszaki Egyetem tanszékeire épül. A munkaközösség törzsét, amely jelenleg az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem II. sz. hídépítési tanszékén kapott ideiglenes elhelyezést, az Akadémia műszaki osztályától a vezetéssel megbízott egyetemi tanár és a mellette működő műszaki előadó és műszaki koordinátor képezi. Ez tehát meglehetősen szűk törzs. A munkaközösséghez jelenleg 18 tanszék és kutatócsoport tartozik. A munkaközösség kutatási témái a fentemlített négy tudományágnak megfelelően az építéstudomány, a közlekedéstudomány, a településtudomány és az építészettörténet- és elmélettudomány csoportra tagozódnak:

a) Az építéstudomány területén földművek, alapozások, út- és vasútépítési, valamint hídépítési feladatok, sztatikai, szilárdságtani és építőanyag technológiai kérdések.

b) Közlekedéstudományi területen korszerű hosszúsínes vágányok vizsgálata, városi közúti csomópontok teljesítőképességének tanulmányozása, közlekedésüzemi és közlekedésgazdasági kérdések, hazai közlekedéspolitikai általános tudományos alapok kidolgozása.

c) A településtudomány területén a települések gazdaságos vízellátásának, a magyar városok ellátottságának vizsgálata, a magyar városkönyvanyag összegyűjtése ; építészettörténeti és elméleti kérdésekben a magyar faluépítés története, várostervezés, nagy építőművészeink munkássága, magyarországi műemléki topográfia és ezenkívül még számos kutatási téma, amely hosszabb időt és elmélyedést kíván s amely az említett tudományok tudományos alapjainak fejlesztését célozza.

Ezen túlmenően a munkaközösség feladata, munkájának célja az érintett területeken dolgozó intézetek munkájának figyelése, a hazai és külföldi műszaki tudomány eredményeinek értékelése és ezeken a területeken a nemzetközi tudományos kapcsolatok kialakítása.

A munkaközösség ebben az évben az említett témák területén sok értékes tanulmányt készített el, amire különösen alkalmat adott a megindult építés- és közlekedéstudományi közlöny megjelenése. Ez lehetőséget adott számos ilyen tanulmány közvetlen közzétételére is.

A munka meglehetős nehézségekkel járt, természetesen főleg kezdeti nehézségekkel, amelyek még ma is fennállnak a szükséges anyagi és személyi alapok és bizonyos együttműködések megteremtése terén. Meg kell mondanom, a munkaközösség feladatának tartotta, hogy a perspektíva kutatást elsősorban az ipar céljaira is hasznosíthatóvá tegye, tehát olyan távlati kutatási témákat válasszon és dolgozzon ki, amelyeknek az érintett ipar, tehát elsősorban az építési és a közlekedési és postaügyi tárca szempontjából jelentőségük van. Ezen együttműködés céljából már eleve megkereste az említett tárcákat ilyenfajta kívánságaik közlése végett és közreműködésre kérte fel az építéstudományi főbizottságot, valamint a többi főbizottságot. Ez a közreműködés részben meg is történt. A tárcák nemcsak anyagi segítséget, de bizonyos tudományos segítséget is nyújtottak. Kétségtelen azonban, hogy ezen a területen az együttműködés még lényegesen fokozandó és fokozható. Fokozható még ezenkívül az együttműködés elsősorban a hidrológiai főbizottsággal. A munkaközösségnek tulajdonképpen egyik célja, hogy a jövőben, mégpedig lehetőleg a közeljövőben a hidrológiai tanszék a munkaközösség keretébe belefoglalva az egyetem teljes hivatásának megfelelő kutatási feladatkört alakítson ki és ennek megfelelően az egyetemmel való együttműködést is teljes összhangba hozza az egyetem feladatkörével.

Az egyik legfontosabb kérdés, amelyet a munkaközösség keretén belül meg kell valósítani, a tudomány helyzetének felmérése és megállapítása. Már az osztálytitkári beszámolóban is elhangzott, hogy a műszaki osztály ezt tevékenysége egyik fontos feladatának tartotta és ugyanígy az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem munkaközösségén belül a legfontosabb témákra már egyéni felelősöket jelöltek ki, abból a célból, hogy a tudomány fejlődését a nemzetközi irodalom, a kongresszusok és a hazai szakirodalom, valamint a hazai konferenciák keretében bizonyos határköveknél leszögezze és ennek a fejlődésnek bizonyos irányait megállapítsa. Úgy érezzük, hogy a

munkaközösség munkájában megnyilvánuló irányelvek lehetővé teszik a munkaközösség fejlődését és miután a tanszékek is lelkesedéssel fogtak hozzá a tudományos kutatómunka ilyen szervezett keretben való továbbviteléhez, remélhető, hogy a tanszéki munkaközösség eredményekkel tud majd szolgálni. Máris meg kell említenem azt, hogy a főbizottságok számos, tudományos működéshez nélkülözhetetlen kutatási témát adtak át a munkaközösségeknek. A munkaközösségben levő tanszékek számos esetben közösen, koordináltan hajtják végre a feladatokat és így az együttműködés megindulása már biztosítva van.

Ezeket akartam mintegy kiegészítésül megjegyezni az első egyetemi munkaközösség munkájával kapcsolatban és remélem, hogy az egyetemi munkaközösségek a Tudományos Akadémia főbizottságainak tudományos bázisát igen hasznosan és eredményesen tudják majd a jövőben szolgálni. (Taps.)

HEVESI GYULA akadémikus

Igen tisztelt osztályülés! Ha figyelembe vesszük azokat a nehézségeket, amelyeket az osztálynak ez év folyamán le kell küzdenie, hogy normális kerékvágásba terelje a munkát, ha figyelembe vesszük azt is, hogy a tavalyi októberi ellenforradalmi események kihatással voltak az osztályra és bizonyos ideig munkáját is lényegesen megnehezítették, akkor azokat a sok területen helyesen megállapított jelentős eredményeket és kezdeményezéseket, amelyeket az osztálytitkári beszámoló felsorolt, igen pozitívan kell értékelnünk. Ezek kétségkívül arra mutatnak, hogy az osztályon egészséges tudományos élet kezd kialakulni, amely a továbbiakban fellendítheti az osztály munkáját és újabb jelentős eredményekre vezethet.

Különösen értékelnem kell azokat a kezdeti lépéseket, amelyek a műszaki területen folyó alapkutatások megerősítésére irányultak, elsősorban az egyetemi munkaközösségek létesítését és különösen olyan fontos új műszaki intézmény létesítését, mint amilyen a műszaki-fizikai intézet, amelynek tevékenységétől joggal várunk a jövőben igen komoly segítséget egyes legfontosabb iparágaink fejlesztésére.

Nem akarok ezekre és egyéb pozitívan értékelendő tényekre a jelentés tartalmával kapcsolatban részletesen kitérni, inkább olyan kérdést szeretnék felvetni, amely bizonyos fokig eddig is vita tárgya volt az osztályokon belül és amely ma is érdemes arra, hogy komolyan foglalkozzunk vele. Ez bizottsági rendszerünk kérdése. Az osztály lényegében részben kutatóintézetében és kutatási területein él, részben pedig és nem utolsó sorban bizottságaiban. A bizottsági munka, ennek tartalma, intenzitása igen nagy mértékben határozza meg, hogy az osztály milyen eredménnyel működik és tud működni a magyar tudomány, a műszaki tudományok előbbrevitelében. A jelentés az osztály szervezetének egyik előnyeként tünteti fel azt, hogy a bizottságok létszáma csökkent és jobban meghatározódott a bizottságok munkaterülete. Ha a szűkebb értelemben vett feladatokat tekintjük, vagyis az akadémiai kutatás fejlesztését, a tudományos publikációk kérdését, az akadémikusok tudományos működésének elősegítését, a tudományos minősítéseket stb., akkor úgy gondolom, hogy a bizottsági létszámnak ez a csökkentése nem ment az Akadémia tevékenységének rovására, sőt talán elősegítette, hogy ezek a feladatok az Akadémián belül jobban legyenek ellátva.

Ha azonban az Akadémia feladatait kissé tágabban értelmezzük, — és azt hiszem, ilyen kis országban, ahol csak egyetlen ilyen centrális és ennélfogva többé-kevésbé univerzális jelentőségű tudományos vezető központ van — lehetne ezeket a feladatokat kissé szélesebben is értelmezni. Ebben az esetben pedig az Akadémiának és bizottságainak tudományos szféráját messzebbre, az Akadémia szorosabban vett területén kívülre is ki kell terjesztenie, hogy bizonyos szellemi kisugárzás érvényesüljön itt, nemcsak az Akadémia területén, de a népgazdaság különböző területein is. Úgy gondolom, a bizottságok messzebbmenő differrenciáltsága helyes és hasznos lehetne. Errenézve vannak a múltból tapasztalataink is. Tapasztalataink ugyanis nemcsak negatívok, mert volt több bizottság, amely hasznos eredményeket tudott felmutatni. Egy-egy ilyen szűkebb szakbizottság alkalmas volt arra, hogy a tudományt a maga kisebb szakterületén fellendítse, és elősegítse, hogy az ipar felsőbb vezetésébe behatoljon a tudománynak egy bizonyos minimuma. Még egy különösen számottevő haszna volt ennek a szélesebbkörű bizottság-rendszernek: a tehetségesebb tudományos káderekneк szélesebbkörű felderítése és az Akadémia munkakörébe való bevonása.

Azt gondolom, most még egy körülmény tenné fontossá, hogy a bizottság-rendszer messzemenő differenciáltságát megvizsgáljuk, mégpedig az, hogy új lehetőségei máris megnövekedtek. Most módunkban van a legkülönbözőbb területeken közvetlen kapcsolatokat létesíteni 12 baráti országgal. Ilyen együttműködésnek messzemenő kihasználása szerintem csak akkor lehetséges, ha messzemenően differenciált szakmai területeken folyik le. Így lehet ugyanis minden kérdésben megtalálni a legmegfelelőbb résztvevőket a velünk ma szoros baráti kapcsolatot tartó 12 országban. Anélkül, hogy konkrét javaslatot is tennék, azt gondolom, meg kellene vizsgálni, mennyiben célszerű a szakbizottsági munkát jobban kifejleszteni. Azt mondhatnám, még vannak olyan területek, ahol fel kellene éleszteni, olyan, ma kevésbé élénken kimunkált területeken, ahol a szakbizottsági munka a múltban pozitív eredményekre vezetett.

Még egy másik kérdésre is szeretném felhívni a t. osztályülés figyelmét a bizottságokkal kapcsolatban: a bizottsági tagsági megbízatás általában egy évre szól és az év végén az osztály vezetősége és maga az osztály is felülvizsgálja a tapasztalatok alapján a bizottságok összetételét. Ezen a téren, úgy gondolom, vannak bizonyos teendőink és részben a múlt tapasztalataiból a magam részéről azt a következtetést vonnám le, hogy a bizottság évenkénti aktivizálása, felfrissítése mellett törődni kell e bizottságok bizonyosfokú kiszélesítésével is. Erre azért kell törekedni, mert túlságosan szűkkörűeknek tartom bizottságainkat. Az Akadémia területén eléggé széles tudós-réteg van szemünk előtt: doktorok, kandidátusok működnek, akik még távolról sincsenek eléggé bekapcsolva az Akadémia munkájába. A doktoroknál nem olyan nagymértékben aktuális a probléma, mert legnagyobb részük részt vesz a bizottságok vagy kutatóintézetek munkáján keresztül az Akadémia tevékenységében, ellenben nézetem szerint elvileg minden kandidátusnak erkölcsi kötelessége lenne valamilyen formában részt venni az Akadémia munkájában. Ezt persze nem értelmezem szó szerint: azokról a kandidátusokról volna szó, akiket a szakbizottságok erre alkalmasnak tartanak. Szerintem sokkal több embert lehetne alkalmasnak tartani, mint amennyit eddig bevontak.

Felmerült az az ellenvetés, hogy ha a bizottságokat kiszélesítjük, kevésbé lesznek tanácskozóképesek. Szerintem ez csak annyira érintené a tanácskozó-

képességét, hogy egy-egy ülés esetleg félórával vagy egy órával tovább tartana, de nem kellene, hogy ez érdemileg leszállítsa a bizottság munkaeredményeinek színvonalát. Igen fontos lenne a bizottságoknak ilyen kiszélesítése, nemcsak a kandidátusokkal, hanem esetleg tehetséges és kiváló üzemi szakemberekkel is, abból a célból, hogy a bizottsági munka révén ezeknek a bevont kartársaknak tudományos fejlődését segítsük elő. Ezzel a közreműködéssel részben saját tudományos emelkedésünket tudnánk előmozdítani, részben pedig a bizottságnak nyílnék módja arra, hogy szélesebb körben ismerje meg szakterületén a többé-kevésbé tehetséges szakembereket. Nézetem szerint ennek igen komoly jelentőséget kell tulajdonítani.

Sajnos, meg kell mondanom, bár eléggé köztudomású és közismert dolog — nemcsak a műszaki területen, sőt talán itt kevésbé, mint másutt, de kulturális életünknek általában a legkülönbözőbb területein tapasztalható —, hogy egy-egy szakterületnek valamilyen kislétszámú csoportja valahogyan a szakterület vezetőjévé válik és a csoporton kívül álló szakembereknek igen nehéz valahogyan érvényesülniük nemcsak a szakterület irányításában, de egyáltalában annak szellemi életében is. Ez nem éppen hatalmi érdekből történik, jogszerűen is létrejöhetnek ilyen csoportosulások egyszerűen azért, mert az illetők, akik részesei ezeknek a csoportoknak, úgy tekintik, hogy tudásuknál és tehetségüknél fogva egyedül ők hivatottak ebben az irányban működni.

Az ilyenfajta jelenségek, amelyek nálunk is fennforognak, — nem akarom ezt olyan értelemben felhozni, mintha feltétlenül elítélendők volnának és helytelen szándékú csoportosulások lennének — akadályozzák, vagy legalábbis megnehezítik, hogy a tehetséges és a tudományos életben ösztönzésre érdemes egyéneknek köre kiszélesedjék. Ezt szeretném hangsúlyozni, ezért javasolnám, hogy a bizottságoknak sorrakerülő felülvizsgálatánál, vagy helyesebben a jövő évre való kinevezésénél ezeket a szempontokat vegyük figyelembe, hogy az osztályunk belső munkája életképesebb legyen. Tegyünk tehát további lépéseket abban az irányban, hogy az Akadémia körül és az Akadémián belül is élénkebb, új, természetesen tehetséges és hozzáértő embereket is magához vonzó és nekik itt munkalehetőséget biztosító élet alakuljon ki.

Még csak egyet szeretnék megjegyezni ezzel kapcsolatban: a bizottságnak ilyenfajta kiszélesítése nagyobbszámú kandidátussal valószínűleg lehetővé tenné, hogy az osztálytitkárság szervezőmunkáját jobban el lehessen látni. A tagtársak nagyon jól tudják, az osztálytitkárság előadói szervezete annyira leszűkült, hogy rendkívül nehézzé vált a bizottság és az osztályok működésével kapcsolatos tudományos jellegű szervezőmunkát ellátni. Azt hiszem, hogy a kandidátusok, akiket be lehetne vonni a szakbizottságok működésébe, ezt a sok tekintetben tudományos jellegű szervezőmunkát, amelyet az apparátus ma nem tud ellátni, elláthatnánk és ezáltal az osztály tevékenysége könnyebb lehetne. (Taps).

GELEJI SÁNDOR osztálytitkár

Csak egy-két szót szeretnék mondani válaszul HEVESI GYULA akadémikus felszólalására. Mégpedig azt, hogy a főbizottságok száma gyakorlatilag nincs limitálva és a főbizottságok annyi szakbizottsággal, illetve munkabizottsággal dolgozhatnak, amennyit foglalkoztatni tudnak.

VERŐ JÓZSEF elnök

Az akadémia nagygyűlése idején tartott nyilvános osztályüléseknek az a célja, hogy a kérdéses osztály a közelebbi szakterület és az egész ország színe előtt beszámoljon tevékenységéről, ismertesse elképzeléseit arról, hogyan akarja munkáját a jövőben folytatni. Erről az elhangzott osztálytitkári beszámoló és a hozzácsatlakozó felszólalások elegendő és világos képet adtak és kijelölték az irányvonalat is, amelyen az osztály haladni kíván.

Megköszönöm az osztályülés előadójának és minden felszólalónak közreműködését, osztályunk tagjainak és az érdeklődő hallgatóságnak szíves türelmét.

CSŐCÖLÖPÖKKEL VÉGZETT KÍSÉRLETEK

SZÉCHY KÁROLY
lev. tag.

Egyik legrégebben használt alapozási mód a cölöpözés, mely már több évezredes múltra tekinthet vissza. Mindamellett még ma sem tartunk ott, hogy a cölöpök teherbírását elméleti úton pontosan meg tudnánk határozni. Kétségtelen, hogy a fennálló bizonytalanság oka a talajnak, mint szerkezeti anyagnak nagymérvű egyenetlensége és szilárdsági tulajdonságainak tág határok között és igen sokféle tényezőnek alávetett változékonysága. A cölöpök anyaga maga sokkal nagyobb teherbírású, mint a talaj és ezért a cölöp teherbírását azok a méretei szabják meg, amelyek a terhelést a talajnak átadják. Tehát a köpenyfelület és csúcsfelület nagysága a mértékadó, míg a cölöptörzs nagyobb szilárdságú anyagának keresztmetszeti területe nincsen kihasználva. Ebből a tényből kézenfekvő az *üreges, vagy csőcölöp* használatának gondolata, hiszen itt a teherátadás szempontjából mértékadó köpenyfelület változatlanul megvan és ha a csúcsnál az üreget lezárjuk, akkor a teherátadó csúcsfelület is változatlan. Az építési gyakorlatban több ilyen cölöpfajtát ismerünk is, ahol acél verőcsúcshoz kapcsolva vasbeton, vagy vékony vaslemez köpenyelemeket verünk le a talajba (ROTINOFF, RAYMOND stb.).

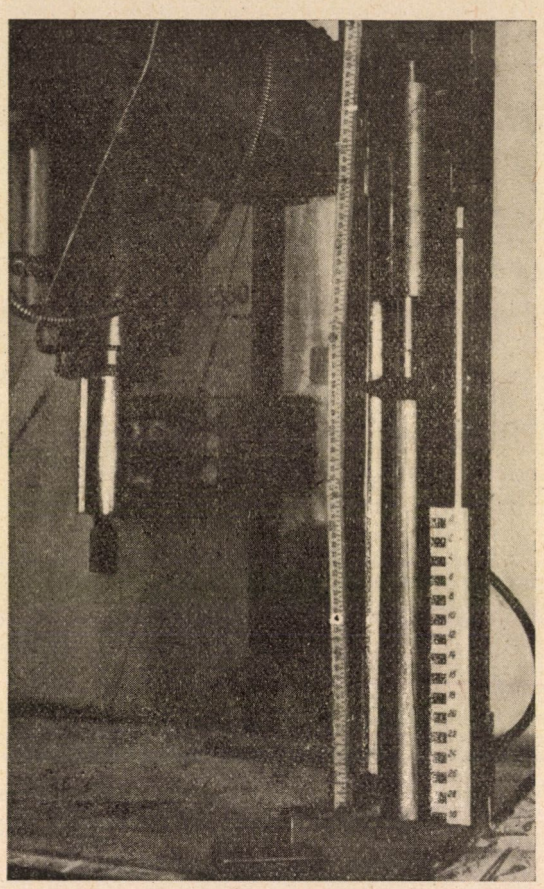
Ezeknél a cölöprendszereknél azonban nemcsak a meglehetősen költséges acélcsúcs vész el, hanem még az a beton is, amivel az elemek közötti kapcsolatok és a teherátadás egyenletességének biztosítására a levert hüvelyt ki is szokták tölteni.

Az üreges vas csőcölöpöket pedig szintén meglehetősen bonyolult és költséges saruszerkezettel összeszerelten használják.

Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Alagútépítés és Földművek tanszékén a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával végzett alábbi kísérleteknek egyrészt az volt a céljuk, hogy a csőcölöpök gazdaságosságát és a saruszerkezet elhagyásának lehetőségét megvizsgálják, másrészt pedig, hogy a cölöpök teherbírásának annyira bonyolult körülményeire is némi bepillantást nyújtsanak.

A kísérleteket első lépcsőben $0{,}80 \times 1{,}30$ m alapfelületű és 60 cm mély, homokkal megtöltött acél szekrényben végeztük, 50 cm h. és 14,7—70,5 mm külső

átmérő között változó méretű és változó falvastagságú acélcsövekkel. Az egyenletes tömörségű homokkal megtöltött szekrények fölé verő- és terhelő berendezést szereltünk, melyek segítségével a csöveket a kísérleti szekrényekben bevertük, majd próbaképpen terheltük és végül kihúzókísérlettel vizsgáltuk. A kísérleti szekrény fölött 5 kg súlyú és 20 cm ejtőmagasságú kísérleti verőbe-



1. ábra. A kísérleti berendezés képe

rendezést és olajszivattyúval táplált dugattyús terhelő berendezést alkalmaztunk (1. ábra).

A kísérletek során megállapítottuk a behatoláshoz szükséges ütőmunkát és folyamatosan mértük a cső belsejébe benyomódott talajszint magasságát, végül pedig a talajmagnak a cső alja és a talajmag felszíne síkjában levő hézagtérfogatát. Ezután a levert csöveket terheltük, majd pedig kihúztuk az erő és alakváltozás összetartozó értékeinek gondos mérése mellett. A részletes eredményeket az I. és II. táblázatok tüntetik fel.

I. táblázat

	Külső átm. D mm	Falvastagság δ mm	Törőterhelés P kg	F_k cm²	Süllyedés a törőterhelésnél S mm	$\frac{P}{S}$	F_b cm²	Kihúzóerő Z kg	köpeny felület U_k cm²	$\frac{P-Z}{F}$ kg/cm²	$\frac{P}{F_k}$	$\frac{Z}{U \cdot l}$ kg/cm²	$\frac{Z}{P}$ %	A belső földmagassága a beh. mélység %-ban	Verőmunka M mkg	M/P Fajl. ütőmunka	Hézagtérfogat % $n = 0{,}335$			$\frac{n-n_u}{n}$ %
																	n_o	n_u	$\Delta n = n - n_u$	
I. Kísérletsorozat																				
	27	1	575—550		3,2	172														
Teherbírás összehasonlítás	34	3,5	650—750		4,0	175														
csúcsos lezárás	34	17	600		3,0	200														
	29,6	2	732		1,98	370		195												
lapos lezárás	29,6	14,8	887,5		1,25	715		195												
II. Különböző átmérőjű csőcölöpök																				
	14,7	1	233	1,70	2,0	116,5	1,27	78	22,6	91	137	0,344	33,5	42,8	77	0,33	0,318	0,269	0,066	19,7
	22,05	1,5	720	3,87	1,1	654	2,85	193	34,5	136	186	0,560	26,8	58,4	150	0,208	0,319	0,282	0,053	15,8
	29,6	2,0	732	6,85	1,98	370	5,16	195	46,7	78,5	107	0,417	26,6	64,8	198	0,27	0,321	0,288	0,047	14,0
	46,5	3,3	1387,5	17,10	3,8	366	12,6	275	73,0	65,4	81,5	0,377	19,8	88,0	502,5	0,362	0,323	0,297	0,038	11,3
	70,5	4,5	2167	39,0	4,4	491	29,8	293	110,8	48,0	55,5	0,265	13,5	91,1	1227	0,565	0,334	0,313	0,022	6,6
III. Különböző falvastagság																				
	28	1	750	2,1	2,1	356		175	440		119	0,397	23,3	77,7	179	0,239	0,320	0,287	0,048	14,3
	29,6	2	732		1,98	370		195	467		107	0,416	26,6	64,8	198	0,270	0,310	0,285	0,050	14,9
	29,8	5	790		1,0	790		195	480		116	0,406	24,7	66,4	326	0,412	0,315	0,283	0,052	15,5
	29,6	14,8	887,5		1,25	715		195	467		129	0,416	22,0	—	1175	0,754				
IV. Érdesség																				
sima külső és belső	28	1	750	6,27	2,1	356		175	440		119,5	0,397	23,3	77,7	179	0,239		0,262	0,073	21,8
sima k. és durva b.,	28	1	737,5	6,27	1,4	522		155	440		117,4	0,352	21,0	59	183	0,249				
durva k. és b.,	28	1	955	6,27	2,2	434		227,5	440		152,2	0,517	23,8	62	291	0,305	0,320	0,264	0,071	21,2
fa	30	4	900	7,07	—	—		290	472		143,6	0,614	32,2	74	460	0,511	0,321	0,276	0,059	17,6

II. táblázat

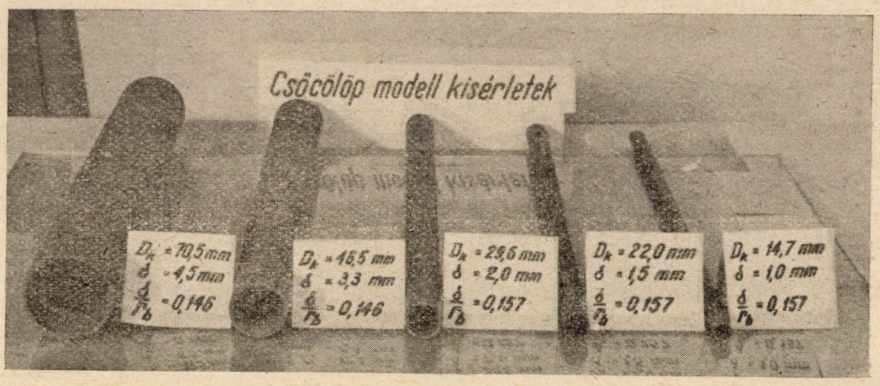
Csőátmérő				Alapterület cm²		Csőtérfogat cm³			Hézagtérfogat % eredeti $n=0{,}335$		$V_b(1-n)$	V_t a csőbe nyomott talaj térfogata cm³	$V_0=V_2+V_b(1-n)-V_1$	$=V\left(1-\frac{n_0+n_u}{2}\right)$	Összes kiszorított térfogat		P kg	$\frac{P}{V_0}$ kg/cm³	M mkg	$\frac{M}{V_0}$	Jegyzet
külső D_k	$\frac{m}{r_k}$	belső D_b	$\frac{m}{r_b}$	külső F_k	belső F_b	V_k	V_b	$V_k-V_b=V_2$	felül n_0 %	alul n_u %					$\frac{V_2+V_b(1-n)-V_1}{V_k}=\frac{V_0}{V_k}$ %	$\frac{V_b(1-n)-V_1}{V_b(1-n)}$ %					
14,7	68	12,7	79	1,70	1,27	85,0	63,5	21,5	0,318	0,269	42,2	27,2	46,5	19,2	52,5	54,5	233	5,0	77	1,73	
22,05	45,3	19,05	46,5	3,87	2,85	193,5	142,5	51,0	0,319	0,282	94,7	83,0	87,6	58,1	45,2	38,5	720	8,22	150	1,71	
29,6	30,8	25,6	39,0	6,85	5,16	342,5	258,0	84,5	0,321	0,288	171,5	167,3	139,8	116,2	40,5	32,2	732	5,23	198	1,43	
46,5	21,5	39,9	25,0	17,0	12,6	850,0	630,0	220,0	0,323	0,297	419,0	555,0	256,0	383,0	30,1	8,5	1387,5	5,41	502,5	1,96	
70,5	14,2	61,5	16,0	39,0	29,8	1950,0	1490,0	460,0	0,334	0,313	993,0	1355,0	536,0	917,0	27,5	7,5	2167,0	4,05	1227	2,29	
28	35,6	26	38,5	6,27	5,30	313,5	265,0	48,5	0,320	0,287	175,5	205,0	81,0	143,0	25,8	18,5	750	9,25	179	2,22	
29,6	33,7	25,6	39,0	6,85	5,16	342,5	258,0	84,5	0,310	0,285	170,0	167,0	137,5	117,0	40,6	31,2	732	5,31	198	1,44	
29,8	33,6	19,8	55,6	7,0	3,10	350,0	155,0	195,0	0,315	0,283	103,0	103,0	225,9	72,1	64,5	30,0	812,5	3,60	326	1,44	
29,6	33,7	0	0	6,85	0	342,5	0	342,5			0	0	342,5	0	100,0	0	887,5	2,59	1175	3,34	
28	35,6	26	38,5	6,27	5,30	313,5	265,0	48,5	—	0,262	175,5	206,0	81,0	144,0	25,5	18,0	750	9,25	179	2,22	
28	35,6	26	38,5	6,27	5,30	313,5	265,0	48,5	—	—	175,5	156,0	81,0	(119,0)	(33,4)	(32,2)	737,5	9,10	183	2,26	
28	35,6	26	38,5	6,27	5,30	313,5	265,0	48,5	—	0,264	175,5	164,0	81,0	115,0	34,8	34,2	955,0	11,8	291	3,60	
30	33,3	22	45,5	7,07	3,80	353,5	190,0	163,5	—	0,276	126,3	140,0	191,8	98,0	54,4	22,4	900	4,69	460	2,40	

1. Belső talajdugó képződése

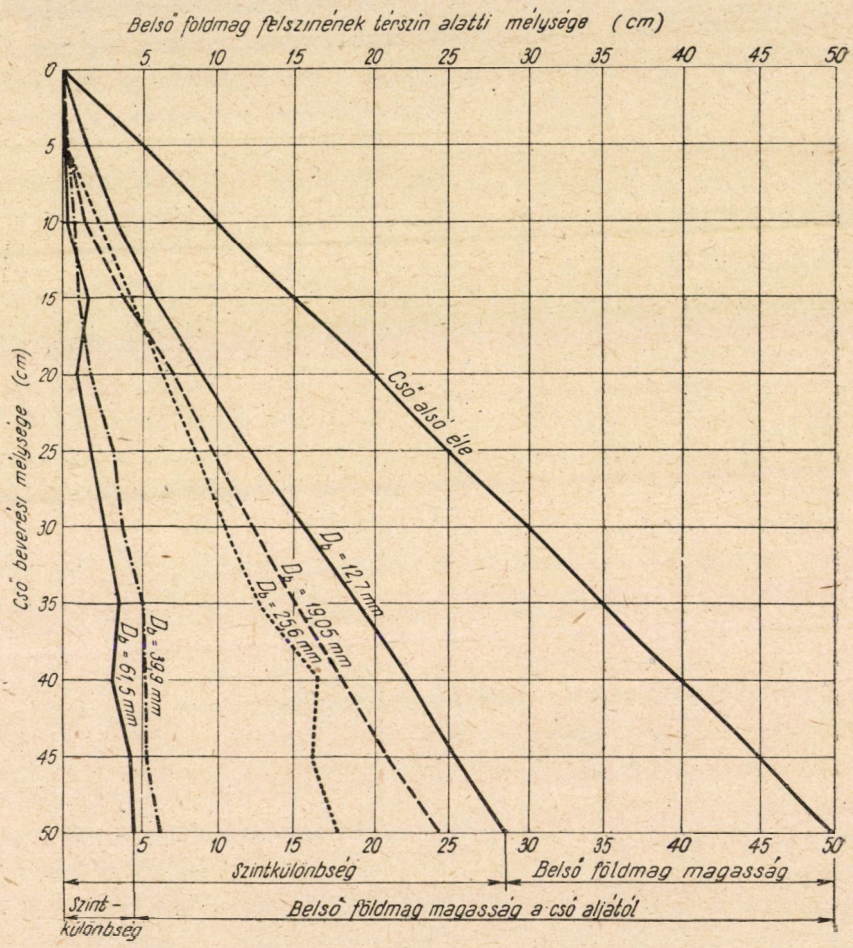
Mindenekelőtt a *belső földmag* képződését és a lezáró csúcs nélküli csőcölöpök teherbírásának alakulását vizsgáltuk meg. Ebből a célból a 2. ábrán látható csöveket vertük le a homokkal töltött próbaszekrénybe egyformán 50 cm mélységbe. A csövek falvastagsága és átmérője a lehetőség szerint egyenlő arányban volt választva $\left(\frac{\delta}{r_b} \cong 0{,}15\right)$, miután feltehető volt, hogy ennek a belső földmag kialakulásában befolyása lehet. A földmag képződésének folyamatát a 3. ábra mutatja. Látható, hogy a beverés során az eredeti külső térszint és a cső belsejébe benyomuló talajszint között kezdettől fogva szintkülönbség keletkezett, mely a cső behatolásával fokozatosan nőtt. A növekedés természetszerűleg a legkisebb átmérőjű csőnél volt a legnagyobb és a legnagyobb átmérőjű csőnél a legkisebb. Ugyanakkor megmértük a hézagtényezőt is (a földmag felszínén n_0 és alján n_u). A változás itt is természetesen a legkisebb átmérőjű csőnél volt a legnagyobb és a legnagyobb átmérőjű csőnél a legkisebb. Ha a cső alján mért hézagtérfogat abszolút változását *(1)*, valamint az eredeti hézagtérfogatra vonatkoztatott viszonylagos változását *(2)*, továbbá a belső földmag magasságának a térszínhez viszonyított százalékos nagyságát *(3)* a csőátmérő (4*a* ábra), illetőleg a cső belső térfogatának (4*b* ábra) függvényében felrakjuk, akkor mindkét ábrázolásban az mutatkozik, hogy *a földmag magasságcsökkenése* a nagyobb átmérők mellett (mintegy az $\frac{m}{D} \leqq 20$ aránytól kezdve) *arányosan halad a* cső alján mutatkozó *hézagtérfogat csökkenéssel* (Δn_u), valamint annak az eredeti hézagtérfogatra vonatkoztatott csökkenésével is ($\Delta n\%$). Az is megállapítható volt, hogy a belső földmag felszínén is mutatkozik bizonyos tömörödés, amely azonban sokkal kisebb mértékű, mint a cső alján (l. Δn_0 vonal); amíg ugyanis az alsó hézagtérfogatváltozás maximuma 19,7%, a felszíni hézagtérfogatváltozásé 4,8% volt.

Még szembetűnőbb kapcsolat mutatkozik a belső földmag kialakulásának menete és az $\frac{m}{r_b}$ átboltozódási viszonyszám (a silóhatás mutatója) között. Ha ugyanis a vízszintes tengelyen az egyes csövek mindenkori behatolási mélységének *(m)* és az egy-egy csőre nézve állandó csősugárnak *(r_b)* függvényében felrakjuk a belső földmagnak a cső aljától mért távolságát *(t)*, akkor a behatolási lépcsőkkel meghatározott pontokat minden egyes csőre nézve más és más hajlású egyenessel köthetjük össze, tehát minden esetre lineáris kapcsolatot kapunk (l., 5. ábra). Ugyanilyen lineáris kapcsolat mutatkozik akkor is, ha az azonos külső átmérőjű, de változó falvastagságú csövekben (l. I. tábl. III. sorozat) képződő földmag belső szintjét ábrázoljuk.

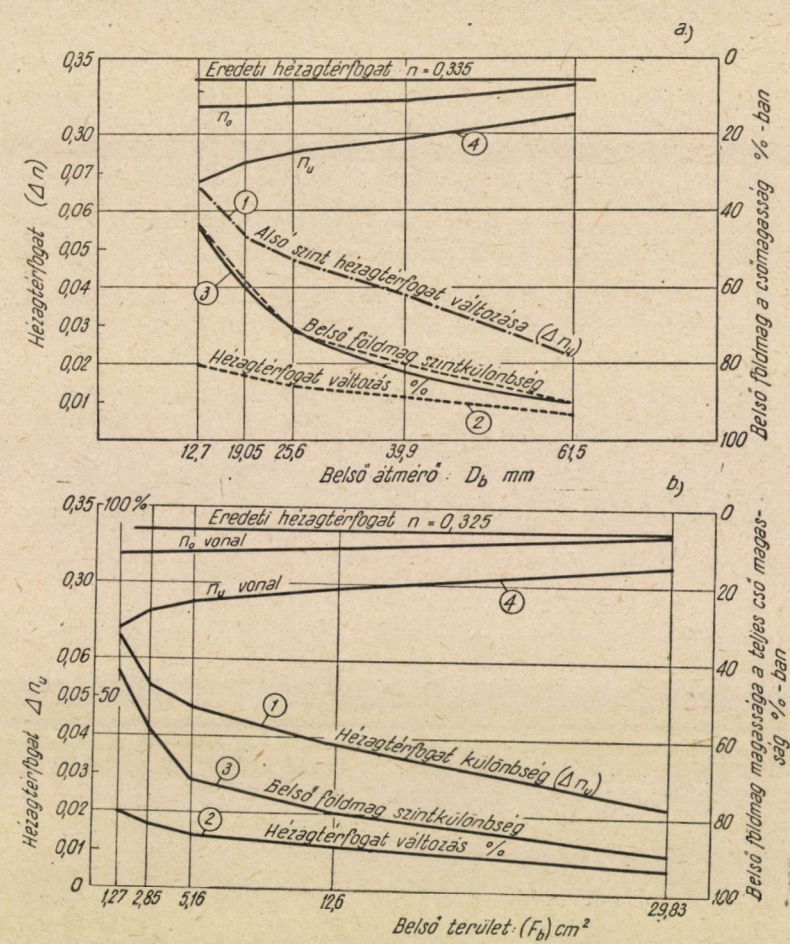
Kétségtelen, hogy az egyenesek hajlása a különböző csöveknek a talaj behatolásával szemben tanúsított ellenállását ábrázolja. Minél laposabb az



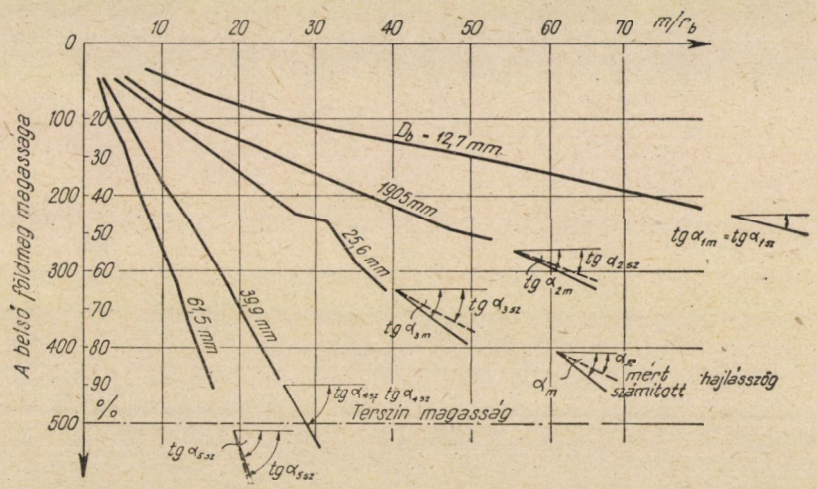
2. *ábra.* A változó átmérőjű kísérleti acélcsövek



3. *ábra.* A belső földmag kialakulása a cső belsejében



4. ábra. Hézagtérfogat változás a csőátmérő *(a)* és a belső alapterület *(b)* függvényében



5. ábra. A silóarány $\frac{m}{r_b}$ és a földmag képződésének folyamata közötti kapcsolat

egyenes, annál nagyobb, és minél meredekebb az egyenes, annál kisebb az ellenállás. A behatolás tehát annál könnyebb, minél nagyobb a cső keresztmetszeti területe és minél kisebb a csőfalon keletkező súrlódási ellenállás, tehát: $\operatorname{tg}\alpha_1 : \operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{F_{b_1}}{U_{b1} \cdot t_1 \cdot f_1} : \frac{F_{b_2}}{U_{b2} \cdot t_2 \cdot f_2}$, ahol F_{b1}, F_{b2} és U_{b1}, U_{b2} az összehasonlított csövek belső keresztmetszeti területei, illetőleg kerületei, t_1 és t_2 a belső földmag benyomulási magassága, amelyek ismertek, f_1 és f_2 benyomult belső földtömeggel a csőfalra kifejtett átlagos vízszintes feszültségnek a fajlagos súrlódással való szorzata. Megkíséreltük a kísérleti eredmények felhasználásával ezen f értékek meghatározását oly módon, hogy a csövek beverésekor a jelentkező rázás dinamikai talajtömörítő hatását elhanyagoltuk[1] és feltételeztük, hogy a talajmag felső szintje és a térszint között mutatkozó $\Delta s = l - t$ különbség nem más, mint a belső talajmag összenyomódása a csőfalon keletkező súrlódások és átboltozódásokkal kifejtett függőleges erőhatások következtében. Vagyis a Hooke-törvény alkalmazásával:

$$\Delta s = \frac{p \cdot l}{M}; \quad \text{a mi esetünkben} \quad p = \frac{\Sigma S}{F_b} = \frac{U_b \cdot t \cdot f}{F_b}$$

$$\text{tehát} \quad \Delta s = \frac{U_b \cdot t \cdot l \cdot f}{F_b \cdot M} \quad \text{és innen} \quad f = \frac{\Delta s \cdot F_b \cdot M}{U_b \cdot t \cdot l},$$

amit az egyenesek hajlásszögére felállított arányban behelyettesítve kapjuk:

$$\operatorname{tg}\alpha_1 : \operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{l_1}{\Delta s_1 \cdot M_1} : \frac{l_2}{\Delta s_2 \cdot M_2}.$$

Az ezen az alapon számított eredmények csak közelítő egyezést mutattak a kísérleti egyenesek hajlásával, ami az M érték nagyfokú és mérési eredményeink alapján csak nehezen (a hézagtényezők változása arányában)

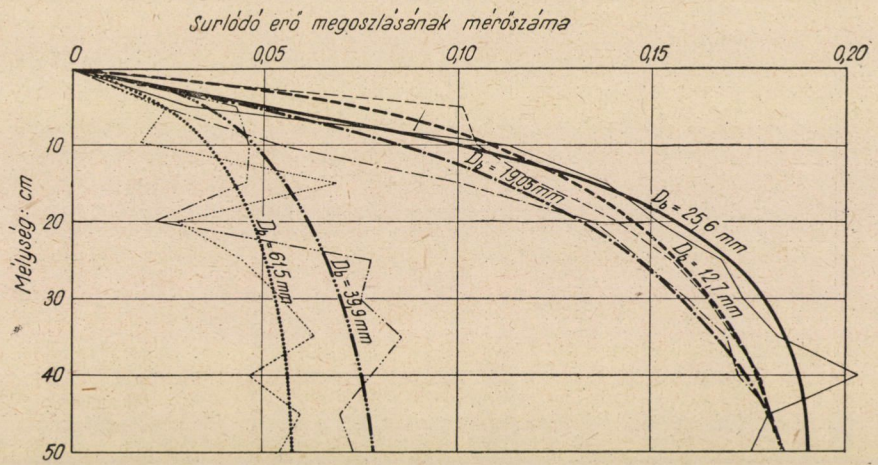
$$\left[\beta = \frac{\Delta e_i (1 + e_n)}{\Delta e_n (1 + e_i)}\right]$$

követhető változásának tudható be. Pedig M nemcsak a tömörödés következtében, hanem a σ_z feszültségekkel is változik. Továbbá zavarja az eredményeket, hogy a tömörödés a normális feszültségek mellett a fajlagos súrlódás, vagyis tgδ értékét is lényegesen megnövelte. Az eltérés a mért és számított értékek aránya között a legnagyobb csőátmérőnél 13 %.

[1] Megjegyzendő, hogy ezen hatás nagysága a 4. ábrából érzékelhető, mivel az a felszíni hézagtérfogat változásával, vagyis az n_o vonallal vehető arányosnak. Innen is látszik, hogy a tényleges tömörítő hatáshoz, vagyis az n_n vonalhoz képest ez az érték sem jelentős.

Megkíséreltük azután a ΣS belső súrlódó erők eloszlására fényt deríteni ugyancsak a Hooke-féle törvény alapján és annak feltételezésével, hogy a $\Delta s = l - t$ különbség a belső talajmagnak a csőfalon keletkező függőleges irányú súrlódó erők okozta összenyomódás eredménye, vagyis :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ és } \sigma = \frac{\Sigma S}{F_b}; \; E = M \text{ és } \varepsilon = \frac{\Delta s}{l} \text{ tehát}$$



6. ábra. A fajlagos surlódó erő eloszlásának mérőszáma

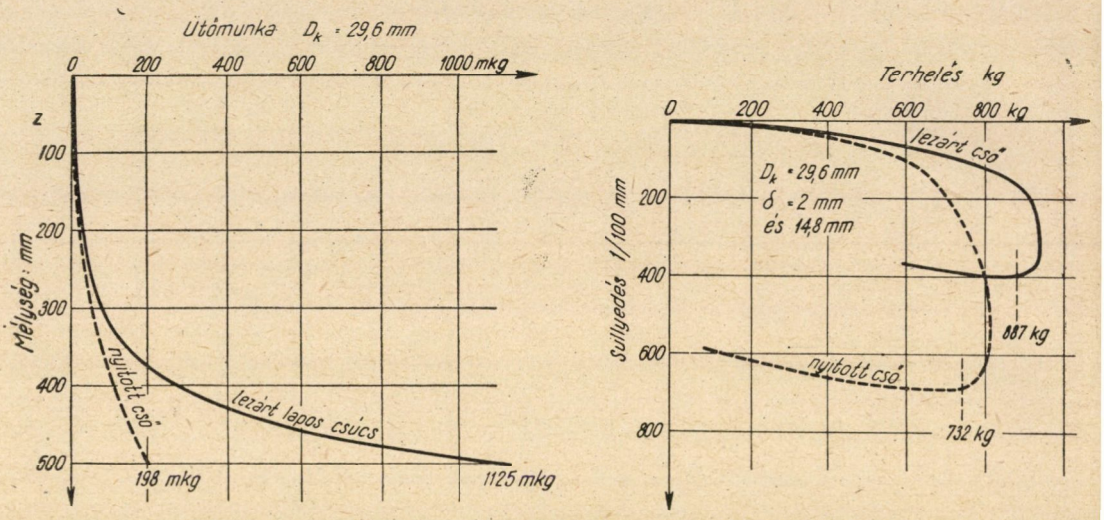
$\Sigma S = F_b \cdot M \cdot \varepsilon$ és a fajlagos erő, mely egységnyi kerület hosszra esik $\sigma = \frac{\Sigma S}{U_b} = \frac{F_b}{U_b} \cdot M \cdot \varepsilon$. Miután M abszolút értékének számszerű meghatározására adataink nem voltak elégségesek, az előzőekhez hasonlóan csupán az M-ek β arányát vettük figyelembe a σ súrlódó erő mérőszámának meghatározásánál, amely természetesen az eloszlásnak csupán minőségi jellemzésére szolgálhat. Eszerint

$$\sigma = \frac{F_b}{U_b} \cdot \varepsilon \cdot \beta, \text{ ahol } \beta = \frac{M_i}{M_n} = \frac{\frac{\Delta e_i}{1 + e_i}}{\frac{\Delta e_n}{1 + e_n}} = \frac{\Delta e_i \; (1 + e_n)}{\Delta e_n \; (1 + e_i)}.$$

Az így kapott és a legkisebb átmérőjű csőre redukált eredményeket a 6. ábrán láthatjuk. A fajlagos súrlódó erő nagysága az ábra szerint eleinte a mélységgel rohamosan, majd egyre csökkenő mértékben növekszik és határozottan maximális érték felé tart. Itt is döntő befolyást gyakorol az erők nagyságára az $\frac{m}{r_b}$ arány. Láthatjuk, hogy $\frac{m}{r_b} \cong 40$, illetőleg $\frac{m}{D_b} \cong 20$ viszonyszámig

egészen más a görbék alakja, mint $\frac{m}{D_b} < 12{,}5$ alatt. Az is látható, hogy az $\frac{m}{r_b}$ arány növelése különösen a 25 cm, vagyis $m = 10\ D_b$ mélységig mutatkozott hatékonynak. Természetesen befolyása van a nyomások kialakulásában a falvastagságnak, vagyis a csőből kiszorított térfogat nagyságának is.

A kialakuló nyomások eloszlása, tehát a mélységgel nem lineárisan, hanem valamilyen $\sigma_{max}\sqrt{\frac{\Delta s}{l}}$ kifejezéssel jellemezhető parabola alakban nő. Miután a



7. ábra. Az alul nyitott és alul zárt végű cső behatolási ütőmunka és teherbírási diagramja (átlagértékek)

nyomáseloszlásban a talajkiszorítás játssza a főszerepet, feltételezhető, hogy a külső köpenyfelületre ható földnyomás megoszlása is hasonló jellegű. Mindenesetre a vízszintes nyomás ott is σ-val arányosan növekszik.

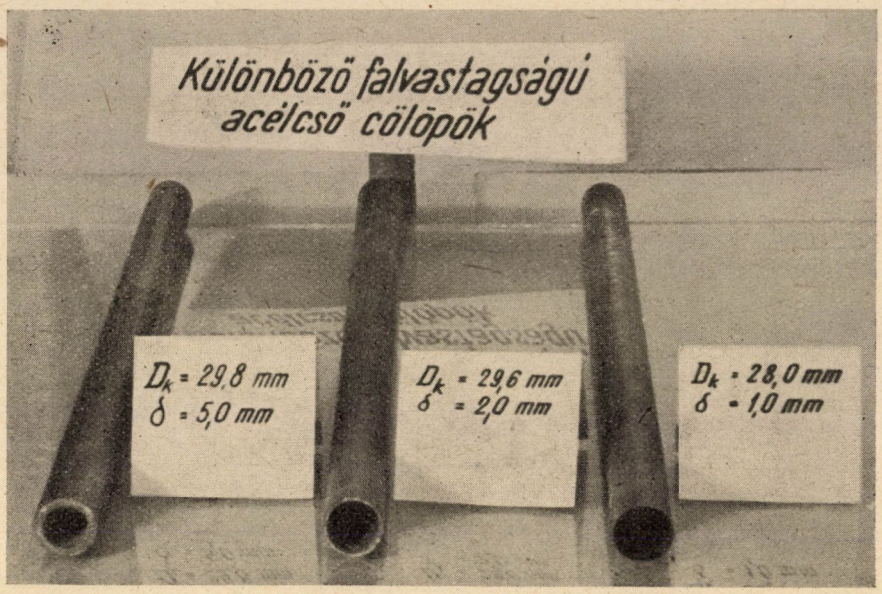
Miután a kísérletek azt mutatták, hogy a csövek határterhelésekor a belső talajmag még a legnagyobb átmérőjű csőnél sem mozdult el, megállapítható, hogy az adott $\frac{\delta}{D_b} \sim 15$ viszonyszám mellett már az átmérő 10-szeresének megfelelő behatolási mélység után *olyan tömör talajdugó képződik a cső belsejében, amely a csőcölöp terhelésének saját alakváltozás nélküli továbbítására képes.*

A következőkben végrehajtott próbaterhelések azután megmutatták, hogy az így kialakult földmag teljes mértékben pótolta a cölöpcsúcsot. A 7. ábrán tüntettem fel két azonos külső átmérőjű üres cölöp és alul lezárt végű — tehát tömörnek tekinthető — cölöp próbaterhelési és verési diagramját. Látható, hogy amíg a tömör cölöp teherbírása 887 kg, a csőcölöpé 732 kg,

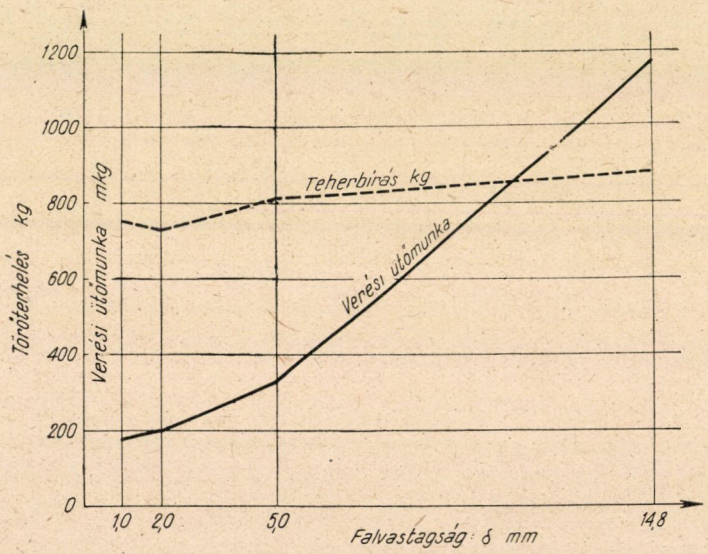
viszont a beveréshez szükséges munka a tömör cölöpnél 1175 *mkg*, a csőcölöpnél *mindössze* 198 *mkg*. A törőterhelésnél bekövetkezett süllyedés pedig tömör cölöpnél 1,25 mm, a csőcölöpnél 1,98 mm. A fenti adatok 3, illetőleg 2 kísérlet átlagából adódtak. Az eredményekből megállapítható volt, hogy a csőcölöpök teherbírása minimálisan lesz kevesebb az ugyanolyan külső átmérőjű tömör cölöpnél, ugyanakkor azonban a beveréshez szükséges munka tört részére csökken, míg a határterhelés alatti besüllyedése lényegesen megnövekszik. (Vö. 10/b ábra.) A csövek falvastagságának növelésével fokozatos átmenetet lehet kimutatni a két határérték között. Ennek kimutatására a 8. ábrán feltüntetett közel azonos külső átmérőjű, de változó falvastagságú csöveket, valamint egy alul síklappal lezárt csövet vertünk le a próbaládába és vettük próbaterhelés alá (l. I. Tábl. III. sorozat). A 9. ábra feltünteti, hogy 28—29,6 mm külső átm. csöveknél hogyan növekedett a falvastagság növekedésével az 50 cm-nyi beveréshez szükséges ütőmunka, illetőleg, hogy ugyanakkora teherbírás viszont alig változott. Ha azonban felrakjuk az 1 cm süllyedést okozó terheléseket *(P/s)* ugyancsak a falvastagság függvényében (10/a ábra), akkor azt látjuk, hogy ez a fajlagos érték a falvastagsággal jelentékenyen növekszik, vagyis a falvastagság növekedése azonos teherbírás mellett csökkenti a süllyedést. Még határozottabban látható ez a jelenség a 10/b. ábrából, ahol nem a fajlagos, hanem a törőterhelésnél fellépő tényleges süllyedések értékét tüntettük fel — ugyancsak a falvastagság függvényében.

A fenti jelenség elméletileg is indokolható (l. 11. ábra). Ugyanis a tömör cölöp alatti talaj a terhelés hatására bizonyos σ_t nyomóigénybevételt kap és ennek hatására Δs mérettel nyomódik a talajba. Ugyanazon Δs mértékű benyomódás mellett a csőcölöp azonban nem tudja a $\frac{D^2 \cdot \pi}{4}\ \sigma_t = P$ erőt a talajnak átadni, mivel a talaj egy része a csőbe nyomódik és a σ_t nagyságú talajfeszültség csak a kisebb $\frac{D^2 - d^2}{4}\pi$ nagyságú gyűrűfelület alatt fog kialakulni. A Δs nagyságú benyomódás a belső földmagon belül tehát $\Delta s'$ és $\Delta s''$ részre bontható. A $\Delta s'$ rész lesz a benyomuló talajmag saját összenyomódása, a $\Delta s''$ rész pedig a talajmag tényleges magassága. Az összenyomódást éppen az az erő fogja okozni, amelyet a $\frac{D \cdot \pi}{4}$ nagyságú felületen a földtömeg át tud adni. Ennek maximális értéke pedig nem más, mint amit a földtömeg súrlódás útján a belső csőfalaknak át tud adni. Bármilyen tömör legyen is azonban a talajdugó, összenyomhátósága feltétlenül nagyobb lesz, mint a vas csőfala és így a talajdugó alatti talajfeszültség (σ'') is kisebb kell legyen, mint σ_t.

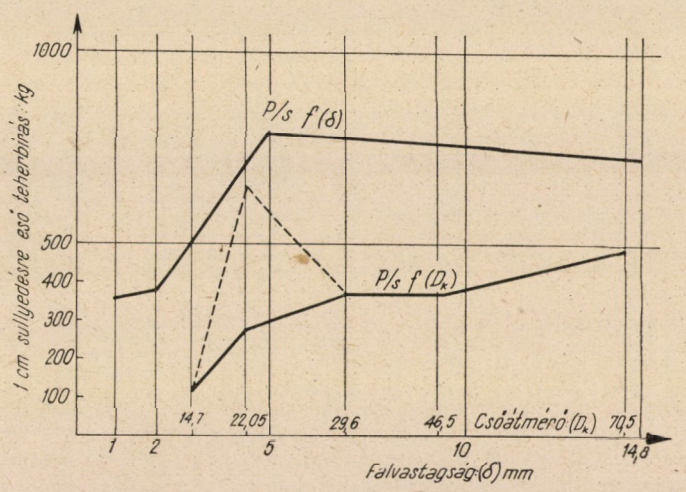
A σ_t feszültség jelenleg csak a $\frac{D^2 - d^2}{4}\pi$ gyűrűfelület alatt fog mutatkozni, a Δs besüllyedés mellett átadható erő $P' = \frac{D^2 - d^2}{4}\ \pi \cdot \sigma_t + \sigma'' \frac{d^2 \cdot \pi}{4} =$



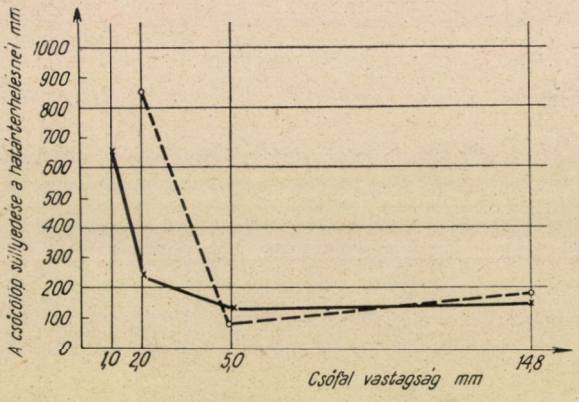
8. ábra. A különböző falvastagságú csövek képe



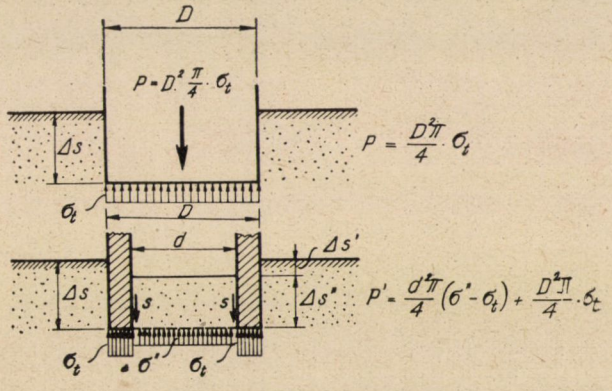
9. ábra. Különböző falvastagságú csövek teherbírása és verési ütőmunkája



10/a. ábra. Egységnyi süllyedésre eső terhelések



10/b. ábra. A süllyedések a csőfal-vastagság függvényében



11. ábra. A belső földmaggal átadható erők

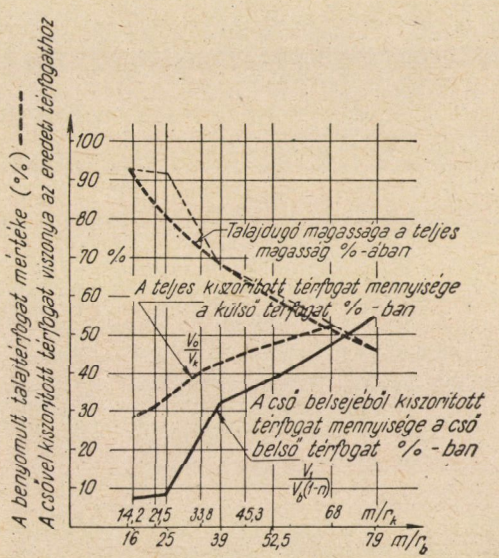
$= \frac{d^2 \cdot \pi}{4} (\sigma'' - \sigma_t) + \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sigma_t$ kifejezésben az első tag negatív lesz és így $P' < P$ lesz mindaddig, amíg σ'' egyenlő nem lesz σ_t-vel, vagyis amíg a cső belsejében levő földmag ellenállása nem válik egyenlővé a talaj törőterhelésével. Mivel azonban a földmag összenyomhatósága nagyobb, mint a csőfalé, ez csak akkor következhet be, ha $\Delta s''$ is növekszik. Következésképpen Δs-nek is növekedni kell a tömör cölöpnél mutatkozó értékhez képest.

A teherbírások azonossága viszont abból a meggondolásból következik, hogy a csőbe benyomható földtömeg csakhamar annyira összetömörödik, hogy teherbírása meghaladja a cölöpcsúcs alatt fekvő talajrétegek teherbírását. A kísérletek szerint az n hézagtérfogatnak már 6,6 %-al való csökkenése elegendő a teherbíró és eltolódásmentes talajmag kialakulásához.

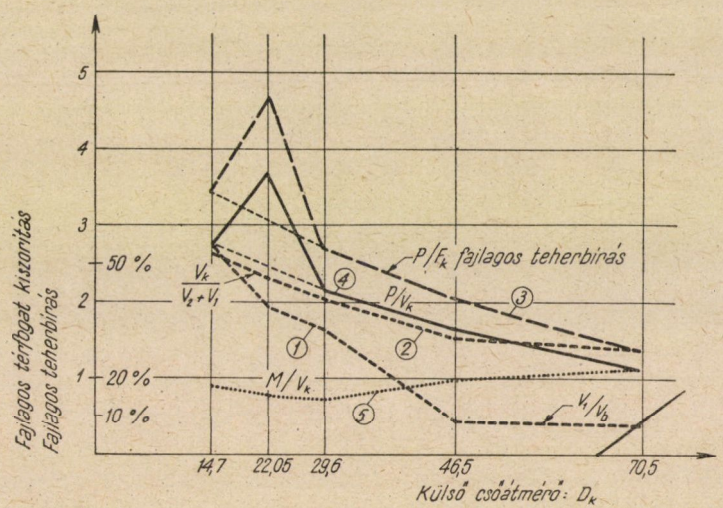
A belső földmag kialakulása és hézagtérfogatának mutatkozó változása egyébként egyéb következtetésekre is alapul szolgálhat. A végbemenő tömörödési folyamat ugyanis két főokkal magyarázható. Elsősorban a cölöp behatolása következtében mutatkozó térfogat kiszorító hatás okozta tömörödésre, másrészt pedig a verés folytán jelentkező rázó, vibráló hatásra. Amint a 4*a* és 4*b* ábrákból láthatjuk, a *földmag belső szintje a két hatás eredőjeként mutatkozó tömörödésnek jó jellemzője.* Ugyanakkor a cső *alsó* síkjában mutatkozó hézagtényező változás szintén ezt mutatja. A cső *felső* szintjében megállapítható hézagtényező változás ellenben már a verés okozta vibrálás tömörítő hatását különválasztva tünteti fel, mert ide a behatolás okozta tömörödés már nem hat. Természetesen a hézagtérfogatnak itt mutatkozó változása sem abszolút értékű jellemző, mert a csőbe nyomult talaj tömörsége más, mint a kívülfekvő talajé. A talajbenyomódás pedig a felső rétegre és annak mért hézagtérfogatváltozására is hat. Mindamellett arra jó, hogy nagyságrendileg érzékeltesse a két hatás közötti különbséget és rámutasson arra, hogy *az egyszerű verés okozta vibrálás hatása csak tört része (15—20%) lehet a talaj benyomulás okozta tömörödésnek.*

A talajdugó tömörségének a cső környezetére gyakorolt hatására jellemző képet kapunk, ha a különöző átmérőjű csövek belsejében levő talajszemcsék tömör térfogatát (V_1), összehasonlítjuk a cső térfogatát az eredeti talajállapotban kitöltő talajszemcsék tömör térfogatával ($V_b(1-n)$). A $\frac{V_1}{V_b(1-n)}$ viszonyszámot a levert csőmagasság m és a belső sugár r_b, illetőleg a csőfal és a talajdugó tömörödése folytán kiszorított térfogatot ($V_2 + V_1$) az eredeti külső térfogathoz viszonyítva és a $\frac{m}{r_k}$ viszonyszámban felrakva kapjuk a 12. ábrát. (Összehasonlításként feltüntettük az ábrában a talajdugónak a teljes magassághoz viszonyított %-os magasságát is, amely az előző vonalak tükörképe. Számszerű értékek a II. Táblázatban találhatók. Látható, hogy a legszűkebb csőbe jutott be aránylag a legkevesebb talajszemcse, tehát itt szorította ki a

viszonylag legtömörebb talajdugó a legnagyobb mennyiségű talajt a bevert cső külső környezetében, vagyis itt kell majd viszonylag a legnagyobb fajlagos teherbírásnak is mutatkoznia. Ezt a 13. ábra — ahol a felületegy-



12. ábra. Összefüggés a talajdugó magassága és a csőből kiszorított talajtérfogat mennyisége között



13. ábra. A fajlagos teherbírás és ütőmunka összehasonlítása a kiszorított fajlagos térfogattal

ségre és a kiszorított térfogategységre eső fajlagos teherbírást is feltüntettük — teljes mértékben igazolta. Az (1) jelű görbe a cső elméleti belső térfogatának a viszonyát tünteti fel a behatolt tömör talajtérfogathoz, míg a

(2) jelű görbe az elméleti külső térfogat viszonyát fejezi ki a behatolás után ténylegesen kitöltött külső térfogathoz (beleértve a csőköpennyel kiszorított térfogatot is) a csőátmérő függvényében. Ugyanakkor a (3) jelű görbe a csúcsfelület egységére eső törőterhelést, a (4) jelű görbe pedig a kiszorított elméleti teljes külső térfogatra számított fajlagos teherbírást ábrázolja ugyancsak a csőátmérő függvényében. Jól látható, hogy a fajlagos teherbírások vonalai *(3* és *4)* egészen hasonló alakúak, mint a viszonylagosan kiszorított hézagtérfogatok vonalai (*1* és *2*). Különösen a csőköpeny okozta térfogat kiszorítást is figyelembevevő (2) görbe mutat feltűnő hasonlóságot a fajlagos teherbírások görbéihez. A talaj kiszorításához szükséges fajlagos verési munkát ábrázolva *(5* vonal) viszont azt látjuk, hogy az nagyjából állandó marad, vagyis nincs közvetlen kapcsolatban a teherbírás növekedésével.

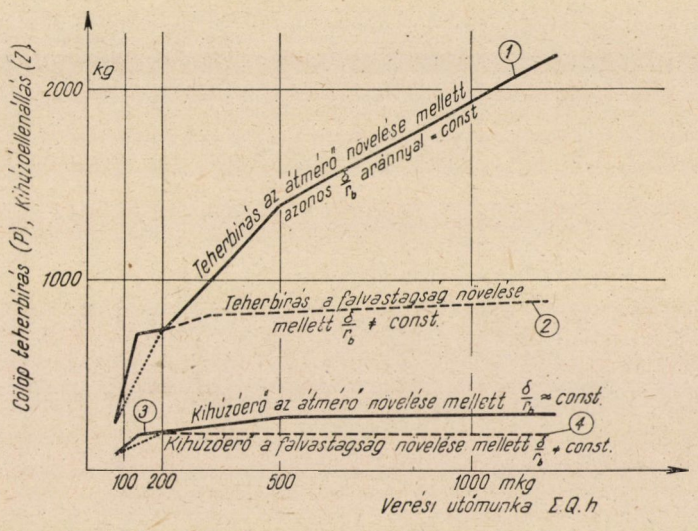
A kísérletek tehát módot adtak arra, hogy egyrészt (l. II. Táblázat) a cölöpök fajlagos teherbírása és a verés közben kiszorított hézagtérfogatuk közötti egyértelmű összefüggést megállapíthattuk, másrészt pedig arra is, hogy az ennek kimutatásához szükséges hézagtérfogat változásának mértékét is meghatározhassuk.

2. A verési munka és cölöpverési képletek megbízhatósága

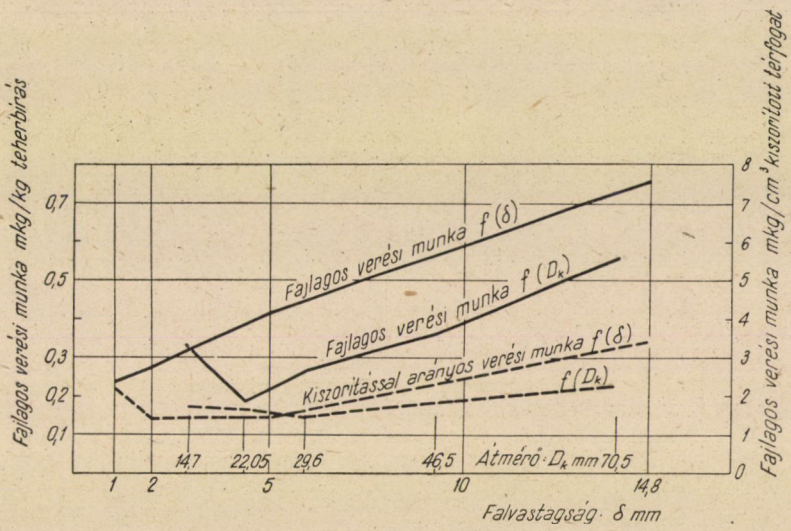
Ismeretes, hogy a *cölöpverési képletek* a verési munka alapján állítanak fel a cölöp várható teherbírására összefüggéseket. A kísérletek további bizonyságot szolgáltattak arra, hogy *a verési ütőmunka még szemcsés homoktalajban sem alkalmas a várható cölöpteherbírás megállapítására.* A változó külső átmérőjű csövekkel végzett kísérletsorozat alapján ugyan még a verési ütőmunka növekedésével a cölöpök határteherbírásának növekedése is megállapítható volt (l. 14. ábra (1)), a III. sorozatban azonban változó falvastagságú és gyakorlatilag egyenlő külső átmérőjű csöveket vertünk és terheltünk és azt az eredményt állapítottuk meg, hogy a csövek teherbírása alig változott, s ugyanakkor a behatoláshoz szükséges ütőmunka a falvastagság növekedésével igen erősen nőtt (l. 14. ábra (2)). A teljesen tömör cölöpnél a nyolcszorosa volt az 1 mm falvastagságú cölöpének (ugyanakkor a teherbírás arány csak 1,2-szeres volt). Ugyanez állapítható meg a kihúzóerő és a verési ütőmunka között felállított összefüggésekre is (l. 14. ábra *3.* és *4.* vonal).

A továbbiakban az 1 kg teherbíráshoz szükséges fajlagos ütőmunka alakulását vizsgáltuk, azonban az egyik sorozatban sem bizonyult állandónak, mert mind a falvastagsággal, mind pedig az átmérővel való növekedése volt megállapítható (l. 15. ábra). A növekedés mindkét esetben közel lineáris kapcsolatot mutat.

Érdekes, hogy az egységnyi térfogat kiszorításhoz szükséges fajlagos ütőmunka is a falvastagsággal és az átmérővel is növekedett (l. 15. ábra).

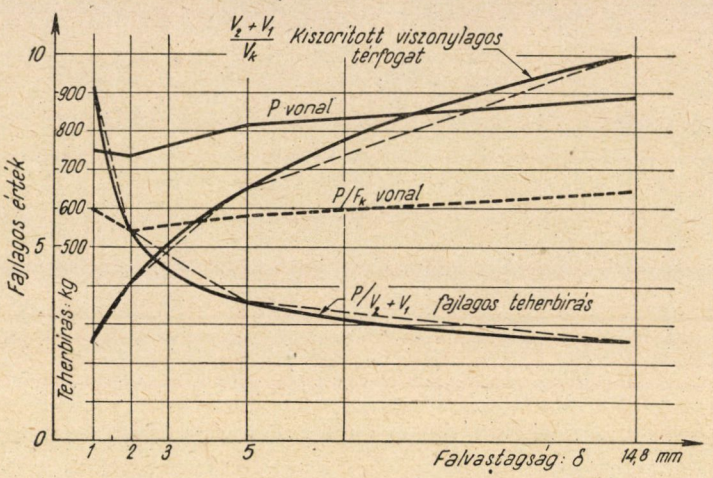


14. ábra. A csőcölöp teherbírás és verési ütőmunkája közötti összefüggés



15. ábra. Fajlagos verési munka és fajlagos térfogat kiszorítás az átmérőre és a falvastagságra vonatkozóan

Ugyanakkor a kiszorított térfogatra vonatkoztatott fajlagos teherbírás mind az átmérő növekedésével, mind a falvastagság növekedésével csökkent (vö. 13. ábra 4. vonal és 16. ábra). A falvastagság növekedésével viszonylagosan megnövekedett kiszorított térfogat (vö. 16. ábra) tehát ebben az esetben nem



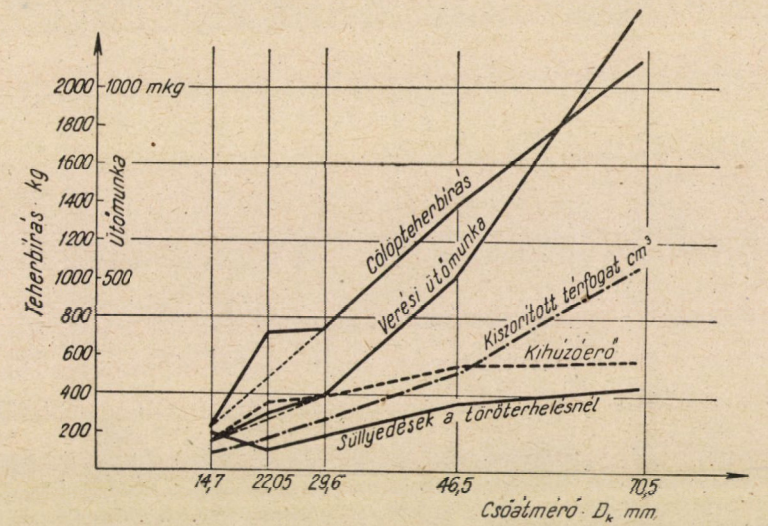
16. ábra. A falvastagság és a fajlagos teherbírás és kiszorított térfogat összefüggése

járt együtt a fajlagos teherbírás növekedésével. A tömörödési mértéknek a hatása tehát függ az $\frac{m}{r_b} = \frac{\text{hengermagasság}}{\text{belső csősugár}}$ viszonyszámától is; továbbá ***a verési ütőmunka fajlagos növekedése korántsem jár együtt a fajlagos teherbírás növekedésével és így nem lehet jellemző a cölöp teherbírására.***

3. A csőcölöpök átmérőjének hatása a teherbírásra

Már az előzőkben megmutatkozott, hogy a cölöp teherbírásának az átmérővel való természetes kapcsolata nem az eddigi ismereteinknek megfelelően alakul. Ha abból indulnánk ugyanis ki, hogy a teherbírás a csúcsellenállásból és a köpenysúrlódásból tevődik össze, akkor az előbbinek az átmérő négyzetével, az utóbbinak pedig az átmérővel kellene lineárisan emelkednie. Az előzőkből láttuk azonban, hogy a cölöp fajlagos teherbírása az átmérővel jelentékenyen csökkent, ami annak a természetes következménye, hogy a talajnak a cölöp behatolásával elért tömörödési foka (fajlagos térfogat kiszorítás) az átmérővel szintén csökkent. Így azután a csúcsfelület hiába növekedik az átmérővel négyzetesen, a két ellentétes hatás eredőjeként természetesnek

látszik a 17. ábrán feltüntetett eredmény, amely szerint a kísérleteknél a teherbírás az átmérővel gyakorlatilag lineárisan növekedett. A húzóerőnél már a linearitás sem volt megállapítható. Fentiek szerint esetleg tömör cölöpnél az átmérő növelésével nagyobb mértékű emelkedés lenne várható. A kísérletek szerint ez azonban csak bizonyos $\frac{m}{r}$ határon alul következhetik be, mivel



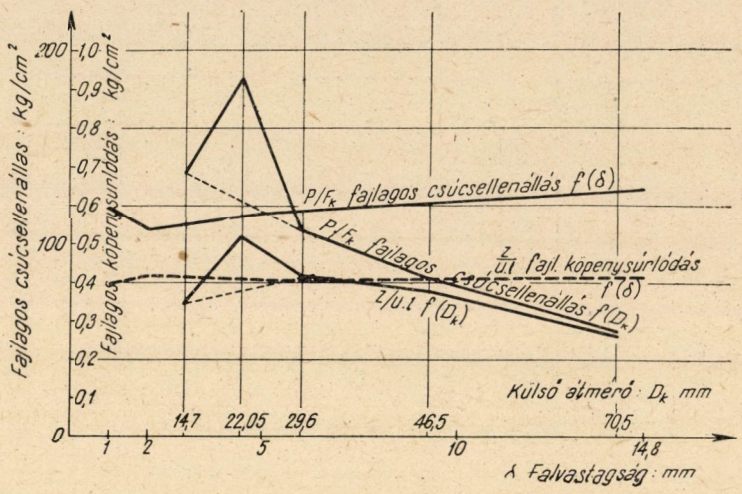
17. ábra. A csőátmérő és a teherbírás, valamint az ütőmunka és kiszorított térfogat közötti összefüggés

pl. a 29,6 *mm* külső átmérőjű változó falvastagaságú csövekkel végzett kísérletsorozat szerint az ezeket jellemző $\frac{m}{r_b} \cong 40$ és $\frac{m}{r_k} \cong 33$ arányszám mellett a teherbírás emelkedése a teljesen vékonyfalú ($\delta = 1$ mm) és a tömör cölöp között csak 18% (vö. 16. ábra *P* vonal). De hatással van az átmérő befolyására a cölöp viszonylagos hossza is, vagyis az $\frac{l}{D}$ arány. Már előző kísérletekből is ismeretes és elméletileg is indokolható, hogy lebegő cölöpöknél az ún. köpenysúrlódási részesedés a cölöp teherbírásából annál nagyobb lesz, minél hosszabb a cölöp, vagyis minél *nagyobb* a köpenyfelület. A köpenyfelület pedig lineárisan növekszik az átmérővel, tehát minél nagyobb részt visz a teherbírásból, annál indokoltabbá válik a lineáris kapcsolat ebből a szempontból is (vö. a 331. oldalon levezetett képlettel).

Összegezve tehát, a kísérletekből az következik, hogy az *átmérő növekedése csőcölöpnél nem gazdaságos*, mert jobban növeli a verési munkát, mint amennyire emeli a teherbírást és — a belső talajmag kisebb mértékű tömörítése következtében — a várható süllyedések is emelkednek (17. ábra). Ez annak

következménye, hogy a verési munka jórésze a talajdugó további tömörítésére fordítódik, holott ennek — a teherbírás szempontjából — bizonyos értéken felül már nincs jelentősége.

A kisebb mértékű tömörítés hatása abban is mutatkozik, hogy a köpenyfelület egységére jutó kihúzóerő, továbbá a csúcsfelület egységére eső törőerő fajlagos értékei az átmérő növekedésével lényegesen csökkennek, s ugyanakkor a falvastagság növelésével állandók maradnak (l. 18. ábra). Ezen utóbbi



18. ábra. Fajlagos teherbírási értékek az átmérő és falvastagság függvényében

tényből, valamint a talajdugók magasságából arra kell következtetnünk, hogy a csőfal térfogata okozta térfogatkiszorítás elsősorban a belső talajmag tömörségének emelésére és nem a környezet tömörségének emelésére szolgált. Ez csak bizonyos $\frac{m}{r_b}$ viszonyszám fölött várható. Mivel pedig a csövek hossza m az egész kísérletsorozatnál állandó volt, az átmérő növekedése egyúttal a cső belsejében kialakuló átboltozódás, a silóhatás mértékét is csökkentette, mert ez is az $\frac{m}{r_b}$ viszonyszám függvénye. Teherbírás szempontjából pedig a belső talajmag teljesen pótolja a tömör cölöpöt.

4. A csőfelület érdességének hatása

A kísérletek *harmadik sorozatában* megvizsgáltuk, hogy a csőfal és a talaj közötti *súrlódás* milyen befolyással van a teherbírásra és a talajmag kialakulására, valamint a verési ütőmunkára. Ebből a célból közel azonos átmérőjű, a külső és belső felületén változó érdességű és változó anyagú csöveket vizsgál-

tunk meg. A 19. ábrán láthatók a megvizsgált különböző felületű acélcsövek, valamint egy nagyobb falvastagságú facső és egy üvegcső. Ezt a legutóbbit azonban a legnagyobb óvatossággal sem sikerült a talajba leverni és így a kísérletekből kiesett. Az eredmények azt mutatták, hogy a sima külső és belső felületű 28 mm ∅ acélcső teherbírása azonos a sima külső és durva belső felületű 28 mm ∅ csőével, sőt a kihúzóerőben sem mutatkozik különbség. A verési ütőmunka ellenben a durva belső felületű csőnél 33%-kal nagyobb volt. A durva belső és durva külső felületű csőnek viszont a teherbírása és kihúzó-

19. ábra. Különböző anyagú és érdességű csövek képe

ereje egyaránt 25%-kal emelkedett, a verési ütőmunkája pedig 50%-kal volt több (vö. III. táblázat). Végül a facsőcölöp ugyancsak 25% teherbírás emelkedést mutatott, azonban a verési ütőmunka 200%-kal nőtt meg. Ez kétségtelenül nemcsak a fa- és a talaj közötti nagyobb fajlagos súrlódásnak, hanem a nagyobb falvastagságnak ($\delta = 4$ mm) is következménye. A kísérleti eredményekből látható, hogy a belső felület érdességének sem a teherbírásra, sem a verési ütőmunkára nincsen gyakorlati befolyása, csupán a földmag kialakulására, vagyis a belső átboltozódás, a silóhatás kifejlődésére. A cső *külső felületének* érdessége viszont mind a teherbírást, mind a kihúzóerőt, mind a verési ütőmunkát és a velük összefüggő fajlagos értékeket *is érzékenyen befolyásolja.* A facsőnél ezen felül még a falvastagságnak a verési ütőmunka növelésére gyakorolt befolyása is jelentkezett. (Érdekes, hogy a 4,5 mm falvastagságú és 70,5 mm külső átm. acélcső fajlagos ütőmunkája $\left(\frac{M}{P}\right)$ 0,565 mkg/kg, az 5 mm falvastagságú és 29,8 mm külső átmérőjű acélcsőé 0,412 mkg/kg és végül a 30 mm külső átm. és 4 mm falvastagságú facsőé 0,511 mkg/kg. közel azonosak.)

III. tá b -

Felület érdessége	Külső átmérő D_k m/m	Falvastagság δ mm	Teherbírás P kg	Kihúzó erő Z kg	Verési ütőmunka M mkg	Súrlódási szög Φ	$f=\operatorname{tg}\Phi$
Kívül-belül sima felület	28	1	750	175	179	18° 30′	0,334
Kívül sima, belül durva felület	28	1	737,5	155	183	18° 30′	0,334
Kívül-belül durva felület	28	1	955	227,5	291	31° 30′	0,614
Lesimított bükkfa	30	4	900	290	460	22° 40′	0,416

Végeredményben tehát a *cső belső érdessége* csak a talajmag kialakulására gyakorolt befolyást és igazolta, hogy az adott $\frac{m}{r_k}$ viszonyszámok mellett már a simafalú acélcsőben mutatkozó $\Delta n = 17\%$-os tömörödés is elegendő a teljes cölöpterhelés átadásához. A cső *külső érdessége* viszont komoly befolyást gyakorol a teherbírásra és a verési ütőmunkára is, ez azonban nem fejezhető ki kizárólag a súrlódási tényező függvényében. A III. táblázatból ugyanis látható, hogy a P értékek aránya nem azonos az elcsúszási kísérletekkel meghatározott $\operatorname{tg}\Phi$ értékek arányával. (Érdekes megemlíteni, hogy a kísérletek során állandóan kiugrott a 22,05 mm külső átmérőjű csövek nagyobb teherbírása a sorozatból (vö. 12., 13., 14., 17., 18. ábrák), míg végül megállapítottuk, hogy ennek a csőnek a külső felülete durvább és súrlódási szöge közel kétszerese a többi csőének: $\Phi = 15°10'$. tehát, nagyrészt ez a különbség magyarázza az eltéréseket).

5. A csőcölöpök teherbírásának elméleti meghatározására levonható következtetések

Mindenekelőtt leszögezem, hogy az eddigi kísérletek még nem nyújtanak elegendő támpontot arra, hogy elméleteket vezethessünk le belőlük. Még a már elkészült nagyobb 1,3×2,0 m méretű, 1,2 m mély kádban szándékozunk nagyobb átmérőjű és más falvastagság és átmérő $\left(\frac{\delta}{r_b}\right)$ arányú vascölöpökkel kísérleteket végezni, majd terepen kell még a javasolandó üreges vasbeton cölöppel félüzemi kísérleteket folytatni. Mindamellett már az eddigi kísérleti eredmények is szolgáltatnak olyan elvi megállapításokat, amelyeket új cölöp teherbírási elméletek kidolgozásánál hasznosítani lehet.

l á z a t

Fajlagos térfogat kiszorítás %	$\frac{P}{V_k}$	$\frac{P}{V_e}$	$\frac{Z}{U \cdot l}$	$\frac{M}{V_k}$	$\frac{M}{V_e}$	Belső földmagasság %	M/P
25,5	2,39	9,25	0,397	0,571	2,22	77,7	0,239
(33,4)	2,35	9,10	0,352	0,585	2,26	59,0	0,249
34,8	3,05	11,8	0,517	0,93	3,60	62,0	0,305
54,4	2,55	4,69	0,614	1,30	2,40	74	0,511

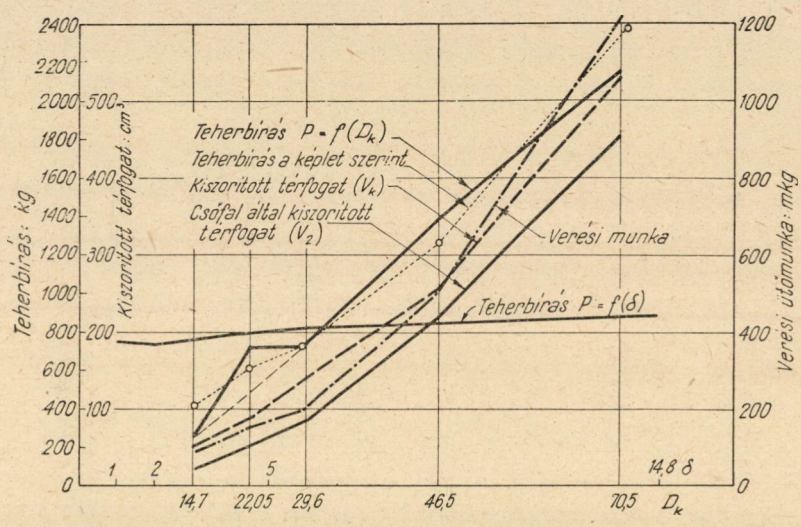
1. Mindenekelőtt megállapítható, hogy *a verési ütőmunka* nem jellemző a cölöpök várható teherbírására, sem pedig a kihúzóerő várható nagyságára. Láthatjuk, hogy mind az átmérő, mind a falvastagság növelésével aránytalanul emelkedett és kisebb mértékben ez volt a helyzet a köpenyfelület érdességének növelése esetén is.

2. A *kihúzóerő* a kísérletek szerint nem jellemzője a cölöp köpenysúrlódásból származó teherviselésének. Ezt legjobban bizonyítja, hogy a falvastagság növelése semmi hatást nem gyakorolt, az átmérő növelése pedig alig valami hatást gyakorolt a kihúzási ellenállásra (vö. 14. ábra). Pedig ugyanakkor az átmérő növekedésével a teljes teherbírás emelkedett, s ebben nyilvánvalóan a köpenysúrlódás is részesül. Mutatja ezt az is, hogy a külső felület érdessége a teherbírásra figyelemre méltó befolyást gyakorol, míg a kihúzási ellenállásra ez a hatás kisebb (vö. 22,05 mm átm. cső és I. táblázat). Jellemző végül az is, hogy míg a hézagtérfogat csökkenése a legkisebb csőátmérőnél 19,7 % és a legnagyobbnál 6,6%, addig a külső köpenyfelületre számított fajlagos kihúzó erő : 0,344, illetve, 0,265 kg/cm² (l. I. sz. táblázat). Elméletileg is helyes eredmény ellenben az, hogy minél kisebb átmérőjű a cső, annál nagyobb %-a a Z kihúzóerő a P teherbírásnak. Ez a megállapítás egyezik azzal, hogy minél hosszabb valamely cölöp, annál nagyobb részt fog a teherbírásból a köpenysúrlódás viselni.

3. A csőfelület érdessége befolyásolja a teherbírást, de csupán a *külső felület érdességének* van ebben jelentősége. A teherbírás növekedése mindamellett kisebb mértékű, mint azt a laboratóriumi vizsgálattal meghatározott súrlódási szögek tangenseinek aránya megkövetelné. Ebben mindenesetre befolyása van a kiszorított talajtérfogattal megnövelt normál erőnek is (vö. III. táblázat).

4. *A teherbírással legközvetlenebb kapcsolatot a levert cölöppel kiszorított talajtérfogat adta meg.* A 20. ábrán külön feltüntettük mind a csőátmérő, mind a

falvastagság függvényében a kísérletileg meghatározott teherbírásokat és ugyancsak felraktuk a kiszorított talajtérfogatot, és ismét a verési ütőmunkát is. A 22,05 mm ∅ cső már említett és a nagyobb érdességből származó kiugrását nem tekintve látható, hogy a teherbírás vonala — különösen az átmérő függvényében — arányos alakú a kiszorított térfogat vonalával. Főként a talajdugó okozta kiszorítás levonása után megmaradó csőfal okozta kiszorítás vonalával mutat nagyfokú arányosságot.



20. ábra. A kiszorított talajtérfogat és a teherbírás közötti összefüggés

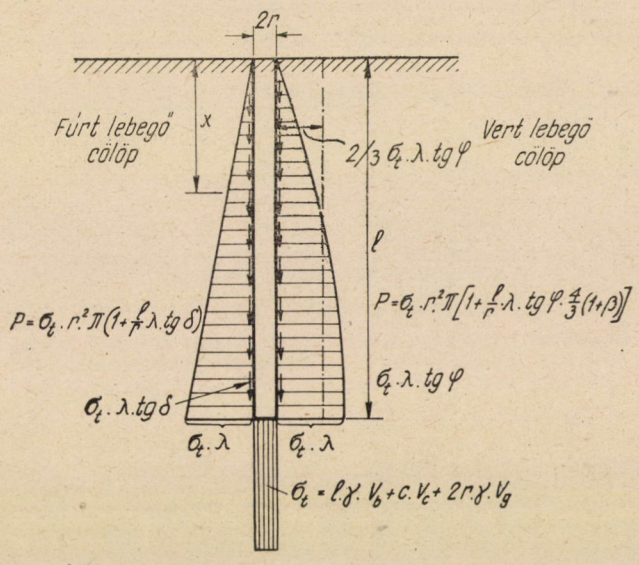
A falvastagság változtatása esetén $f(\delta)$ már nem ilyen nagymértékű az arányosság, mert a kiszorított térfogat vonala kissé jobban emelkedik. Ugyanez mutatkozik egyébként a nagyobb átmérőknél is. Azonkívül a kezdeti szakaszon, ismét az $\frac{m}{r} > 20$ értékeknél mutatkozik az arányosságban némi eltérés. Ez azonban a kiszorítás nélküli kezdeti induló teherbírás következménye lehet. Nem kétséges ugyanis, hogy pl. a fúrt cölöpöknek is van teherbírása, noha itt kiszorított térfogatról nem beszélhetünk. Ennek befolyása azonban a kiszorított térfogat növekedésével egyre kisebb jelentőségűvé válik.

A vert lebegő cölöpök teherbírását tehát valamely ilyesféle alakban lehetne felírnunk

$$P = P_c + P_k \cdot f(V_k).$$

Itt a P_c a csúcsellenállás, P_k a köpenysúrlódás teherviselését jelenti. A második tag a köpenysúrlódásnak a kiszorított hézagtérfogattól való függését fejezi ki. Ugyanez nem érvényes a fúrt lebegő cölöpökre, ahol talajkiszorítás nincs. Itt továbbra is a $P = P_c + P_k$ összefüggést kell érvényben levőnek tartanunk.

Az elméletek a cölöp teherbírását általában ebből a két tényezőből összetettnek tételezik fel és noha már régóta tudjuk, hogy nem függetlenek egymástól, legnagyobbrészt ma is egyszerűen összegezik őket. A kísérletek alapján a két összetevő kapcsolatát is figyelembevevő alábbi számítási eljárás bevezetése javasolható: (l. 21. ábra).



21. ábra. A cölöpteherbírás számítása (balról fúrt, jobbról vert cölöp)

A törési határállapotban a csúcsellenállás: $P_c = \sigma_t \cdot r^2 \cdot \pi$, ahol σ_t a talaj törőigénybevétele a csúcsfelület alatt. A törési határállapotban azonban a függőleges és vízszintes feszültségek között érvényes a Rankine-féle arány, vagyis a vízszintes feszültség a $\sigma_x = \sigma_t \cdot \lambda$ értékkel vehető egyezőnek. Az ebből származó elemi súrlódó erő: $\lambda \cdot \sigma_t \cdot \operatorname{tg} \delta$ és az egész köpenyfelületen: $2r \cdot \pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \sigma_t \cdot \operatorname{tg} \delta$. A σ_x feszültség azonban a felszínen $= 0$. A közbenső megoszlást pedig a kísérleteink alapján a $\sigma_t \sqrt{\frac{x}{l}}$ összefüggés szerint vehetjük fel változónak. Vagyis átlagértékben 2/3 σ_t-vel számolhatunk, tehát vert cölöpnél:

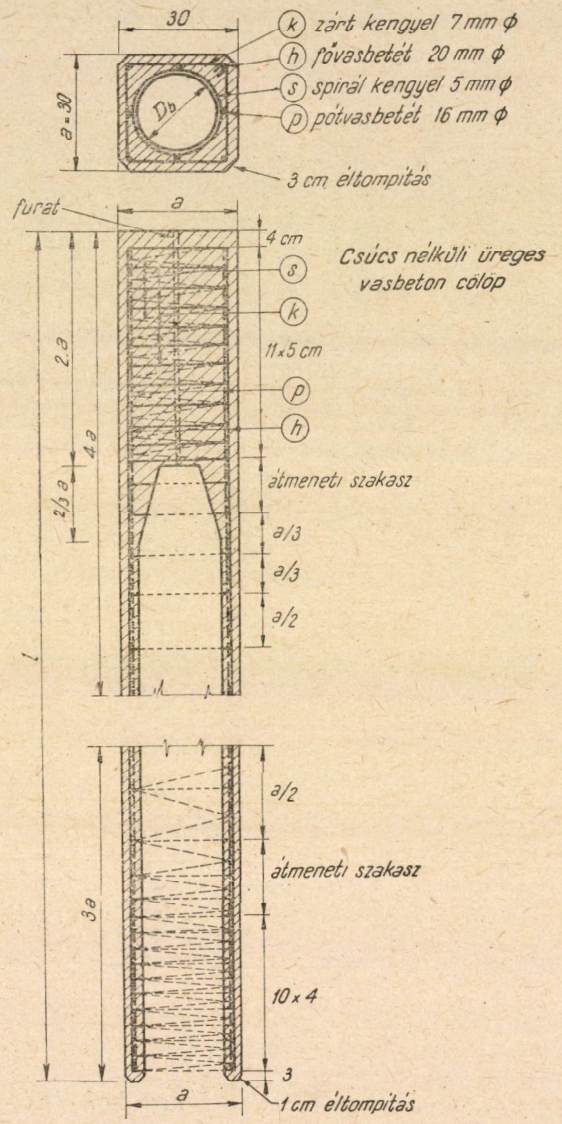
$$P_k^v = 2r\pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot 2/3\, \sigma_t = \frac{4}{3} r\pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sigma_t,$$

fúrt cölöpnél viszont a geosztatikai nyomás változásának megfelelő háromszög alakú oldalnyomás-megoszlást véve fel, átlagban $\frac{\sigma_t}{2}$-vel kell számolnunk

$$P_k^f = r \cdot \pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sigma_t \text{ lesz.}$$

A két értéket összegezve :

$$P_{\text{vert}} = P_c + P_k^v = \sigma_t \cdot r^2 \pi + \sigma_t r \pi l \, \lambda \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{4}{3} = \sigma_t r^2 \pi \left(1 + \frac{l}{r} \lambda \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{4}{3}\right),$$



22. ábra. Üreges vasbetoncölöp terve

illetőleg fúrt cölöpnél

$$P_{\text{furt}} = \sigma_t r^2 \pi \left(1 + \frac{l}{r} \lambda \operatorname{tg} \delta\right).$$

Ebben a képletben λ és tg δ értéke *fúrt* cölöpnél a természetes földnyomás, illetőleg a talaj és a cölöp közötti súrlódási tényezőnek ($\delta = 2/3\,\varphi$) megfelelő értékkel veendő figyelembe. Vert cölöpnél ellenben a $\lambda = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$ Rankine-féle arány tulajdonképpen változó és ebben a változásban nagy befolyása van a kiszorított talajtérfogatnak. A kísérletek alapján elfogadhatjuk, hogy λ-t $(1+\beta)$ értékkel kell szorozni, ahol $\beta = \frac{V_o}{V_k}$ és itt V_o a cölöppel verés közben kiszorított térfogatot, V_k pedig a kiszorítással befolyásolt tartomány térfogatát jelenti. Ugyancsak nagyobb lesz a tömörödés miatt a súrlódás is és a képletbe ezért $\delta = \varphi$ értéket írhatjuk. Végeredményben tehát a javasolt képlet vert lebegő cölöpökre :

$$P_{\text{vert}} = \sigma_t \cdot r^2 \cdot \pi \left[1 + \frac{l}{r}\,\text{tg}\,\varphi \cdot \lambda \frac{4}{3}(1+\beta)\right] \text{ alakú lesz.}$$

Amint látjuk, a képletben előfordul az $\frac{l}{r}$ arány is, amelynek a kísérletek szerint a talajmag és így a tömörödés kialakulására is igen fontos befolyása volt. β értékének számításánál az alaptérfogatnak, amely a tömörödésben részt vesz, a kétszeres cölöpátmérőnek megfelelő hengert vehetjük és akkor tömör cölöpnél :

$$\beta = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot l}{4r^2\pi \cdot l\,(1-n)} = \frac{1}{4\,(1-n)} \text{ lesz az együttható, míg a csőcölöpöknél :}$$

$$\beta = \frac{r^2\pi \cdot l - r_b^2\pi\,(l-s)\,(1+n-n_1)}{4r^2\pi \cdot l\,(1-n)},$$

ahol r_b a cső belső sugara, s a térszín és a talajmag belső szintje közötti távolság, n az eredeti, n_l pedig a leverés után a tömörödött talajmag csökkent hézagtérfogata $\left(n_1 = \frac{n_o + n_u}{2}\right)$. A fenti képletek és a kísérleti talajt jellemző $\varphi = 30°$, $\lambda = 0{,}2$ értékek alapján kiszámítottuk a kísérleti csőcölöpök teherbírásának σ_t-ed részeit és felraktuk a 20. ábrában. A pontokat kiegyenlítő vonal teljesen arányos a kísérleti törőterhelésekkel. Természetesen ez még nem elegendő bizonyíték, mert a talajfizikai jellemzőkben is lehet tévedés.

Ha σ_t-t valamely talajtörési elméletből (MEYERHOF, MIZUNO, TERZAGHI stb.) meghatároztuk és behelyettesítjük, akkor azt mint határértéket megfelelő biztonsági tényezővel ($\nu = 3-4$) kell osztanunk.*

Amint látható, a vert cölöpök a feszültségeloszlás, a nagyobb súrlódás és a talajkiszorítás okozta tömörödés folytán 50—100%-kal nagyobb teherbírásúak

* A talajtörés ebben az esetben nem a térszínre kifutó, hanem a cölöpköpenyhez visszahajló, rövidebb csúszófelület mentén fog valószínűleg bekövetkezni, s ezért a talajtörési értékek ennek megfelelően redukálandók (v. ö. MEYERHOF, Paris 1953.).

lennének, mint a fúrt cölöpök. Ezt a nagy különbséget azonban némileg ellensúlyozhatja, ha a fúrt cölöp erősen rücskös köpenyfelületű (nagyobb δ érték) és a névlegesnél nagyobb átmérőjű (nagyobb r érték!).

A kísérleti eredmények részletes számadatait az I., II. és III. táblázatok tartalmazzák.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérletek már eddig is megmutatták, hogy az üreges cölöpök használata teherbírás szempontjából nem jelent hátrányt a tömör cölöpökkel szemben és kevesebb verési munkát, kevesebb anyagot kíván. A 22. ábrán bemutatom egy üreges vasbeton cölöp tervét, amely nagyüzemi kísérletre is javasolható.

30 cm oldalhosz esetén mintegy 30—35%-os, 35 cm oldalhossz esetén pedig mintegy 35—40%-os betonanyag megtakarítás várható. Végül megjegyzem, hogy a tompa csúcs teherbírás szempontjából szintén előnyt jelent.

Ismétlem, hogy a közölt eredmények nem véglegesek és még további kísérleti és félüzemi megerősítésre szorulnak, amelyeket a Magyar Tudományos Akadémia és a Műszaki Egyetem segítségével folyamatosan végre is kívánunk hajtani.

A kísérletek lebonyolításában való aktív közreműködésért hálás köszönetemet kell kifejeznem PETRASOVICH GÉZA tudományos kutatónak és az ÉKME Alagútépítés—Földművek Tanszéknek, továbbá azok lehetővé tételéért a Magyar Tudományos Akadémiának.

HOZZÁSZÓLÁSOK

KÉZDI ÁRPÁD

Az előadó úttörő jellegű és a gazdaságosság egyre jobban előtérbe nyomuló követelményét nagymértékben szem előtt tartó kutatásokat ismertetett előadásában ; a végrehajtott kisminta kísérletek, s az azokból levonható, egyelőre elsősorban qualitatív megállapítások teljesen igazolták a csőcölöpök eredeti gondolatának helyességét. Sajnos, nem volt még módom arra, hogy a tapasztalt összefüggéseket közelebbről tanulmányozzam, ezért a következőkben elsősorban az előadásnak azon részeihez óhajtok hozzászólni, melyek a cölöpök teherbírásának általános kérdéseivel foglalkoznak. A csőcölöpök különleges problémáit, a kísérletekből levonható tanulságokat az előadás minden oldalról rendkívül alaposan bemutatta, ezért itt csupán néhány megjegyzést óhajtok tenni.

Először a törőterhelés általános kérdéséhez kívánok hozzászólni. Az előadó azt a terhelést tekinti törőterhelésnek, melynél a tehermentesítés során a cölöp besüllyedése megszűnik. Egyik korábbi tanulmányomban magam is ezt a kritikus terhelést tekintettem törőterhelésnek, s ennek változását vizsgáltam a cölöphossz és egyéb tényezők függvényében. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy teljes talajtörést az átlagos cölöpméretek és cölöphossz-cölöpátmérő arányok mellett a legritkább esetben lehet cölöp-próbaterhelésnél megfigyelni. Ez a tény teljesen érthetővé válik akkor, ha meggondoljuk, hogy a törés bekövetkeztéhez egy a cölöpfelülethez visszakanyarodó csúszólapnak kellene kialakulnia, ehhez pedig olyan nagy elmozdulásra lenne a képzelt csúszólap mentén szükség, amit a cölöp felülete feltétlenül megakadályoz. A csúcs benyomása tehát nem annak következtében jön létre, hogy a talajszemcsék oldalt és felfelé kitérnek, s a cölöp köpenye mentén a hagymaalakú, csúszólapokkal határolt test felfelé mozog, hanem azért, mert a csúcs alatti talaj tömörödik, s a szemcsék oldalirányban, közel vízszintesen kitérnek, s így a cölöphegy melletti talaj tömörödik. Ezt az állítást igazolják S. STUART és FLEMING kísérletei is, akik homokban végeztek cölöp-modellkísérleteket, majd a színes homokcsíkokkal átszőtt homoktömeget megkövesítve és feltárva vizsgálták az alakváltozásokat. A behatolás nagy értékei ellenére is csupán benyomódást tapasztaltak, oldalkitérést nem.

Talajtörés tehát nem keletkezik ; így viszont a cölöp terhelési diagramja sem tart függőleges érintőhöz, hanem attól kezdve, hogy egy határelmozdulás túllépése után a köpenysúrolódás elérte a maximális értékét, a csúcs benyomódása és a terhelés között *lineáris* lesz az összefüggés. Ha pedig ez a helyzet — mint ahogy azt minden próbaterhelésnél megfigyelhetjük — az említett kritikus terhelés nagysága a tehermentesítés kiindulási pontjától is függ, nem valószínű, hogy e pont bárhol a ferde egyenes mentén megszakított terhelés esetén mindig ugyanott jelentkezik. E terhelésnek tehát nem tulajdoníthatunk különleges jelentőséget, a terhelési diagramon nincsen különleges tulajdonságokkal felruházható pont. Ezért véleményem szerint át kell térni az egész diagram, a terhelés-benyomódás teljes összefüggésének vizsgálatára.

A második megjegyzésem a köpenysúrlódás és csúcsellenállás kérdésére vonatkozik. Mint azt az előadó is hangsúlyozottan kiemelte, a teherbírás két összetevője nem lehet független egymástól ; a kettő között a kapcsolatot

véleményem szerint az alakváltozások adják meg. Köpenysúrlódás csak akkor mutatkozik, ha a cölöp köpenyfelülete és a talaj között elmozdulás jön létre, ez elmozdulás egyrészt a cölöp összenyomódásából, másrészt a cölöpcsúcs benyomódásából tevődik össze. Az utóbbi érték viszont a csúcsellenállás meghatározója ; köpenysúrlódás tehát csak ennek megfelelő mértékben jöhet létre. Viszont a köpenysúrlódás is visszahat a csúcsellenállásra, a köpenyfelületen a környező talajnak átadódó erő a mélységben eloszlik, a cölöpcsúcsok síkjában működő függőleges feszültséget megnöveli (nagyobb lesz, mint a geosztatikai nyomás), s így a csúcs behatolását nehezíti. Az elmozdulások figyelembevételével felírható és megoldható a folyamat differenciálegyenlete, s megkapható az elmozdulás és erő közötti összefüggés.

A fenti meggondolás alátámasztja az előadónak azt az érdekes eredményét, hogy a teherbírás a köpeny és talaj közti súrlódás tényezőjével nem arányosan változik. A bemutatott teherbírási elmélettel kapcsolatban pedig fentiekből az következik, hogy az ott előforduló σ_t törőfeszültség, s az abból számított többi mennyiség nem lehet a felvett köpenysúrlódási értéktől független mennyiség : értékének megállapításakor a kölcsönhatást figyelembe kell venni. Ennek elhanyagolása okozhatta azt, hogy $\lambda = 0{,}2$ értéknél adódott ki a kísérlet és elmélet egyezése.

Az elmondottakhoz kapcsolódik az az érdekes megállapítás is, hogy a köpenysúrlódás nem lehet egyenlő a kihúzáshoz szükséges erővel. Az aktív és passzív földnyomás esetében némileg hasonló a helyzet : terheléskor a köpenyen a talajnak átadott terhelés tömörödést okoz, a geosztatikai nyomást növeli, kihúzásnál tehermentesülés és fellazulás jön létre. Ha pedig a függőleges feszültségek ilyen döntően különböznek ($z\gamma + \Delta p$ helyett $z\gamma - \Delta p$), a vízszintes feszültségek, s ezzel együtt a súrlódás is megérzi azt.

Az aktív és passzív állapot közötti különbséget kellene véleményem szerint annak a fejtegetésnek során is figyelembe venni, mely igazolja azt, hogy a falvastagság növekedése azonos teherbírás mellett csökkenti a süllyedést. Az S súrlódási erő ugyanis passzív állapotban — melyről itt szó van — jóval nagyobb lehet, mint a csőben levő talaj önsúlya, különösen jól betömörödött mag esetén ; ennek figyelembevételével a kiadódó összefüggés nem szolgáltat negatív eredményeket. Ebből a szempontból kívánatos lenne passzív silónyomási kísérletek — talaj kinyomása csőből — elvégzése.

Végül a cölöpverési képletekre térek ki néhány szóval. Ma már nyilvánvaló, hogy a cölöpök teherbírását az utolsó ütéssorozat során mért egyetlen behatolási érték alapján, még oly bonyolult képletek segítségével sem lehet kiszámítani. Véleményem szerint helyesebben járunk el, ha a beverésre fordított teljes verési munkát használjuk fel ; ez az érték azonban a teljes teherbírásra még nem lehet jellemző, csupán a köpenysúrlódás, az oldalirányú feszültségek kialakulása szempontjából lesz mértékadó ; a csúcs végleges mélysége alatti talajrétegek állapota még csak kicsiny mértékben érezteti ezen értékben hatását. Ez utóbbi adat jellemzésére a cölöpcsúcs különválasztott megterhelése során felvett behatolási diagramok, illetve pl. 1 cm-es behatoláshoz tartozó munka használható fel. A két munka egymás függvényében ábrázolható ; az így kapott összefüggés a teljes teherbírásra jellemző. Sajnos azonban ez az út a gyakorlatban nem követhető ; saját kísérleteimnél viszont jól meghatározható törvényszerűség mutatkozott.

Befejezésül még egy javaslatot szeretnék tenni a kísérletek folytatása szempontjából. Minthogy csőcölöpök talajsűrítő cölöpözésként, vagyis laza

homokban nem kerülhetnek alkalmazásra, kicsi tömörítő hatásuk a tömör cölöpnél lényegesen kisebb, kívánatos lenne a kísérleteket rétegezett talajban, álló cölöpök szempontjából is elvégezni, továbbá a tartós terhelés hatását is megvizsgálni.

BICZÓK IMRE

A mélyalapozások leggyakrabban alkalmazott, korszerűen gépesíthető és anyagtakarékos módja a cölöpalapozás. Hazai viszonylatban jelenleg megfelelő berendezések, továbbá fa és vasanyag hiánya miatt zömben csak kétféle cölöpfajta készül, úgymint vert vasbeton cölöp és visszanyert béléscsővel készülő beton, vagy vasbeton cölöp.

A cölöpözési eljárások továbbfejlesztésére alakult számos bizottság általában megállapította, hogy hazánkban e téren alkalmazott módszerek nem elégítik ki az építőipar igényeit és a fejlődést tekintve e téren elmaradtunk az építőipar más ágazatai mögött. Az elmaradottság egyrészt abban jelentkezik, hogy az építőipar nem tudja mindig a talajviszonyokhoz és a terhelésekhez alkalmazkodva a mindenkor legmegfelelőbb cölöptípust előállítani, másrészt az alkalmazott cölöptípusok olyanok, amelyeket külföldön már kevésbé alkalmaznak.

Legnagyobb hátrány azonban az, hogy az építőiparnak rendelkezésre álló zömben 550 kg kossúlyú robbanófejes cölöpverői elégtelen súlyúak a leggyakrabban használt

6 m hosszú 1400 kg súlyú,
a 7 " " 1650 " "
a 8 " " 1900 " "

vasbeton cölöpök leveréséhez. E cölöpverők nem elégítik ki a szabályzatnak azt a kikötését, hogy a verőkos súlya a cölöp súlyának 0,8∼3 szorosa legyen.

A Sztálinvárosban végzett építkezéseknél azonos talajviszonyok között alkalmunk volt összehasonlítani kb. 650 kg súlyú vascsőcölöp leveréséhez szükséges munkát 550 kg kossúlyú robbanófejes és 2,6 t kossúlyú gőzcölöpverő alkalmazása esetén. Első esetben a kossúly és a cölöpsúly viszonya 0,85, második esetben 4,00 volt.

Az 1 m behatoláshoz szükséges ütőmunka a sztálinvárosi lösztalajban a következőképpen alakult.

Mélység m	Robbanófejes cölöpverő mkg	Gőzcölöpverő mkg
0—1	104,000	62,000
1—2	390,000	124,000
2—3	560,000	160,000
3—4	435,000	188,000

Ebből tehát következik, amit a Műegyetem modellkísérletei során is megállapítottak, hogy a verés annál gazdaságosabb és annál kevesebb energiát kíván, minél nagyobb a kos súlya. Ha a talajellenállás nagyobb, a különbség még nagyobb. Szélső esetben meg nem felelő kossúllyal a cölöpöt nem is lehet leverni, tehát az ütőmunka végtelen nagy. Gazdaságos verés tehát csak akkor érhető el robbanófejes cölöpverőkkel, ha a kiválasztott cölöptípus is megfelelően kis súlyú.

A vert vasbetoncölöpök használatának javítását célozták azok a vizsgálatok is, melyeknek néha a cölöp legelőnyösebb keresztmetszetének, valamint a cölöpcsúcs legelőnyösebb alakjának megállapítása volt. Ezeket a vizsgálatokat első ízben Salgótarjánban végeztük, ahol azonos talajviszonyok között háromszögletű és négyszögletű cölöpök is leverésre és próbaterhelésre kerültek. Mind a cölöpverési diagramok, mind a próbaterhelési eredmények azt az eredményt adták, hogy a háromszögletű cölöp teherbírása a négyszögletű cölöppel az adott esetben közel azonosra tehető, jóllehet a háromszögletű cölöp keresztmetszete 614 cm^2, a négyszögletű keresztmetszete 882 cm^2 volt. Eddig csak ebben az egy esetben végeztünk összehasonlítást. Az itt észlelt közel azonos teherbírás azzal magyarázható, hogy az alkalmazott robbanófejes cölöpverő nem volt képes a négyszögletes vasbeton cölöpöket olyan mélyen beverni a teherbíró talajba, mint a könnyebb háromszögletű cölöpöket.

A vert cölöpöknél vizsgálatokat végeztünk a cölöpcsúcs alakjának kiképzésére vonatkozóan is. Régebben szokásos volt igen hegyes cölöpcsúcs használata, amely aránylag könnyű leverést biztosított, természetesen teherbírás szempontjából ez nem volt a legkedvezőbb.

A műegyetemi építkezéseknél végzett cölöpözéseknél kétféle, 45° és 60° oldallap hajlással bíró cölöp verési diagramját és próbaterhelését figyeltük meg. A cölöpök teherbírás értékeire a verési diagramok alapján az alábbi táblázat nyújt tájékoztatást.

Azonos körülmények között levert, két különböző csúcsvégződésű cölöp próbaterhelése szintén azt mutatta, hogy a tompább végű cölöp teherbírása nagyobb.

Ezt a megállapításunkat külföldi modellkísérletek is alátámasztják, amelyek laposabb cölöpcsúcsok, mintegy 10—15%-al nagyobb teherbírását mutatják ki (P. Habib: Essais de charge portante de pieux en modéle réduit, Annales de l'Institut technique de Batiment et des Travaux Publics, Revue Mensuelle, 1953. III—IV).

Az említett néhány kísérleti adat világosan mutatja, hogy az eddigi vizsgálatok nem hoztak olyan döntő változást, mely a jelenlegi gépi felszerelésünket alapul véve a helyzetet javította volna.

Tompavégű 45°-os cölöpök behatolása

Cölöpszám	Ütésenkénti behatolás cm		
3	0,12	0,11	0,0121
5	0,29	0,06	0,0036
8	0,26	0,03	0,0009
10	0,22	0,01	0,0001
12	0,25	0,02	0,0004
14	0,24	0,01	0,0001
16	0,26	0,03	0,0009
18	0,13	0,10	0,0100
22	0,28	0,05	0,0025
	2,05		0,0306

Középérték: 0,227 cm/ütés = $\pm$ 0,058 cm (25,5%).

Hegyesvégű 60°-os cölöpök behatolása

Cölöpszám	Ütésenkénti behatolás (cm)		
4	0,21	0,05	0,0025
6	0,28	0,02	0,0004
9	0,28	0,02	0,0004
10/a	0,17	0,09	0,0081
10*	0,22	0,04	0,0016
11	1,05		
13	0,30	0,04	0,0016
15	0,25	0,01	0,0001
17	0,21	0,05	0,0025
19	0,36	0,10	0,0100
20	0,31	0,05	0,0025
21	0,29	0,03	0,0009
	2,88		0,0306

Középérték : 0,262 cm/ütés = ± 0,053 cm (20,2%).

SZÉCHY professzor csőcölöpökkel végzett kísérletei új szempontokat hoznak és a részéről javasolt csőcölöp a kérdés megoldását adhatja. Előadásában ismertette a csőcölöp kis minta kísérleteken észlelt verési és teherbírási értékeket, továbbá azok összefüggését az átmérővel, a falvastagsággal.

A kísérletek egyik lényeges tétele, hogy a csőcölöp átmérő tízszeresének megfelelő behatolási mélység után olyan tömör talajdugó alakul ki a cső belsejében, amely a csőcölöp terhelésének saját alakváltozás nélküli továbbítására képes. A kísérleti eredményeknek másik lényeges tétele, hogy a tömör és csőcölöp közel azonos teherbírása mellett az utóbbi beveréséhez szükséges munka tört része a csőcölöp beveréséhez igényelt munkának.

Ha a csőcölöpökkel végzett félüzemi kísérletek eredményei is kedvezőek lesznek, a csőcölöpök alkalmazásának előnyeit a bevezetőben elmondottak tükrében a következőkben lehet megállapítani.

1. A csőcölöpök leveréséhez szükségelt 1/5 rész munka lehetővé teszi, hogy az építőipar rendelkezésére álló cölöpverőkkel a feladatok megoldhatók lesznek és a cölöpözések alkalmazása a műszakilag indokolt esetekben betervezhető lesz. Az építőiparban igényelt nagyobb számú gőzcölöpverő beszerzése is elkerülhető lesz ezzel.

2. A csőcölöpök előreláthatóan építőelemgyárakban lesznek előnyösen gyárthatók, kisebb súlyúk révén, szállításuk kevésbé körülményes, Pl. 3,80 m hosszú 30,5 cm ∅ pörgetett cső 4 cm falvastagsággal 443 kg, ami fele a hasonló méretű tömör vasbetoncölöpének.

3. Csőcölöpök gyanánt a kellően vasalt pörgetett csövek, valamint a rendelkezésre álló sok selejtcső is felhasználható lesz.

4. A pörgetett cső ára olcsóbb, mint a tömör cölöpé (6 m hosszú tömör cölöp Épületelemgyári ára 700 Ft, míg a 6 m hosszúra számított hasonló átmérőjű pörgetett cső ára 480 Ft).

5. A csőcölöp verés okozta dinamikai hatás a kisebb verőmunka miatt kisebb lesz, mint a tömör cölöp verésekor észlelt rezgés. Ez lehetővé teszi, hogy közvetlen épületfal mellett is cölöpözhessünk.

6. Az alsó teherbíró talaj fekvésének bizonytalansága miatt a megtervezett cölöphosszakban általában fölösleges biztonság van. A cölöpök sokszor nem verhetők le a tervezett mélységig sem, s így a cölöpvégek néha nagyobb hosszban is levágásra kerülnek. Ez nemcsak nehézkes levágási munkát eredményez, hanem a levágott darabok kárba is vesznek. Ez gazdaságilag ugyan sehol sem jelentkezik, mert a teljes levert cölöphossz kerül elszámolásra, mégis kívánatos ennek a felesleges munkának és a kárbaveszett anyagnak a megtakarítása.

Csőcölöpök alkalmazása esetén e téren munka és anyag megtakarítás lesz elérhető.

7. Cölöpcsoportokban a csőcölöpök leverése bizonyára kevesebb nehézséggel jár, mint a tömör cölöpöké.

8. Tervezés szempontjából nem eléggé tisztázott a cölöpcsoportok teherbírásának kérdése. Az egyes cölöp teherbírása próbaterheléssel minden esetben gyakorlatilag megnyugtatóan meghatározható, a cölöpcsoportok próbaterhelése azonban az igen nagy terhelő súly folytán körülményes, a talaj konszolidációja hosszú ideig tart, úgyhogy mind a költségek, mind az idő szempontjából csak igen nagyméretű cölöpalapozásnál hajtható végre. Nagyobb méretű cölöpcsoport próbaterhelést nálunk eddig csak a tiszapalkonyai erőmű építkezésével kapcsolatban végeztek.

10 cölöpből álló cölöpcsoport próbaterhelését végeztük 300 t súly rávitelével. A cölöpcsoport süllyedését egyes cölöp próbaterhelési adatával hasonlítottuk össze. A cölöpcsoport süllyedése négyszerese volt azonos talajban a hasonló méretű, azonos mélységre vert egyes cölöpénck. Itt természetesen tekintetbe kell venni a talajrétegeződést is. A cölöpöket a felső 3 m vastag löszrétegen keresztül a következő kavicsrétegbe verték. A 4 m vastag kavicsréteg alatt 3 m vastag agyagréteg települt, ami mind a süllyedési, mind a konszolidációs viszonyokat erősen befolyásolta.

Előnyös lenne, ha a kisminta kísérleteket cölöp- és cölöpcsoport vizsgálatra is kiterjesztenék, mert pl. azonos szemcsés, vagy azonos kötött talajban végrehajtott cölöpcsoport próbaterhelésére adataink még nincsenek.

SZÉCHY professzor előadása nyomán a csőcölöpök bevezetése reménnyel kecsegtet, ezért azzal zárom hozzászólásomat, hogy az építőipar részére a csőcölöppel végzett további kísérleti és félüzemi eredmények ismerete eléggé sürgős.

SZÉCHY KÁROLY

Mindenekelőtt megköszönöm mind KÉZDI ÁRPÁD professzor, mind pedig BICZÓK IMRE főmérnök kartárs kiegészítő hozzászólását. Szeretném ismét hangsúlyozni, hogy az itt elhangzottak, főleg a cölöpteherbírás elméletével kapcsolatban korántsem tartanak a tökéletességre igényt. Azonban úgy érzem, hogy az elmondottak bizonyos mértékig kétségkívül előbbre vitték a kérdést, amennyiben a kiszorított talajtérfogat befolyását a cölöpök teherbírásában legalább qualitative megvilágították és az általam levezetett képlet módot ad ennek figyelembevételére. A törőterhelés esetében fennálló összefüggésnél alapul vett Rankine-féle arány sem állandó tulajdonképpen — ha visszaemlékezünk a képletre — mert hiszen a köpenysúrlódás értékét kifejező második tagban előfordul az $1+\beta$ szorzó és a $\operatorname{tg}\varphi$ érték, amelyek természetesen mind változnak, mégpedig nemcsak talajnemenként, hanem a mélységgel is.

Viszont kétségtelen, hogy a képlet kapcsolatot teremtett a törőterhelés és az oldalnyomások, tehát a köpenysúrlódás között, így a kölcsönhatásnak ezt a részét is figyelembe veszi, míg a gyakorlatban eddig alkalmazott képletek, ezek között a Dörr- és a Krey-féle képlet, nem veszik figyelembe, hanem független elemekből indulnak ki mind a csúcsellenállás, mind pedig a köpenysúrlódás meghatározásánál.

Kétségtelen, amit KÉZDI ÁRPÁD mondott, hogy az egységes alakváltozásból való kiindulás tökéletesebb megoldása a problémának, mert hiszen az alakváltozás egysége kétségkívül fennforog, míg a Rankine-féle arány nem általános érvényű, de a törési állapotot mindenesetre ebben a helyzetben jellemzi.

Teljes mértékben elfogadom azt a megállapítást, hogy a talajdugó ellenállása a geosztatikai nyomásnál nagyobb és valószínűleg a kísérletek során is nagyobb volt. Ez azonban nem érinti azt a megállapítást, hogy elvileg a talajdugó összenyomódásának mégis nagyobb mértékűnek kell lennie, mint az acélcső falának. Tehát ezzel kapcsolatban mivel az erők átadódása szempontjából ugyanakkora erőt kell kifejtenünk, mégis nagyobb süllyedés szükséges ahhoz, hogy a talajdugóban ugyanazt a feszültséget tudjuk létrehozni, mint ami a tömör vasrúdban keletkeznék, mert hiszen a vascső összenyomódását kell szembeállítani a talajdugó összenyomódásával. Én csak minőségileg kívántam érzékeltetni ezt az összenyomódásbeli különbséget, a nagyobb süllyedés megokolásánál.

A törőterhelés megjelölésével és fogalmával kapcsolatban: Törőterhelésen azt értjük, ahol a teherbírás tulajdonképpen megszűnik, illetőleg a további terhelhetőség szűnik meg. Ilyen törőterhelés a valóságban nincs, mert hiszen a cölöpök további terhelése igen nagy süllyedés árán mégis biztosítható. Ez kétségkívül így van. Azonban véleményem szerint mégis ki kell indulnunk olyan állapotból, ahol ezeknek a süllyedéseknek mértéke a gyakorlatban elbírható mértéket felülmúlja, tehát ahol egy meredek ferde érintőhöz kezd tulajdonképpen közeledni a terhelés-süllyedési ábra. A kísérletekből egyébként véleményem szerint ennek hatása bizonyos mértékig kiesik, mert hiszen minden egyes cölöpnél ugyanazt az értéket fogadtuk el, tehát a relatív összehasonlításoknál az itt elkövetett esetleges hibának az értéke nem lehet jelentős.

Végezetül nagyon köszönöm azt a javaslatot, hogy rétegezett talajokban is végezzük el a kísérleteket és tartós terheléssel vizsgáljuk a csőcölöpöket. Ez kétségkívül kényes kérdés lehet, mert hiszen a talajdugó tömörségének állapota és a feszültség kiegyenlítődésének esetleges folyamata befolyásolhatja a talajdugó teherbírását. Feltétlenül szükséges tehát a kérdésnek ebből a szempontból való megvilágítása s mindaddig nem is lehet az eredményeket véglegesnek tekinteni.

BICZÓK kartárs hozzászólásával kapcsolatban megemlíti, és ez természetesen így is van, hogy a pörgetett csövek is alkalmasak lehetnek felhasználásra, csak véleményem szerint a verés során érvényesülő dinamikai hatásokat közvetlen felvevő tömör felső tömb kiképzése ekkor is szükséges lenne és talán különleges pörgetett cölöpöket kellene erre a célra használni. A gyakorlati bevezetés végett mi mindenesetre igyekezni fogunk a hátralévő laboratóriumi kísérleteket is mielőbb elvégezni. Erről a helyről is kérném elsősorban az ipar képviselőit arra, hogy szíveskedjenek megadni a lehetőséget a félüzemi kísérletek végrehajtására, ami a gyakorlati bevezetésnek tulajdonképpen előfeltétele. (Taps.)

A KONTRAKCIÓS MUNKA MINT ANYAGJELLEMZŐ

GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag és SINAY GÁBOR

1. Bevezetés

Az anyagvizsgálat mostanáig kialakult gyakorlata szerint valamely szerkezeti anyag szilárdsági jellemzéséhez a szakítókísérletből nyerhető négy legfontosabb jellemző adat: a folyási határ, a szakítószilárdság, a nyúlás és a kontrakció ismerete szükséges. Az anyag minősítése azon az alapon történik, hogy a négy anyagjellemző egyidejűleg kielégíti-e az előírt feltételeket. Ezen anyagjellemzők közül kettő az anyag szilárdságának, kettő pedig az anyag alakíthatóságának mérőszáma. A két-két összetartozó érték az ötvözőelemek mennyiségének változtatásával rendszerint ellentétes irányú változást mutat. A szilárdsági értékek növekedésével ugyanis a nyúlás és a kontrakció rendszerint csökken. Ezért már évtizedekkel ezelőtt törekedtek arra, hogy a szerkezeti anyagok sajátságait egyetlen egységes mérőszámmal jellemezzék.

Ezek között a mérőszámok között igen sok teljesen empirikus jellegű volt, pl. megadták a $\sigma_B \cdot \delta_{10}$ szorzatot, vagy egyéb, a szilárdsági jellemzőkből és a fém alakíthatóságát jellemző állandókból képzett más alakú szorzatokat. Ezek helyett a fizikailag nem értelmezett empirikus mérőszámok helyett már REJTŐ SÁNDOR [1] próbálta bevezetni a szívóssági munka fogalmát, amin az egyenletes nyúlás határáig végzett munkát értette. A Rejtő-féle szívóssági mérőszám a szakirodalomban ismertté vált ugyan, de a gyakorlatban nem terjedt el. Közelebbi vizsgálatokkal kimutatható, hogy a Rejtő-féle szívóssági munka nem szigorúan vett anyagjellemző, ami egyben megmagyarázza azt, hogy használata nem vált általánossá.

Fizikailag teljesen helyesen megalapozott és az anyagra nem az egyenletes nyúlás határáig végzett munka, hanem az a munkamennyiség jellemző, amely a próbatest valamely elemi térfogatának elszakításához szükséges. A szakadásig szükséges összes munkát tehát csak a kontrahált keresztmetszetben levő elemi térfogat munkájával lehet kifejezni. Mint az alábbiakban bizonyítani kívánjuk, a szakítókísérlet során a kontrahált keresztmetszet valamely végtelen kis térfogatelemének munkája az ún. kontrakciós munka, az anyagra jellemző állandó érték.

A kontrakció helyén és környezetében a próbatest megnyúlása nagyságrendi eltéréseket mutat a próbatest többi részének megnyúlásától. A viszo-

nyokat 20 mm átmérőjű alumíniumötvözetből készült szakítópróbatest példáján az 1. ábra mutatja. Az ábra vízszintes tengelyén a próbatest hosszúsága van felmérve, a függélyes tengelyen pedig a próbatest egyes szakaszainak megnyúlása milliméterben. Látható, hogy a kontrakció helyén a megnyúlás értékei nagyságrendileg különböznek a próbatest többi szakaszán mutatkozó egyenletes alakváltozás következtében bekövetkezett megnyúlás értékektől. Legyen F_0 a próbatest kezdeti keresztmetszete, L_0 pedig a későbbi kontrakció helyén kiválasztott igen rövid jeltávolság. Tételezzük fel, hogy a kontrakció helyén kiválasztott igen rövid L_0 jeltávolság a szakadás után valamilyen L_c hosszúságra nő, miközben a keretszmetszet F_0-ról F_c-re csökken. A térfogatállandóság törvénye alapján

$$L_0 \cdot F_0 = L_c \cdot F_c. \tag{1}$$

A fajlagos nyúlás definíciója szerint a kontrakció helyén mutatkozó fajlagos nyúlás

$$\delta_c = \frac{L_c - L_0}{L_0}, \tag{2}$$

a kontrakció

$$\psi_c = \frac{F_0 - F_c}{F_0}, \tag{3}$$

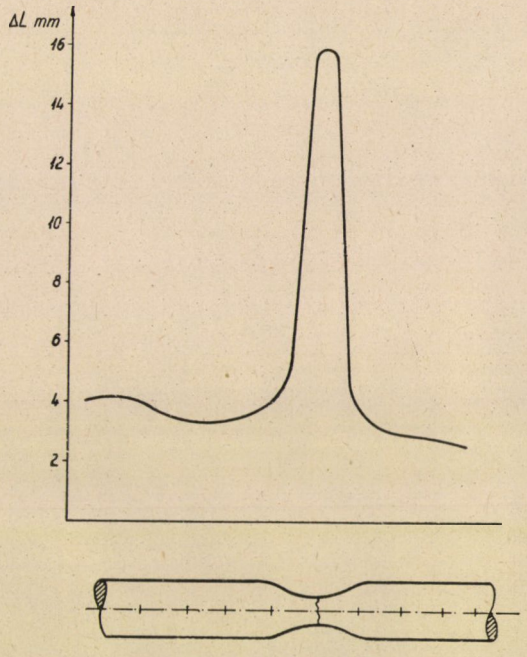
az $\frac{F_0}{F_c}$ viszonyt a (3), az $\frac{L_0}{L_c}$ viszonyt pedig a (2) egyenletből kifejezve

$$\delta_c = \frac{1 - \psi_c}{\psi_c} = \frac{\frac{d_0^2 - d_c^2}{d_0^2}}{1 - \frac{d_0^2 - d_c^2}{d_0^2}} = \frac{d_0^2 - d_c^2}{d_c^2}. \tag{4}$$

A nyúlás így definiált értékét a továbbiakban a fajlagos nyúlás megszokott értékeitől való megkülönböztetés végett effektív nyúlásnak fogjuk nevezni. Az effektív nyúlás tehát jelenti az igen rövid mérőhosszúságnak megfelelő fajlagos nyúlást. Az effektív nyúlás a próbatest azon helyein, ahol az csak egyenletes alakváltozást szenvedett, az egyenletes nyújtással egyenlő, a kontrakció helyén azonban pontról pontra változik, és maximumát, a továbbiakban kontrakciós nyúlásnak nevezett értéket a szakadás helyén meghatározható legkisebb keresztmetszetben éri el. Az effektív nyúlás változása a próbatest hossza mentén tehát lényegileg az 1. ábrában bemutatott nyúlási görbével arányos. Az effektív nyúlás kiszámítása a próbatest átmérőjének pontról pontra történő meghatározása útján a (4) képlet segítségével lehetséges.

A kontrakció helyén kiválasztott elemi térfogat munkáját az effektív nyúlás fogalmának bevezetésével a szakítódiagramból közvetlenül lehet meghatározni. A kontrakciós munka az előbbi definíció szerint

$$A_c = \int_0^L \frac{P\,dL}{V_0} = \int_0^L \frac{P\,dL}{F_0 L_0} \tag{5}$$



1. ábra. Szakítópróbatest egyenletes és helyi nyúlása

ahol V_0 jelenti a kontrakció helyén kiválasztott elemi méretű térfogatot, $V_0 = F_0 \cdot L_0$, valamint $\sigma = \frac{P}{F_0}$, $d\delta = \frac{dL}{L_0}$ bevezetésével a kontrakciós munka

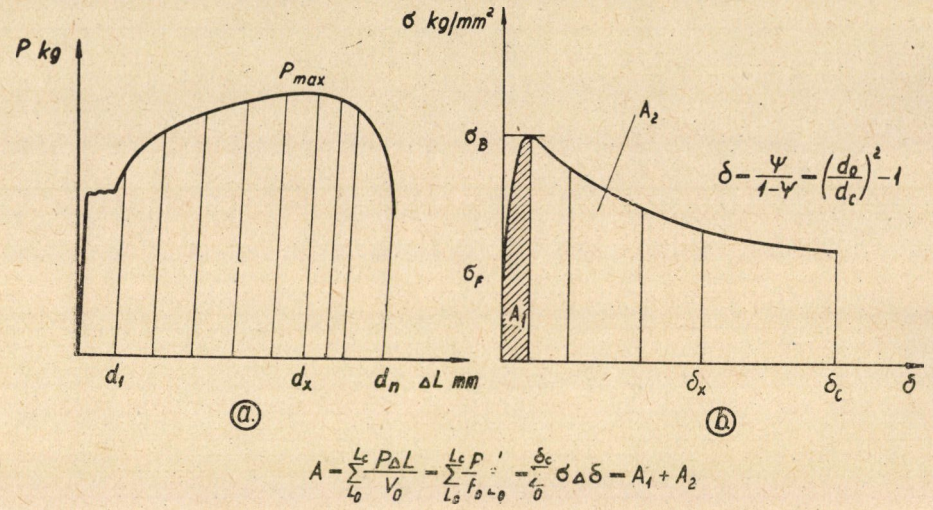
$$A_c = \int_0^\delta \sigma \cdot d\delta \tag{6}$$

kifejezésből határozható meg.*

A kontrakciós munka értékének meghatározását, azaz a fenti integrál értékének kiszámítását eddig grafikus módszerekkel végezték. E célból kísérlet közben állandóan mérni kell a próbatest átmérőjét. Az egyenletes nyúlás határáig a mért átmérő elvileg a próbatest bármely pontjának átmérője lehet,

* *Megjegyzés:* A továbbiakban a kezdeti keresztmetszetre vonatkoztatott erőt σ-val, a megváltozott keresztmetszetre vonatkoztatott erőt (valódi feszültséget) σ'-vel jelöljük.

a kontrakció kezdete, tehát a P_{max} erő elérése után pedig mindenkor a próbatest legkisebb átmérőjét és az ahhoz tartozó erőt kell meghatározni. Ilyen mérés eredményét mutatja a 2. ábra. Az ábra bal oldalán a szakítódiagram $P = f(\Delta L)$ van feltüntetve, a diagramba be vannak rajzolva azok a $d_1 \ldots d_n$ átmérők is, amelyek adott megnyúlás után mérhetők voltak. A szakítódiagramból a kontrakciós munka meghatározásához olyan diagramot kell szerkeszteni, melynek függélyes tengelyén a $\sigma = \frac{P}{F_0}$ értékek vannak felmérve, a vízszintes



2. ábra. Kontrakciós munka meghatározása szerkesztéssel

tengelyén pedig az effektív nyúlás értékei, amik a (4) képlet szerint a mért átmérők segítségével határozhatók meg. A 2/b. ábra tehát a $\sigma = f(\delta)$-t ábrázolja, ezek szerint a görbével bezárt terület éppen a kontrakciós munkával lesz egyenlő. A kontrakciós munkát a terület planimetrálásával lehet meghatározni. σ értékeit kg/mm²-ben fejezve ki, a kontrakciós munka mkg/cm³-ben adódik.

Bár a kontrakciós munkának néhány érdekes tulajdonságát a régebbi szakirodalom már megállapította, széles körben a használata nem terjedt el éppen azért, mert a mérés meglehetősen hosszadalmas, továbbá a munkaterület kiszerkesztése is elég lassú.

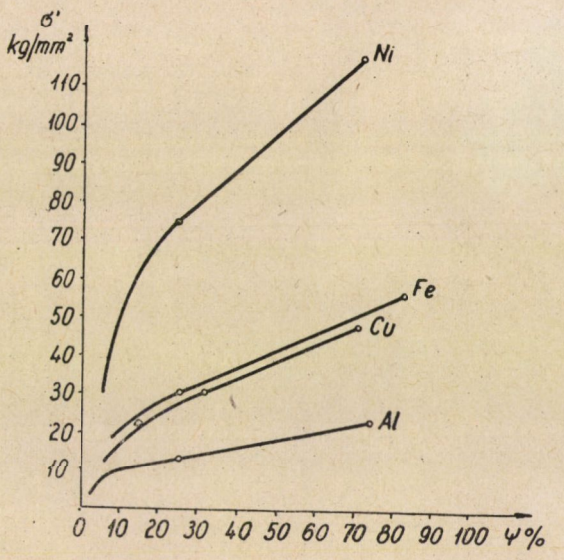
LJUNGBERG [2] a Nemzetközi Anyagvizsgáló Szövetség 1931. évi kongresszusán már kimutatta, hogy a kontrakciós munka értéke gyakorlatilag független attól, hogy hány egymást követő igénybevétellel merítik ki az anyag kontrakciós munkáját. Kísérletei szerint különböző részletekben végzett A_1, A_2, A_3 munka akkor okoz törést, ha $A_1 + A_2 + A_3 = A_c$, ahol A_c az anyag kontrakciós munkája.

Később K. MATTHAES [3] néhány adatot közölt arra vonatkozóan, hogy az edzett és megeresztett acélok kontrakciós munkája a megeresztés mértékétől független állandó. Sőt MATTHAES feltételezte még azt is, hogy egy-egy szerkezeti anyagra az ötvözéstől függetlenül a kontrakciós munka állandó érték.

Avégett, hogy a kontrakciós munka sajátságait és gyakorlati alkalmazhatóságát megvizsgáljuk, elsősorban szükséges volt olyan számítási eljárás kidolgozása, amelynek révén a kontrakciós munka számszerű értékét az ismert és szokásos anyagjellemzőkkel, a σ_F, σ_B, δ_e és ψ-vel lehet összefüggésbe hozni.

2. A kontrakciós munka meghatározása számítással

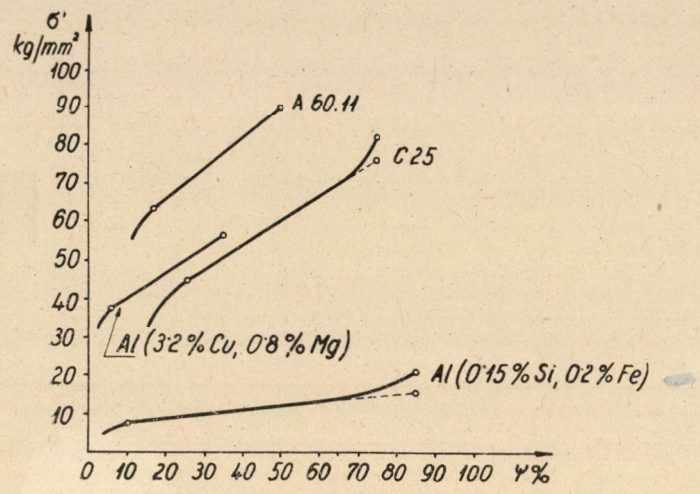
A kontrakciós munka kiszámításánál abból a megállapításból indultunk ki, hogy az eddigi megfigyelések szerint a valódi feszültség a fajlagos keresztmetszetcsökkenés függvényében az egyenletes nyúlás határától egészen a



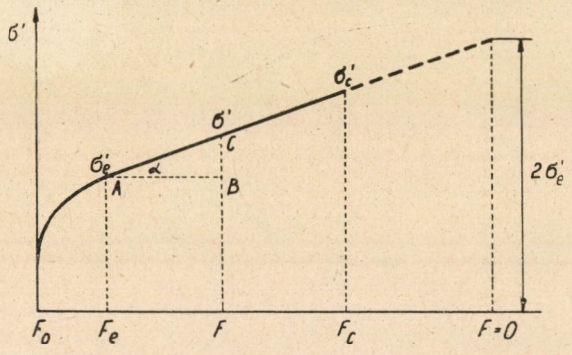
3. ábra. Tiszta fémek σ'—ψ-görbéi (KÖRBER—ROHLAND szerint)

szakadásig egyenes vonal mentén változik, mint azt KÖRBER és ROHLAND [4[mérései nyomán a 3. ábra mutatja. Ezen megállapításnak ellenőrzésére a részünkről használt kísérleti anyagokkal is ellenőrző méréseket végeztünk és megállapítottuk, hogy a valódi feszültség egyenesvonalú változása a fajlagos keresztmetszetcsökkenés függvényében a részünkről vizsgált anyagokra is érvényes. Idevonatkozó méréseink közül néhány jellegzetes diagramot a 4. ábra mutat. Néhány diagramnál mind a Körber-Rohland-féle diagramokban,

mind saját méréseink között a kontrakció környezetében némi eltérés mutatkozik az egyenes vonaltól. Ez az eltérés azonban a levezetendő képlet szempontjából nem okoz lényeges különbséget.



4. ábra. Néhány ötvözet σ'—ψ-görbéje



5. ábra. σ'—F-görbe vázlata

Jelentse az 5. ábrában σ' valamely tetszőleges F keresztmetszethez tartozó σ' valódi feszültséget, akkor az ABC háromszögből

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{\sigma' - \sigma_e}{F - F_e}, \tag{7}$$

innen

$$\sigma' - \sigma_e = \operatorname{tg}\alpha\,(F - F_e). \tag{8}$$

Az egyenes hajlásszögét abból a feltételből lehet meghatározni, hogy az egyen-

letes nyúlás határán az erő a maximumát éri el, tehát a $P = f(\Delta L)$ diagramban $dP = 0$-val. Mivel $P = F \cdot \sigma'$

$$dP = F \cdot d\sigma' + \sigma' \cdot dF = 0 \tag{9}$$

tehát

$$\left[\frac{d\sigma'}{dF}\right]_{F = F_e} = -\frac{\sigma'_e}{F_e} \tag{10}$$

$$\frac{d\sigma'}{dF}_{F = F_e} = \operatorname{tg}\alpha = -\frac{\sigma'_e}{F}, \tag{11}$$

vagyis a keresett egyenes vonal egyenlete:

$$\sigma' = \sigma'_e + \frac{\sigma'_e}{F_e}(F_e - F). \tag{12}$$

Az $F = \frac{F_0}{1+\delta}$, valamint az $F_e = \frac{F_0}{1+\delta_e}$ összefüggéseket figyelembe véve

$$\sigma' = 2\sigma_e - \sigma_e\left[\frac{1+\delta_e}{1+\delta}\right]. \tag{13}$$

Mivel a kontrakciós munkához a definíció szerint nem a valódi feszültség, hanem a kezdeti keresztmetszetre vonatkoztatott feszültség meghatározása szükséges,

$$\sigma'_e = \sigma_B(1+\delta_e). \tag{14}$$

illetőleg

$$\sigma' = \sigma(1+\delta) \tag{15}$$

helyettesítéssel a

$$\sigma = \frac{2\sigma_B(1+\delta_e)}{1+\delta} - \sigma_B\frac{(1+\delta_e)^2}{(1+\delta)^2} \tag{16}$$

kifejezés adódik. Ez éppen a keresett $\sigma = f(\delta)$, amely a δ_e-től a kontrakció helyén keletkező effektív nyúlásig; a δ_e-ig írja le a 2. ábrán bemutatott görbét. Az egyenletes nyúlás pontjában a területet két részre bontva, az összes munka $A = A_1 + A_2$-vel. Az A_1 terület, mely a 0-tól δ_e-ig terjed, egy négyszögre és egy közelítőleg parabolával határolt területre bontható fel.

$$\text{Az } A_1 \text{ terület} = \delta_e \cdot \left[\frac{\sigma_F + 2\sigma_B}{3}\right], \tag{17}$$

$$A_2 = \int_{\delta_e}^{\delta} \frac{2\sigma_B(1+\delta_e)}{1+\delta} \cdot d\delta - \int_{\delta_e}^{\delta} \frac{\sigma_B(1+\delta_e)^2}{(1+\delta)^2} \cdot d\delta. \tag{18}$$

A keresett kontrakciós munka tehát :

$$A = A_1 + A_2 = \frac{\delta_e}{3}[\sigma_F + 2\sigma_B] + 46\sigma_B \log \frac{1+\delta}{1+\delta_e} + \\ + \sigma_B (1+\delta_e)^2 \left[\frac{1}{1+\delta} - \frac{1}{1+\delta_e}\right]. \tag{19}$$

A kontrakciós munka tehát mint háromtagú összeg fejezhető ki és meghatározásához a szakítódiagramból egyszerűen kiszámítható σ_F, σ_B és a próbatestről könnyen lemérhető δ_e, illetve δ értékek szükségesek. Mivel a δ a (144) egyenlet szerint a kontrakció értékéből számítható, a kontrakciós munka kiszámításához az amúgyis mért és szokásos anyagjellemzőkön kívül egyéb adatra nincs szükség.

A számítás helyességét ellenőrzendő, különböző anyagokon meghatároztuk a kontrakciós munka közvetlenül mért és számított értékét. Az eredmények közül néhányat a 6. ábra mutat. Az A 60,11-es acélon 10 mérési adatot hatá-

A 60,11

Jel	A_c mkg/cm³ számított	A_c mkg/cm³ szerkesztett	Eltérés %
1	41,0	39,0	+5,1
2	49,0	47,8	+2,5
3	48,5	47,3	+2,6
4	48,2	47,0	+2,6
5	49,5	51,0	—2,9
6	49,5	50,7	—2,4
7	49,0	49,7	—1,5
8	49,5	50,4	—1,8
9	49,5	49,2	+0,6
10	43,0	42,1	+2,1

6. ábra. A 60.11 acél kontrakciós munkája számítással és szerkesztéssel

roztunk meg közvetlen átmérő mérésekkel a 2. ábrán bemutatott módszer szerint. Ezek a táblázatban mint szerkesztett értékek vannak feltüntetve. A (19) képlettel számított értékeket összehasonlítva a mért értékekkel, az eltérések —1,8 és +5,1% között adódtak. A táblázat azt is mutatja, hogy a kontrakciós munka értékei egy és ugyanazon anyagnál is bizonyos fokú szóró-

dást mutatnak, mert a mért értékek között a legkisebb 39 mkg/cm³, a legnagyobb pedig 51 mkg/m³.

A mérések adatai szerint tehát a levezetett képlet az anyagvizsgálatban elfogadható szóródási határok között jó egyezést mutat a közvetlen méréssel.

A levezetett képlet helyességét három szempontból kell kritikailag vizsgálni. Az A_1 területnél a parabola ívvel való határolás és az ezen alapuló számítás önkényes ugyan, de a tapasztalat szerint — mint arra már REJTŐ SÁNDOR is rámutatott — az A_1 terület felső határvonala parabolával jól közelíthető meg. Az A_1 terület acélnál, alumíniumötvözeteknél általában kevesebb, mint az egész terület 10%-a. Az A_1 terület kiszámítására vonatkozó képlet a Rejtő-féle szívóssági mérőszámtól csak annyiban különbözik, hogy REJTŐ képletében σ_B helyett σ_e van, szerinte ugyanis a szívóssági mérőszám

$$m_e = \frac{\delta_e(\sigma_F + 2\sigma_e)}{3}. \tag{20}$$

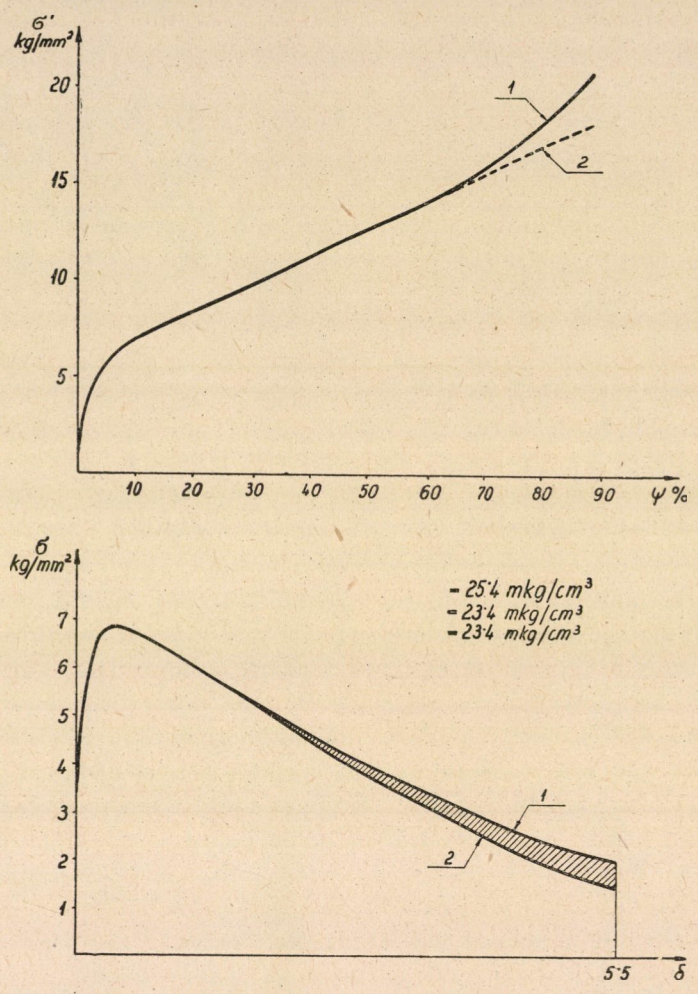
A 2. ábra szemlélteti azt az arányt, mely szerint a szívós alakváltozás munkája mennyivel kisebb, mint a kontrakció során végzett munka. A szívóssági mérőszám számításakor REJTŐ az A_2 területet figyelmen kívül hagyta és így érthető, hogy bár a részéről választott mérőszám az anyag szívósságát valóban jellemezte, de nem jellemezhette a töréshez szükséges munkát, miután annak legfeljebb 10%-a csak a szívós alakváltozás munkája.

Az A_2 terület számításakor két tényező okozhat eltérést. Az egyik az, hogy néhány anyag, mint pl. némelyik részünkről vizsgált alumínium ötvözet valódi feszültség diagramja az egyenes vonaltól a kontrakció környezetében kevéssé eltér. A 7. ábra mutatja olyan alumíniumötvözet diagramját, amelynél az egyenes vonaltól való eltérést észleltük az elvégzett több száz kísérlet során. Ezen ötvözet kontrakciós munkájának szerkesztett területe az ábra alsó részén látható. Az *1* jelű vonal a tényleges mérési eredményeket mutatja mind a valódi feszültség diagramjában, mind pedig a $\sigma = f(\delta)$ diagramban. A *2* jelű vonal pedig a feltételezett egyenesvonalú közelítés alapján készült. Az ábrán a vonalkázott terület mutatja az egyenes vonalú feszültségváltozástól való eltérés hatását a kontrakciós munka területére.

Mint a területek arányainak összehasonlításából látható, az eltérés nem nagy, a feltételezett egyenes vonalú változás alapján végzett szerkesztés pedig a levezetett képlet alapján végzett számítással olyan pontossággal egyezik, amennyire grafikus eljárás numerikus számítással egyezni szokott. Az a tény tehát, hogy néhány szerkezeti anyagnak a valódi feszültség diagramja nem pontosan egyenes vonalú, a mért és a számított értékek között csupán néhány százalék eltérést okoz, ami a tapasztalatok alapján nem nagyobb, mint a kísérleti anyag inhomogenitásából eredő szóródás nagyságrendje.

Végül a harmadik tényező, amit a közölt levezetésben figyelmen kívül hagytunk, az, hogy a kontrakció helyén a feszültség eloszlása nem egyenletes.

A kontrakció helyén a feszültség egyenlőtlen eloszlását egy korrekciós taggal lehet figyelembe venni, amely a kontrakciós munka képletében még egy negyedik tagot jelentene. Mivel számításaink szerint az eltérések nem jelentékenyek,



7. *ábra.* 0,15% Si, 0,2% Fe tartalmú alumínium elméleti és mért valódi feszültség diagramja és kontrakciós munkaterülete

ezt a negyedik tagot minden további számításnál elhanyagoltuk és úgy számoltunk, mintha a kontrakció helyén a feszültség eloszlása egyenletes lenne.

A kontrakciós munka számítását még kényelmesebbé lehet tenni a levezetett képletek nomogrammá való átalakításával. Így tehát a kontrakciós munka megállapításához a szokványos szakítókísérleti adatokon kívül (σ_F, σ_B és ψ) csak a δ_e értékét kell külön meghatározni, ami a próbatestről

kísérlet után egyszerűen lemérhető. Nomogram alkalmazásával a kontrakciós munka numerikus meghatározása csak igen rövid időt kíván. Így az eddig használt hosszadalmas mérés helyett a kontrakciós munka egyszerűen és igen gyorsan meghatározható.

A továbbiakban a már rendelkezésre álló számítási eljárás segítségével különböző összetételű acélon, alumínium-ötvözeten, réz-nikkel, ón-cink ötvözeteken végeztünk kontrakciós munka méréseket annak tisztázására, hogy mely tényezők befolyásolják a kontrakciós munkát. Kísérleteink fő célja azonban az volt, hogy az ötvözőelemek befolyása és a kontrakciós munka számértéke között egyelőre legalább kvalitatív jellegű összefüggéseket állapítsunk meg.

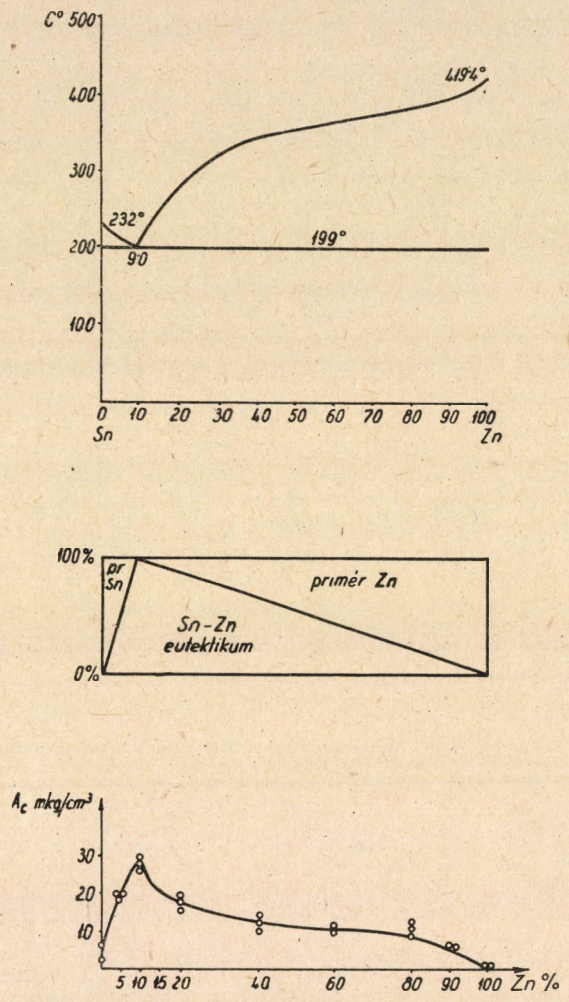
3. Az ötvözőelemek hatása a kontrakciós munkára

Az ötvözőelemek hatásának vizsgálatára két ötvözetsorozatot készítettünk, melyek közül az egyik a minden arányban szilárd oldatot képező réz-nikkel, a másik pedig az egymást szilárd állapotban egyáltalán nem oldó ón-cink ötvözetsor volt. A réz-nikkel ötvözetek elektrolitréz és karbonilnikkelből készültek. Az öntött tuskók egyneműségének biztosítására az ötvözeteket először argonatmoszférában Tammann-kemencében ömlesztettük meg, majd pedig a tuskókat 10^{-5} Hgmm vákuumban nagyfrekvenciás indukciós kemencében újból átolvasztottuk. A réz-nikkel ötvözetsor minden ötvözetét ezen kettős átolvasztás után melegen hengerelve és a hengerlést követően 2 órai 900°-os izzítás után vízben hűtve vizsgáltuk.

A cink-ón ötvözetsort 99,99-es cink és ón összeolvasztása után 200—250°-os hőmérsékleten rúdprésen sajtoltuk, sajtolás után az ötvözeteket egységesen 130 C°-on lágyítottuk. A cink-ón ötvözetekből 4 mm átmérőjű szakítópróbatestek, a réz-nikkel ötvözetekből pedig 1,5 mm átmérőjű mikroszakító próbatestek készültek. A kísérletek eredményeit a 8. és 9. ábra mutatja.

A 8. ábra a cink-ón ötvözetek egyensúlyi diagramját mutatja, amely alá a szövetelem diagramot is felrajzoltuk. Ez alatt pedig ábrázoltuk a kontrakciós munka változását a kontrakció függvényében. Bár a részünkről választott összetételek nem pontosan követik az egyensúlyi diagram jellegzetes pontjait, az egyensúlyi diagramban ui. a különböző szerzők szerint az eutektikus pont helye 7,5 és 9,5% között van, az ehhez legközelebb eső mérés-pontunk pedig 10% cinktartalomra vonatkozik, mégis a diagramból arra lehet következtetni, hogy a kontrakciós munka változása két egymást egyáltalában nem oldó fém ötvözeteiben arányosan vagy közel arányosan változik a szövetelemek mennyiségével. A maximális kontrakciós munka ezek szerint az eutektikus pont környezetében van, pontos számértékét további mérésekkel kell majd meghatározni.

A réz-nikkel ötvözetsor egyensúlyi diagramját a 9. ábra mutatja. A réz kereken 80 mkg/cm³ kontrakciós munkája és a nikkel kereken 110 mkg/cm³ kontrakciós munkája között az átmenet folytonos görbe vonallal jellemezhető. Az ábrában szóródási terület van feltüntetve, tekintve, hogy a mikro-

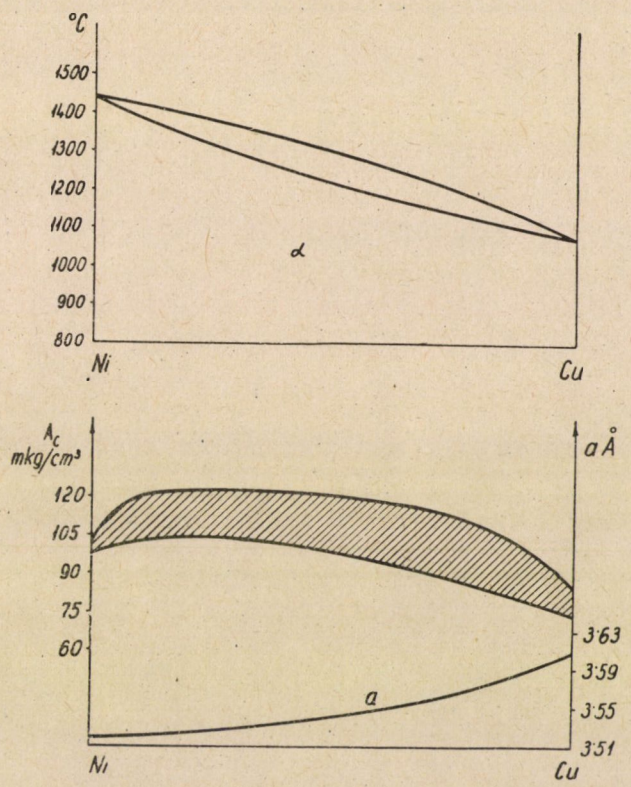


8. ábra. Lágyított Sn—Zn ötvözetek kontrakciós munkája a koncentráció függvényében

szakító próbatestek — mint azt más idevágó kísérleteink is mutatják — az esetleges anyaghibák miatt rendkívül érzékenyek és így a mérés szórása lényegesen nagyobb, mint a cink-ón sorozatban volt. Az ábrán egyben feltüntettük a réz-nikkel ötvözetsor rácsállandóinak a változását is. Éppen a mérések szóródása miatt a térrács állandója és a kontrakciós munka változása között pontos összefüggést megállapítani még korai lenne, de a görbék jellege

arra mutat, hogy szilárd oldatokban a rácsméret és a kontrakciós munka között összefüggést lehet feltételezni.

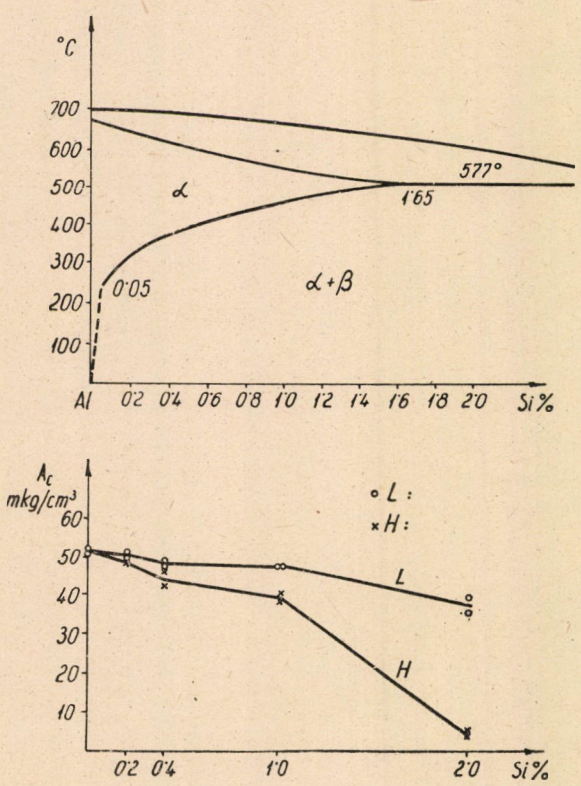
Fentiek alapján további ötvözetsorokat vizsgáltunk olyan ötvözettípusokból, ahol a két alkotó egymást nem, vagy csak korlátolt mértékben oldja. Itt azonban már nem teljes ötvözetsorokat vizsgáltunk, hanem a vizsgálatokat csak meghatározott összetételi határokig terjesztettük ki.



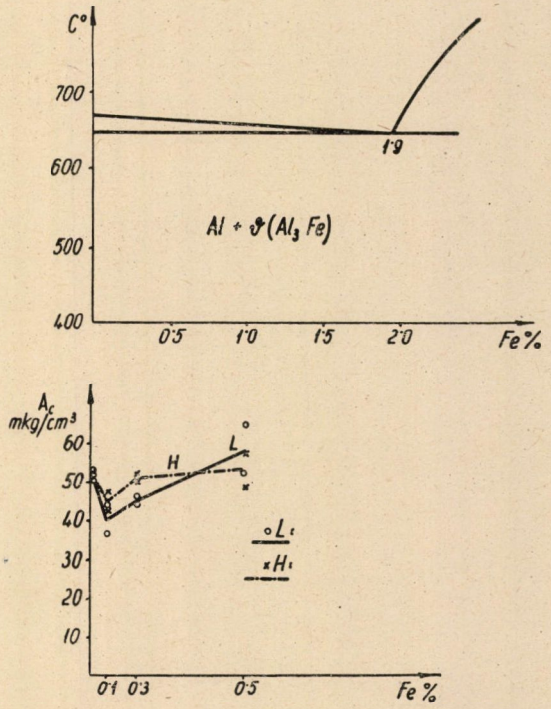
9. ábra. Lágyított Cu—Ni ötvözetek kontrakciós munkája és rácsállandója a koncentráció függvényében

Megvizsgáltuk az Al-Si, Al-Fe és Al-Zn ötvözetsoroknak alumínium oldalát. A próbatestek előállítására alapanyagként 99,99%-os alumíniumot használtunk. Az ötvözeteket félfolyamatos tuskóöntési eljárással öntöttük, majd pedig a tuskókat rúdprésen sajtoltuk a kívánt méretre. Minden alumínim ötvözetet kétféle állapotban vizsgáltunk. A következőkben L-lel van jelölve a 320°-on 2 órán át lágyított sorozat és H-val az 520°-on izzított és utána vízben hűtött homogenizált sorozat.

Az alumínium ötvözetekkel végzett kísérletek eredményeit a 10., 11. és 12. ábra mutatja. Mindegyikben a kontrakciós munka az ötvözőelem függvényében van feltüntetve, a kontrakciós munka diagramja felett pedig az

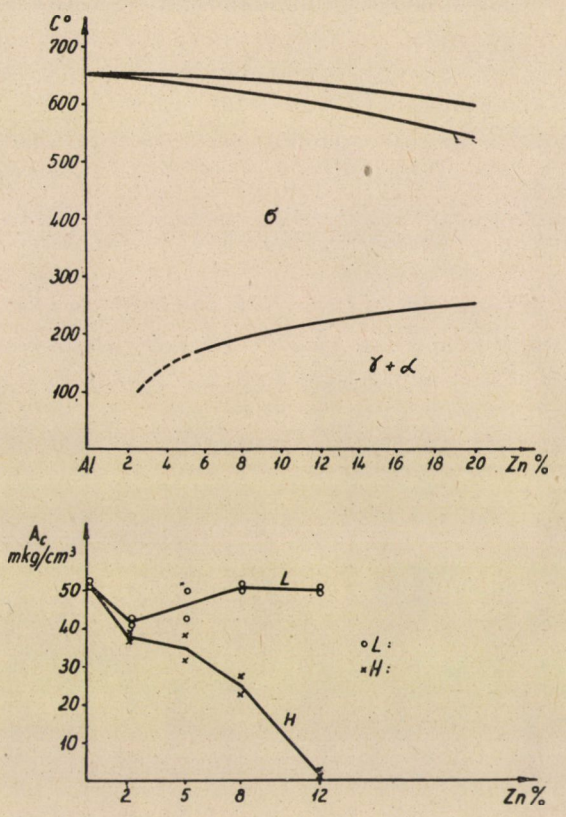


10. ábra. Al—Si ötvözetek kontrakciós munkája lágyított (*L*) és homogenizált (*H*) állapotban a koncentráció függvényében



11. ábra. Al—Fe ötvözetek kontrakciós munkája lágyított (*L*) és homogenizált (*H*) állapotban a koncentráció függvényében

egyensúlyi diagram megfelelő szakasza látható. Szobahőmérsékleten az alumínium LOSANA és STRATTA [5] adatai szerint 0,07%, 0,1%, WETZEL [6] adatai szerint pedig 0,5% sziliciumot tud adni. A különböző szerzők adatai között mutatkozó eltérés valószínűleg a lehülési sebességek különbözőségéből adódik. A lágyított Al-Si ötvözetek kontrakciós munkája közel egyenes vonalú lassú csökkenést mutat (10. ábra), amely az eutektikus pontnak megfelelő 11,7%



12. ábra. Al—Zn ötvözetek kontrakciós munkája lágyított (*L*) és homogenizált (*H*) állapotban a koncentráció függvényében

Si-t tartalmazó ötvözetig extrapolálva közel zérus értéket adna. Az eutektikus Al-Si ötvözetet nem vizsgáltuk, de az ismert szilárdsági és nyúlási adatai alapján kontrakciós munkája a zérustól nem sokkal különbözhetik.

A homogenizált sorozatnál is a kontrakciós munkának lassú esése észlelhető, a csökkenés akkor válik rohamossabbá, amikor a választott homogenizálási hőmérsékleten, 520°-on a homogén α-fázis helyett már $\alpha + \beta$ fázis jelenik meg.

Az Al-Fe sorozat (11. ábra) 320°-on lágyított és 520°-on homogenizált próbái között számottevő eltérés nem mutatkozik, ami azzal magyarázható,

hogy az alumínium a vasat egyáltalában nem oldja, a homogenizált és a lágyított próbatestek mikroszerkezete között nincsen eltérés.

Az Al-Zn ötvözeteknél (12. ábra) a $\gamma + \alpha$ fázisból álló lágyított ötvözetek a 2% Zn-tartalmú ötvözetet nem tekintve, gyakorlatilag állandó értéket mutatnak a szóródási határokon belül. A 2% Zn-tartalmú Al-Zn ötvözet lágyított és homogenizált állapotban közel azonos értéket ad, ami azzal magyarázható, hogy 2% Zn a részünkről alkalmazott hűtésnél oldatba ment és lényegileg éppúgy homogén szerkezetet eredményezett, mint az 520 C°-ról hirtelen hűtött 2%-os ötvözet. Itt is megállapítható, hogy a homogenizált ötvözet kontrakciós munkája elég gyorsan csökken.

A tiszta fémekből előállított eddig ismertetett ötvözetek mérései során a réz-nikkel ötvözetsort nem tekintve, a kontrakciós munka értékében jelentős szóródást nem találtunk, illetőleg egyes kiugróan alacsony pontok esetében a kontrakció helyén mindenkor megállapítható volt anyaghiba. Ez a továbbiak szempontjából azért igen lényeges, mert az acélok mérése során lényegesen nagyobb szórádási értékeket tapasztaltunk.

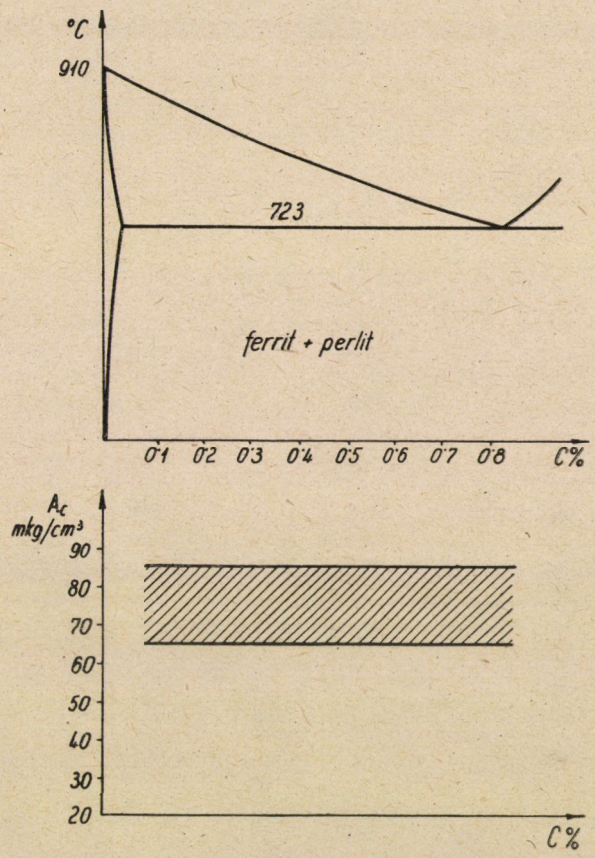
Az acélok kontrakciós munkájának meghatározása végett megvizsgáltuk a szabványos C-acél sorozatot, egy S 80-as acélt, ezenkívül pedig egy ausztenites króm-nikkel acélt, továbbá egy ferrites krómacélt.

A szénacélokon végzett mérések eredményeit a 13. ábra mutatja. Mint az ábrából látható, a kontrakciós munka a szabványos C-sorozatú acélokat illetően gyakorlatilag állandónak vehető a szóródási határok figyelembevételével. Ez azzal magyarázható, hogy a csaknem tiszta perlitesnek tekinthető 0,8% C-tartalmú acél kontrakciós munkája nagyjából megegyezik a C 10 acél kontrakciós munkájával. Ha tehát érvényes a fent ismertetett ötvözetsorokon tapasztalt szabály, mely szerint a kontrakciós munka értéke az egyes szövet elemek arányától függ, akkor nyilvánvaló, hogy miután a csaknem tiszta ferrites és csaknem tiszta perlites acél kontrakciós munkája közel egyenlő, a közbenső ötvözetsornak is ezekkel megegyező kontrakciós munkát kell adnia. A 13. ábrán feltüntetett acélok mindegyikét 50 C°-kal az A_{r3} pont felett lágyítottuk ½ óra hosszat és utána próbatesteket homokban hűtöttük. Eszerint a szerkezeti acélok kontrakciós munkája lágyított állapotban az összetételtől gyakorlatilag függetlenül a szóródás határain belül állandónak tekinthető.

Nemesített állapotban szabványos C 35-ös acélt vizsgáltunk. Az eredményeket a 14. ábra mutatja. Mint az ábráról megállapítható, nemesített állapotban a kontrakciós munka teljesen független a megeresztés hőmérsékletétől.

A ferrites krómacél (C = 0,20%, Si = 0,18%, Mn = 0,25%, Cr = 13,5%, Ni = 0,6%) kontrakciós munkája lágyítva 111 és 120 mkg/cm³ között, a 18/8-as ausztenites krómnikkel acél kontrakciós munkája pedig (1020°-os ½ órás izzítás, utána vízben hűtve) 136, 143, 143,2 mkg/cm³-nek adódott.

A továbbiakban kontrakciós munka mérését végeztünk króm-vanádium acélokon. Az 54 mérés eredményét a 15. ábrán bemutatott eloszlási diagram



13. ábra. Lágyított szénacélok kontrakciós munkája a koncentráció függvényében

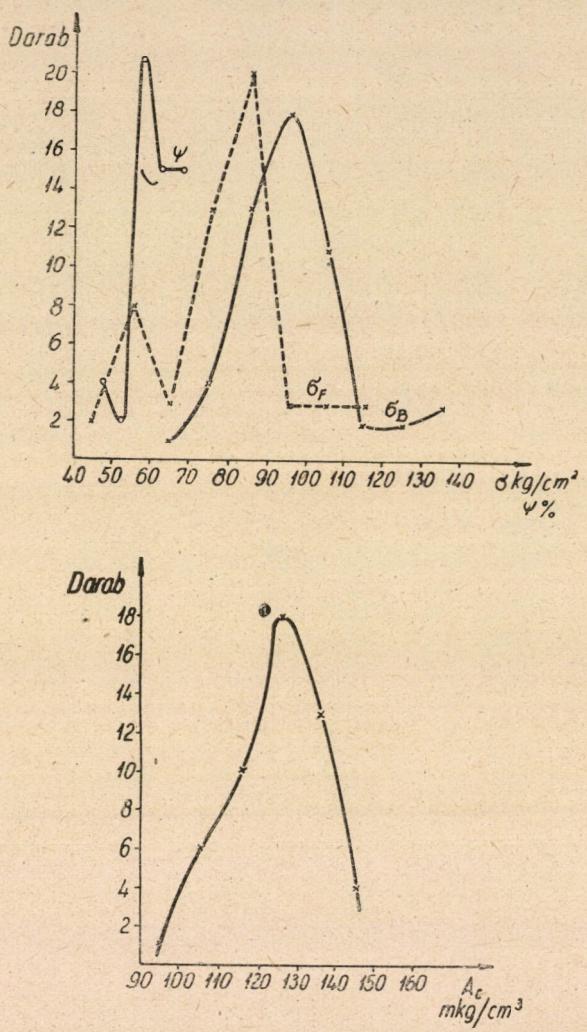
Nemesített C 35

Megeresztési hőfok C°	A_c mkg/cm³
400	112, 123, 111
550	105, 111, 108
650	112, 113, 115

14. ábra. Nemesített C 35 acél kontrakciós munkája a megeresztési hőmérséklet függvényében

tünteti fel. A vizsgált CrV 135 acélok edzés után a legkülönbözőbb hőmérsékleten voltak megeresztve, amit az jellemez, hogy a folyási határ és a szakító szilárdság rendkívül széles határok között változik. A folyási határ legkisebb

értéke a vizsgált adagok között 51,8 kg/mm², legnagyobb értéke pedig 111 kg/mm² volt. Ennek ellenére a kontrakciós munka értéke kis szóródást mutat és a leggyakoribb érték 125 mkg/cm³-nél van.



15. ábra. Nemesített CrV 135 acél A_c, σ_F, σ_B, ψ értékeinek gyakorisági elosztása 54 mérés alapján

Az adatokat összevetve megállapítható, hogy a nemesített állapotban a ferrites krómacél kereken 115 mkg/cm³, a CrV 135-ös króm-vanádium acél átlagosan 120—125 mkg/cm³-es, és a C 35-ös acél 110—120 mkg/cm³ között szóródó kontrakciós munkája között lényeges eltérés nincsen. Nagyobb értéket ad viszont az ausztenites acél, ami az eddigiek alapján a rácsszerkezet különbözőségével magyarázható.

4. Különböző tényezők befolyása a kontrakciós munkára

Bár az elvégzett igen nagyszámú kísérlet alapján teljesen határozott következtetést levonni még nem lehet, az látszik, hogy az anyag szennyezettsége igen nagy mértékben befolyásolja a kontrakciós munkát. Ezt a felfogást igazolja az, hogy a kémiailag tisztának tekinthető anyagokból készített ötvözetekben a kontrakciós munka általában csak igen kis szóródást mutat. Minél szennyezettebb az anyag, annál nagyobb a kontrakciós munka szóródása és annál kevésbé határozható meg egyöntetűen a megbízhatóan pontos számértéke. Így a kísérletekhez használt 99,99-es alumínium kontrakciós munkája három kísérletből 54 mkg/cm³-nek adódott és eltérés csak a tizedespont utáni számjegyben mutatkozott. A 99,99-es alumínium 10^{-5} Hgmm nyomás alatt vákuumban átömlesztve 54,5 mkg/cm³ kontrakciós munkát adott, ami elég pontos egyezést ad a 99,99-es alumíniumon mért értékekkel. Egyetlen egy aránylag kevés ötvözőelemet tartalmazó (Si = 0,15%, Fe = 0,19%, Mg = 0,11 hulladékból átolvasztott ötvözet 23,3, 25,7 és 27,4 mkg/cm³ kontrakciós munkát eredményezett, jóllehet az Al-Si, Al-Fe, Al-Mg ötvözetsorokkal végzett kísérleteink szerint a kontrakciós munkának ilyen csökkenése nem indokolt. Feltűnő az is, hogy a C jelű acélok kontrakciós munkája lágyított állapotban 64 és 82 mkg/cm³ közötti szórásokat eredményez, ugyanakkor az A 60.11-es acél 39 és 51 mkg/cm³ között szóródó kontrakciós munkát ad lágy állapotban.

A szennyezettség befolyásának vizsgálatára további vizsgálatokat végeztünk C 10-es acéllal és Armco vassal, mindegyiket vákuumban átömlesztve. A vákuumban kétszer átömlesztett C 10-es anyag kontrakciós munkája 111 és 128,8 mkg/cm³-nek adódott, míg vákuumolvasztás nélkül 72,6 és 72,8 mkg/cm³ volt.

Végeredményben tehát azok a tények, hogy a tiszta fémekből készült ötvözetek (nem tekintve a Cu-Ni-t, melyet mikroszakító gépen mértünk) általában csak kevéssé szóródó eredményeket adnak, továbbá, hogy acéloknál is a vákuumban olvasztott acél kontrakciós munkája lényegesen nagyobbnak adódik, a C és A sorozatú acélok közti különbség, valamint az elektrokemencében gyártott króm-vanádium acél, és ferrites krómacél nagyobb kontrakciós munkája arra mutat, hogy a kontrakciós munka az anyag szennyezettségének függvénye. Ez a kvalitatív jellegű megállapítás természetesen még kiegészítésre szorul az összefüggés jellegét illetően, nem látszik azonban vitásnak az, hogy a szennyezések és záródmányok a kontrakciós munka értékét rontják, annál is inkább, mert kiugróan kis értékek esetén mindig megfigyelhető volt a kontrakciós keresztmetszetben valamely makroszkópi méretű zárvány vagy repedés.

Bizonyos fokig alátámasztja ezt a megállapítást az a kísérletsorozat, amellyel a próbatest átmérőjének befolyását kívántuk vizsgálni. Ebből a célból C 10-es acélt 10, 20 és 30 mm átmérőjű makroszakító próbatesteken és

1,5 mm átmérőjű mikroszakító próbatesteken vizsgáltunk. Az átmérő befolyása csak annyiból állapítható meg, hogy a 30-as és 20-as átmérőjű próbatesteken szóródás egyáltalában nem volt megállapítható (a számítás pontossági határain belül), a 10 mm átmérőjű próbatesteken már kisebb mérvű szóródást lehetett tapasztalni, a mikroszakító próbatestek azonban a középértékhez képest kereken +15% szórást mutattak. Ebből arra lehet következtetni, hogy adott szennyezettségű, vagy zárványtartalmú acélkontrakciós munkájának értéke attól függ, hogy a kontraháló leggyengébb keresztmetszetbe milyen zárványmennyiség kerül. Nyilvánvaló, hogy az egyenletes eloszlás valószínűsége annál nagyobb, minél nagyobb méretű a próbatest és fajlagosan annál kisebb befolyást gyakorol ezek szerint a kontrakciós munka szóródására a szennyezettség, minél nagyobb a próbatest átmérője. Ez egyben magyarázat a 9. ábrán bemutatott és mikroszakító próbatesteken mért réz-nikkel sorozat erősen szóródó értékeire.

Megvizsgáltuk ezenkívül a szakítási sebesség befolyását vákuumban átömlesztett C 10-es acélon 10 mm átmérőjű próbatesten. A szakítási sebességet 0,5 mm és 5 mm/perc között változtatva, a kontrakciós munka értékeiben összesen +3% különbség adódott a középértékhez képest, ami az egyébként tapasztalt szóródás értékét nem haladja meg.

Az itt leírt adatok alapján tehát arra lehet következtetni, hogy a kontrakciós munka számértéke a próbatest átmérőjétől tág határok között független, az értékek szóródásának valószínűsége azonban annál nagyobb, minél kisebb a próbatest átmérője. A szakítás sebessége pedig a fent megadott határok között a kontrakciós munka értékét nem befolyásolja.

IRODALOM

1. Rejtő Sándor: Az elméleti mechanikai technológia és a fémek technológiája (1919).
2. K. Ljungberg: Erste Mitteilungen des Neuen Internationalen Verbundes für Materialprüfungen. Zürich. 1931. Gruppe A. 149—154. l.
3. K. Matthaes: Zeitschr. f. Metallkunde. Band 43. 1952. Jan. Heft 1. 14—16 l.
4. F. Körber és W. Rohland: Mitt. K. W. Inst. f. Eisenforsch. Band 5. (1924) 37/54. l.
5. L. Losana és R. Stratta: Metallurg. Ital. Bd. 23 (1931) 193—197. l.
6. E. Wetzel: Metallbörse. Bd. 13 (1923) 737—738. l.

Összefoglalás

Bár a kísérletek során még nem tisztáztuk számos tényező (mint pl. a szemcsenagyság, vagy kvantitatíven a szennyezések befolyása) befolyását, az elvégzett kísérleti anyag alapján az alábbi következtetéseket lehet levonni:

1. A kontrakciós munka a szakítódiagramból amúgyis meghatározott számértékek segítségével a gyakorlat számára teljesen kielégítő pontossággal számítható vagy nomogramból leolvasható, ami egyaránt lehetővé teszi a kontrakciós munkának, mint mérőszámnak laboratóriumi és üzemi alkalmazását.

2. A kontrakciós munka igen nagy mértékben függ az anyag tisztaságától, minél szennyezettebb az anyag, annál nagyobb a mérés szóródásának valószínűsége.

3. Azzal a megszorítással, ami az előbbi pontból következik, valamint amit még egyéb ismeretlen, eddig nem vizsgált tényezők, pl. a szemcsenagyság befolyása okozhat, megállapítható, hogy heterogén szerkezetű ötvözetekben a kontrakciós munka változása lényegileg a

szövetelemek mennyiségi arányától függ. Ezt alátámasztja az Al—Fe, Al—Si és Al—Zn, továbbá a cink—ón ötvözeteken végzett méréssorozat, amelyből megállapítható, hogy a kontrakciós munka a szövetelemek mennyiségével egyenesen arányos és aszerint nő vagy csökken, hogy az ötvözet alapszövete mellett megjelenő szövetelem, illetőleg az abból összetett ötvözet kontrakciós munkája nagyobb vagy kisebb-e, mint az alapfém kontrakciós munkája. Az Al—Si eutektikus szövet-elem növekedésével a kontrakciós munka csökken, mert az Al—Si eutektikum kontrakciós munkája lényegesen kisebb, mint a fémalumíniumé, a cink—ón sorozatban pedig a kontrakciós munka akár a cink, akár az ón kontrakciós munkájához képest az eutektikus szövetelem mennyiségének arányában nő, tekintve, hogy az eutektikus összetételű cink—ón kontrakciós munkája nagyobb, mint akár a cink, akár az ón kontrakciós munkája. A szénacélok kontrakciós munkája mind lágyított, mind pedig nemesített állapotban külön-külön állandó, függetlenül a kémiai összetételtől. Ez azzal magyarázható, hogy a közel tiszta perlites, és közel tiszta ferrites szerkezetű acélok kontrakciós munkája csaknem megegyezik, tehát a szövetelemekre vonatkozó keverési szabály itt is érvényes.

4. A szilárd oldatok kontrakciós munkája a rácsparaméter változásával változik, amit a réz—nikkel sorozat, illetőleg az Al—Zn, Al—Si szilárd oldatból álló ötvözetsor mutat. Az 520°-ról történő vízben hűtés tekintettel ezen ötvözetek korlátolt oldódására, az egyensúlyi állapotnak nem meg felelő szilárd oldatot jelent, ami szükségképpen a rácsméret eltorzulását okozza.

5. A nemesített acélok kontrakciós munkája állandó, gyakorlatilag független a kémiai összetételtől és a hőkezelés módjától, feltéve, hogy a megeresztés legalább olyan hőmérsékleten történik, amelyik az edzés folyamán keletkező belső feszültségek teljes feloldására elegendő. Visszamaradó belső feszültségek esetén — bár erre vonatkozó adatot itt nem közöltünk — a kontrakciós munka erősen csökken, ami összhangban van azzal a megfigyeléssel, hogy a korlátoltan oldódó ötvözetekből hirtelen hűtéssel előállított szilárd oldatok éppen úgy rácstorzulással járnak együtt, mint az egyébként más úton létrehozott belső feszültségek. Ezt a kérdést, ti. a belső feszültségek és a rácstorzulás kvantitatív összefüggéseit és hatását a kontrakciós munkára még tovább kell kutatni.

A fentiek alapján úgy látszik tehát, hogy a kontrakciós munka mint minősítő szám alkalmazható egyrészt a tudományos kutatás szempontjából, mert lehetőséget ad az ötvözőelemek hatásának tanulmányozására, úgyhogy az ötvözőelemek befolyását aránylag egyszerű törvényszerűségekkel lehet kifejezni, üzemi átadás-átvételnél pedig az anyagnak egyértelmű minősítését adja. Ilyen irányú felhasználása előtt azonban az egyes anyagokra vonatkozó statisztikai eloszlási görbéket éppen úgy célszerű meghatározni, mint ahogy azt a 15. ábrán bemutatott króm-vanádium acélok gyakorisági görbéje mutatja.

A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a kontrakciós munka nem csak szakításból, hanem bármely más sztatikai kísérletből meghatározva ugyanazt a számértéket eredményezi, csupán a szóródás mértéke változik a vizsgált próbatest méreteitől függően. Így pl. a hajtogatásnál, ahol a vizsgált térfogat lényegesen kisebb, mint a szabványos méretű szakítópróbáknál, a kontrakciós munka számszerű értéke megegyezik a szakításból kapott számértékkel, a gyakorisági görbe szóródása azonban nagyobb, összhangban azzal az észlelettel, hogy a szakításnál is a kisebb próbatest átmérők nagyobb szóródást eredményeznek. Ilyen irányban végzett kísérleteinket, a húzás, nyomás, hajlítás, illetve hajtogatásból meghatározott kontrakciós munka értékek egyezését, továbbá az egyes itt nem vizsgált tényezők befolyására vonatkozó kísérleteinket és azoknak továbbfejlesztését következő dolgozatunkban fogjuk közölni.

HOZZÁSZÓLÁSOK

FÁY CSABA

Mindössze annyit szeretnék kérdezni, hogy az ütőmunka tekintetében mi a helyzet?

GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag

Az ütőmunka kérdésében nem tudok válaszolni, mert egyike a legnehezebb problémáknak. Utalok ezzel kapcsolatban az „Archiv für das Eisenhüttenwesen" című folyóiratban KOCHENDÖRFER és munkatársainak dolgozataira, aki rendkívül szellemes mérőszámot ajánl az anyag többtengelyű feszültségi állapotának jellemzésére. KOCHENDÖRFERnek sikerült az úgynevezett „kappa"-tényező és az ütőmunka értéke közötti összefüggését megállapítani. Ha figyelemmel vagyunk erre a tényre — az előadásban nem beszéltem arról, hogy a többtengelyű feszültségi állapot a kontrakciós munkát rendkívül határozottan befolyásolja, — akkor ezen a kapcsolaton keresztül kívánjuk most folytatni a további kutatást, tehát KOCHENDÖRFER munkája nyomán a többtengelyű feszültségi állapot és az ütőmunka összefüggésének megismerését. Ennek során más oldalról igyekszünk megismerni a többtengelyű feszültségi állapot és a kontrakciós munka közötti összefüggést. Lehet, hogy ezen az úton a két fogalmat össze tudjuk kapcsolni, de ez a feladat még hátra van és a munka sikerességét még nem merem garantálni.

Engedjék meg, hogy evvel a kérdéssel kapcsolatban még egy gondolatot felhozzak. Felrajzoltam már a kontrakciós munkát jellemző görbét, illetve bemutattam, hogy ez a δ effektív nyúlás és σ összefüggését bemutató görbe és az abszcissza közötti területnek felel meg. Mármost valamelyik hideg alakítás, a rácsszerkezet bármely torzítása, vagy valamely belső feszültségi állapot, — amely egyébként szintén nem egyéb, mint a rácsszerkezet torzítása, — a kontrakciós munkának értékét valamilyen értékkel csökkenti. Ha a kontrakciós munka számértéke A — valamely belső feszültségi állapot hatására A_1-el fog csökkenni: $(A - A_1)$: teljesen függetlenül attól, hogy a belső feszültség hogyan keletkezett. Ha ebből egy viszonyszámot képzek, megállapítható a fajlagos kontrakciós munka csökkenése a belső feszültségi állapot függvényében.

A legtöbb technológiai műveletnél, tehát a hegesztésnél, az öntésnél, szegecselésnél, létrejön olyan többtengelyű feszültségi állapot, amelyet a konstruktőr szükségképpen nem tud figyelembe venni, bár minden anyagra nézve van olyan háromtengelyű feszültség-állapot, amelynél az anyag adott deformációsebességnél képlékeny állapotból rideg állapotba megy át. Szerkezeteink biztonsága szempontjából lényegesen nagyobb veszélyt jelent — például egy hegesztett szerkezetben — a többtengelyű feszültségi állapot, mint aminőt jelentenek a hegesztés makroszkópi hibái — a gáz- és salakzárványok stb. Éppen ezért az alapfeladat, amely felé a mostani kutatás irányul, ezeknek tisztázása.

Röntgen-készülékkel a belső feszültségi állapot a szerkezet megrongálása nélkül mérhető. Tudjuk továbbá, hogy a többtengelyű feszültségi állapot és a kontrakciós munka között egyértelmű korreláció van. Ha ennek a korreláció-

nak számszerű összefüggéseit is sikerül meghatározni, a továbbiakban valamely többtengelyű feszültségi állapotban levő szerkezetre nézve evvel a mérőszámmal a rideg-törékenység veszélyét lehetne jellemezni és éppen úgy bevezetni a ridegtörésre vonatkoztatott biztonságnak a fogalmát, mint ahogyan a szilárdsági biztonság fogalmát használjuk.

Ilyen irányú munkáink még folynak és evvel kapcsolatban talán sikerülni fog a felszólalók részéről felvetett kérdést is tisztázni.

RÉTI PÁL főmérnök

Az elhangzottak alapján azt kell feltételeznem, hogy közönséges — úgynevezett szobahőmérsékleten — történtek mindezek a kísérletek. A kérdésem mármost az, hogy ettől a közönséges hőmérséklettől akár pozitív, akár negatív irányban eltérő hőmérsékleteken folytak-e kísérletek és szereztek-e ilyen irányban tapasztalatokat a kontrakciós munka területén?

BOCZOR EDE főmérnök

Az érdekelne, vajon a rugalmassági modulusz, amely tulajdonképpen általában jellemző a fémekre és amely kevéssé szokott változni, milyen összefüggésben van a tárgyalt kontrakciós munkával. Nem volna-e alkalmas mérőszám a rugalmassági modulusz a fémek minősítésére? Lehetne-e ezt a rugalmassági munkával összefüggésbe hozni? Úgy vettem ki az előadásból, hogy a kontrakciós munka is bizonyos szempontból állandó és jellemző érték, mint ahogyan a rugalmassági modulusz szintén jellemző a fémek viselkedésére.

VASSEL RÓBERT kutató

Szeretném megkérdezni az előadásban elhangzottakkal kapcsolatban, mi a helyzet az elegyítési szabály értelmezése körül. Láttunk egy diagramot, amely szerint az alumínium-szilicium ötvözetekben a kontrakciós munka lineárisan csökkent és az eutektikumnál minimum van. Ez körülbelül összhangban van az eddigi tapasztalattal. Az önthető ötvözetek eutektikumának nyújthatósága csökken. Mivel magyarázható akkor, hogy az ón-cink ötvözetben az eutektikumnál maximum van a kontrakciós munka diagramjában. Kérdésem tehát arra irányul, hogy a két esetet összehasonlítva, első megítélésre bizonyos ellentmondás látszik fennforogni.

GILLEMOT LÁSZLÓ lev. tag.

RÉTI főmérnök kartárs kérdésére azt válaszolom, hogy a hőmérséklet befolyását sajnos még nem vizsgáltuk. Ebben a tekintetben enyhítő körülmény számunkra, hogy az a néhány diagram és táblázat, amit bemutattam, körülbelül 500—600 kísérleti adatból van összeállítva. Főleg a tiszta ötvözetek előállítása okozott rendkívül nagy munkát. Így a hőmérséklet befolyását csak a továbbiakban szándékozunk vizsgálni. Igen valószínű, hogy rendkívül érdekes eredményeket lehet majd a hőmérséklet befolyásáról kapni, egyelőre azonban ezt nem vizsgáltuk.

Nem egészen értettem BOCZOR főmérnök kartárs kérdését, ha nem tévedek, arra vonatkozott, hogy a kontrakciós munka is éppúgy konstans anyagjellemző, mint a rugalmassági modulusz. Erre határozott igennel lehet válaszolni. Csak azt az érdekes körülményt említeném meg, amit a Moszkvából nemrég hazatért REUSS ENDRE kollégám mondott el, hogy a szovjet kísérletek szerint a rugalmassági modulusz nem is annyira konstans és nem is annyira anyagjellemző, mint mostanáig feltételeztük. Nem vagyok hivatott, hogy ezeket a hallomásból tudott kísérleteket ismertessem, csak mint érdekességet megemlítem. A kontrakciós munkánál a véleményem tehát az, hogy bármilyen úton végezzük el a deformációt, ez a munkamennyiség tényleg konstans marad. Amint látható volt, konstans marad az acélnál, egy és ugyanazon acélnál a hőkezelés függvényében, de konstans marad a már említett okokból az összetétel függvényében is.

Ezzel kapcsolatban bemutatnám, hogy mikor nem marad konstans. Nem konstans akkor, ha a szennyezettség változik, nem konstans a többtengelyű feszültség függvényében és nem konstans érdekes módon olyankor, — talán általánosságban fejezném ki — ha olyasmi történik, ami anyaghibának vagy rendellenességnek nevezhető. A hőkezeléssel túlhevített acél kontrakciós munkája rohamosan esik. Ezeknek a kérdéseknek részletekbe menő vizsgálata azonban még nagyon távoli.

Amit VASSEL kollégám felvetett, hogy az alumínium-szilicium ötvözetekben eutektikus összetételnél csökken a kontrakciós munka, a cink-ón ötvözetnél pedig az eutektikum felé növekedik, azt válaszolhatom, hogy az alumínium-szilicium eutektikum közismerten rideg szövetszerkezetű, míg a cink-ón nem rideg szerkezetű, hanem igen jól deformálható. Annak mélyebb fizikai okát megadni, hogy az egyik miért rideg és a másik miért deformálható, őszintén szólva nemcsak én nem merném, de attól tartok, hogy a fémkutatás jelenlegi állapotában senki sem merne ennek kifogástalan magyarázatára vállalkozni. Kénytelen vagyok tehát annak a ténynek a megállapítására szorítkozni, hogy rideg és képlékeny fázis keverésénél a keverési szabály érvényes, de hogy a képlékeny fázis mitől képlékeny és a rideg fázis mitől rideg, arra az irodalomban eddig adott magyarázatoknál többet a jelenlegi kísérletek után sem tudnék adni.

MIKROHULLÁMÚ RÁDIÓÖSSZEKÖTTETÉSEK

BOGNÁR GÉZA
lev. tag

A mikrohullámú rádióösszeköttetések fejlődése az információkapacitás növelésének irányában halad. Az információkapacitás növelésére részint emelik a CCIR kijelölte sávokban a mikrohullámú csatornák számát, részint növelik az egyes mikrohullámú csatornák befogadóképességét.

A nagykapacitású szélessávú rendszerek specifikációit megkötik a CCIF részéről lefektetett 2500 km hosszú normál összeköttetéshosszra vonatkozó előírások. A szélessávú nagykapacitású rendszerek mellett kisebb, kb. 300 km távolságok áthidalására, vagy ennél nem hosszabb leágazásokra rövid távú rendszerek fejlődtek ki. Itt a megkötések nem annyira szigorúak és több lehetőséget adnak a különböző rendszerek variálására.

Az információkapacitás növelésének fontos tényezője új mikrohullámú szerkezeti elemek alkalmazása. Ilyen szerkezeti elem a mikrohullámú ferrit-izolátor. A mikrohullámú ferrit-izolátor olyan nonlineáris elem, amelynek csillapítása az iránytól függ. Ennek az irányhatásnak az elérésére felhasználják a ferritek polarizációforgatási tulajdonságait, a ferritek ferromágneses rezonancia-tulajdonságait és a ferritek tértorzító tulajdonságait. Korszerű ferrit-izolátorok dB-ben kifejezett „előre" és „hátra" irányú csillapításának viszonya 100 körül van.

A mikrohullámú izolátorok legfőbb alkalmazási területe a hosszú tápvonalaknál keletkező, úgynevezett long-line effektus kiküszöbölése. A hosszú tápvonalakról származó, jelentős időkéséssel visszaérkező reflexiók zavaró jeleket hoznak létre. Ezek kiküszöbölése lehetővé teszi hosszú tápvonal alkalmazását, ami azzal az előnnyel jár, hogy a berendezés a földön helyezhető el, és a toronyszerkezetre csak a sugárzók vannak szerelve. Ez a torony árában lényeges megtakarítást jelent. Alkalmazást találtak ezen felül a ferrit-izolátorok minden olyan helyen, ahol az illesztési követelmények teljesítése különben nehézséggel járna.

Egy másik új szerkezeti elem az erősítő kristálykeverő. Az erősítő kristálykeverőben alkalmazott keverőkristály hegesztett kontaktusú germánium, úgynevezett North-kristály. Megfelelő előfeszítés és RF hangolási feltételek mellett a KF-teljesítmény meghaladja a rendelkezésre álló RF-teljesítmény értékét. A teljesítménytöbblet a lokáloszcillátorból származik. Kimutatható,

hogy a North-kristályok erősítő tulajdonsága szorosan összefügg a negatív KF-vezetés jelenségével, melyet az említett kristályok jól definiált feltételek mellett mutathatnak. Negatív KF-vezetés létrejöttében két tényező dominál: a kontaktkapacitás változása a feszültséggel (normál kristályok sajátsága is) és az igen kicsiny szórt ellenállás. A North-kristályos keverők negatív KF-vezetése impedanciaméréssel kimutatható. Ilyen beállításban a keverő KF-kimenetére kapcsolt hangolt kör rezonanciafrekvenciáján oszcillál. Az oszcillációs sáv széles, adott esetekben a mikrohullámok sávjába nyúlhat, de felső korlátja a jelfrekvencia. Tipikus North-kristály karakterisztikája két negatív ellenállású tartománnyal bír.

A mikrohullámú rádióösszeköttetések fejlődési irányaira befolyása van olyan tényezőknek, amelyek részint az adóteljesítmény csökkenésére, részint azonos adóteljesítmény mellett a rendszer fadingbiztonságára vannak kihatással. Ilyen tényező pl. az előerősítő, illetve kisszintű keverő fokozatokban az elméleti zaj megközelítése. Adóteljesítményre kiható tényező a jel/zaj-javító moduláció alkalmazása; a fadingbiztonságra kiható tényező a diversity vétel bevezetése.

Az elméleti zaj megközelítésére alkalmas szerkezeti elem — bár eddig mikrohullámú összeköttetésekben nem került alkalmazásra — a molekuláris erősítő. Amíg a szokásos kisszintű kristálykeverők zajtényezője 10—14 dB, haladóhullámú előerősítőcsövek zajtényezője 6,5 dB, a molekuláris erősítőkkel eddigi irodalmi adatok alapján az elméleti zaj közelíthető meg.

A molekuláris erősítők lényege az, hogy egymáshoz közel eső energianívók közül a *magasabban* fekvő nívót több elektronnal népesítjük be, mint az alacsonyabban fekvőt és ezzel a két nívó között (pl. mikrohullámú tartományba eső) intenzív sugárzást hozunk létre. Normális eloszlásnál a magasabban fekvő nívót benépesítő elektronok száma mindig kisebb, mint az alacsonyabban fekvő nívón levők száma. Ez így van normális hőmérsékleten. Ezért a molekuláris erősítőnél említett fordított helyzetet *negatív abszolút hőmérsékletű* helyzetnek is szokták nevezni.

Ha létrehozunk valamilyen módon ilyen negatív hőmérsékletű állapotot, az anyagot oszcillátorként vagy erősítőként használhatjuk. Bár pillanatnyilag a hatásfoka nem kielégítő, a problémával mégis érdemes foglalkozni, mivel a jelenség igen alkalmas egyrészt nagyobb frekvenciás rezgések előállítására (milliméterhullámok), másrészt mikrohullámú sávokban jóval kisebb a zajtényezője, mint a jelenleg alkalmazott előerősítőké. A Távközlési Kutató Intézetben a külföldi próbálkozásoktól eltérő utakon foglalkozunk részben gáztöltésű, részben szilárd anyagú molekuláris oszcillátorok, illetve erősítők előállításával.

Az adóteljesítményre kihatása van a modulációs rendszer kiválasztásának. A modulációs rendszer kiválasztásával kapcsolatban felmerül a kérdés, hogy van-e létjogosultsága mikrohullámú rádióösszeköttetéseknél jel/zaj-

javító modulációs rendszer alkalmazásának. Összehasonlítást téve a kislöketű frekvenciamoduláció és a nagylöketű frekvenciamoduláció, illetve kódmoduláció közt, arra az eredményre jutunk, hogy a nagylöketű frekvenciamoduláció, illetve kódmoduláció jel/zaj — javító hatását a rádióösszeköttetés nem használhatja ki teljes mértékben. A rádióösszeköttetések méretezése abból indul ki, hogy a jel/zaj-viszony a működési idő kis hányadában meghaladhatja az előírt értéket. Ez esetben — fading keletkezésekor — a zajnívó átmenetileg emelkedik és kismértékben rontja az érthetőséget. Jel/zaj-javító modulációnál, nagy fading beütés esetén a jel eltűnik a zajban, az összeköttetés megszakad. Tehát a nagylöketű frekvenciamoduláció vagy kódmoduláció rádióösszeköttetésnél történő alkalmazásakor az adóteljesítményt az előforduló legnagyobb fading-csillapításnak megfelelően kell méretezni. Ezzel az áramkörök bonyolításával nyert előny egy része elvész. Kétségtelen az, hogy a nagy kapacitású, szélessávú rendszerek fejlődésének iránya az információkapacitás növelése. Tehát adott sávszélességen belül a lehető legtöbb beszédcsatorna átvitele, illetve a sávon belül televíziós műsor és beszédcsatornák egyidejű átvitele. A jel/zaj-javító modulációk, akár nagylöketű frekvenciamoduláció, akár kódmoduláció, lényegesen növelik a sávszélességet és így csökkentik az adott sáv információ-kapacitását.

A nagylöketű frekvenciamoduláció jel/zaj-javító hatása korlátozott.

Vizsgáljuk meg, hogy adott kimenő jel/zaj-viszony mellett mennyi a megengedhető maximális frekvencialöket. A szükséges sávszélesség a frekvencialöket növelésével nő. A szükséges sávszélességet kiszámíthatjuk, ha megkötjük az átviendő oldalsávok amplitudóját. A frekvenciamoduláció spektrumát a következő alakú: $y = AI_n(x)$ Bessel-függvények írják le, ahol $I_n(x)$ az n-edrendű x argumentumú Bessel-függvény. Ha a maximális amplitudó 1,5%-ánál kisebb amplitudójú oldalsávokat nem kívánunk átvinni, a Bessel-függvénytáblázatból kiolvasható az adott β-hoz tartozó oldalsávok száma. A függvénytáblázatra való egyszerű rátekintéssel a sávszélességre vonatkozólag β függvényében a következő közelítő sávszélességek adódnak:

$$B_{\beta=1\ldots2} = 1 \ldots 2 = (+2) \cdot 2 \cdot \mathrm{B}$$
$$B_{\beta=3\ldots8} = 3 \ldots 8 = (+3) \cdot 2 \cdot \mathrm{B}$$
$$B_{\beta=8\ldots20} = 8 \ldots 20 = (+4) \mathrm{x}\, 2 \cdot \mathrm{B}$$

A sávszélesség ismeretében kiszámítható az a zajküszöb-teljesítmény, amely határt szab a modulációs löket növelésének. Fehér zaj esetén a zajküszöbteljesítmény 12 dB-lel nagyobb az átlagzajnál, ami annyit jelent, hogy a zajcsúcsok 12 dB-lel emelkednek az átlagzaj fölé. 8 dB-es zajtényezőt felvéve szobahőmérsékleten az 1 MHz-re eső zajteljesítmény $2{,}5 \cdot 10^{-14}$ W/MHz · A 12 dB-lel nagyobb zajküszöbteljesítmény tehát 1 MHz-re vonatkoztatva $4 \cdot 10^{-13}$ W/MHz. A teljes B sávszélességre vonatkoztatva $4 \cdot 10^{-13} \cdot B$. A maximális β tényezőt úgy kapjuk meg, hogy a zajküszöbteljesítményt egyenlővé tesszük

az amplitudómodulált jelteljesítmény és a frekvenciamoduláció jel/zaj-javító tényezője hányadosával. Adott, pl. 40 dB kimenő jel/zaj esetén fenti adatokkal β-ra egy harmadfokú egyenletet kapunk, amelyből β kiszámítható.

$$4 \cdot 10^{-13} \beta = 1{,}5 \cdot 10^{-9} / 1{,}5 \cdot \beta^2$$

$$\beta^3 + 3\beta^2 - 208 = 0$$

$$\beta = 5$$

A maximális β sávszélességtől független és csak a kimenő jel/zaj-viszonytól függ. Fenti adatokkal 40 dB kimenő jel/zaj-viszonynál a maximális β 5-nek adódik; 30 dB jel/zaj-viszonynál 2-nek; 50 dB jel/zaj-viszonynál 12-nek. 5-ös β tényezőhöz tartozó sávszélesség 96 MHz; a frekvencialöket 60 MHz. A jel/zaj-javító tényező amplitudómodulációhoz képest $1{,}5 \cdot \beta^2$, tehát kb. 40-szeres faktor. A mély fadinggal szemben való biztonság céljából tehát nem használhatjuk ki teljes mértékben a nagylöketű frekvenciamoduláció jel/zaj-javító hatását és az optimális β-nál kisebb β-t kell alkalmaznunk.

Fentiek a nagylöketű frekvenciamoduláció jel/zaj-javító hatását vizsgálták. Ugyanakkor azonban a nagy frekvencialöket következtében súlyos linearitási problémák mutatkoznak. A linearitás javítására két út áll rendelkezésre. Egyik: a szükséges frekvencialöket előállítására kisebb frekvencián kislöketű frekvenciamodulációból indulunk ki és a szükséges löketet frekvenciasokszorozással érjük el. A másik: nonlinearitásból eredő zavaró komponensek kiküszöbölésére kettős frekvenciamodulációt alkalmazunk. Kettős frekvenciamodulációnál az átviendő jel egy segédvivőfrekvenciát modulál, majd a frekvenciamodulált segédvivőjellel moduláljuk a vivőfrekvenciát. Kettős frekvenciamodulációnál a zavaró oldalsávok a segédvivő távolságában keletkeznek, kívül esnek az átviendő sávon. Az átviendő sáv és a segédvivő helyes arányának megválasztásával könnyen kiszűrhetők.

A diversity-rendszer alkalmazása növeli a mikrohullámú rádióösszeköttetés fadingbiztonságát. Rádióösszeköttetésekben elvileg megvan a lehetősége a többutas terjedésnek. A vételi térerősség a többutas terjedés eredőjeként jelentkezik és függ a különböző utakon érkező jel fázisától. A fading-hatás — mint ismeretes — úgy jön létre, hogy a különböző útvonalak hosszai az atmoszféra állapotától függenek és változnak az atmoszféra állapotjellemzőinek változásával. Rádióösszeköttetésnek a keletkező fading miatt teljesítménytartalékkal kell rendelkeznie. A teljesítmény-tartalék a nemzetközi előírásoknak megfelelően az idő 99,9%-ában elegendő kell, hogy legyen a CCIF részéről előírt minőség tartásához. Az idő 1 ezrelékében a CCIF megenged kisebb jel/zaj-viszonyt. A fadinghatás két fadingjelenség összetevőjeként jelentkezik. Az egyik összetevő a lassú fading (évszakon belüli váltakozás), a másik összetevő a gyors fading (órán belüli váltakozás). Az eredő fadinget a két komponens szuperpozíciója adja. A jel/zaj-viszony szem-

pontjából jelentős csúcsokat a gyors fading hozza létre. A gyors fading jó közelítéssel a Rayleigh-eloszlás törvényét követi. A gyors komponens okozta jelingadozás diversity-vétellel csökkenthető, melynek lényege két vagy több azonos információt hordó oly módon elrendezett független csatorna, melyen a szimultán fading megjelenésének valószínűsége kicsiny. A rendszer kombinálással vagy szelektálással a maximális dinamikát adó jelre áll be. Az azonos jelinformációt hordó független csatornák kivitelezésétől függően 4 alap-diversity rendszer ismeretes :

— időbeli diversity : jelismétlés egy és ugyanazon csatornán,
— frekvencia-diversity : a jel adás-vétele több frekvencián szimultán,
— térbeli diversity : több hasonló vevőantenna alkalmazása néhány hullámhossznyi térközzel,
— polarizációs diversity : több független antenna különböző polarizációval.

A gyors komponens a Rayleigh-eloszlás törvényét követi, melynek sűrűség-függvénye

$$p(S) = \frac{2s}{b^2} e^{-(s/b)^2},$$

ahol :

S—pillanatnyi jelamplitudó,
$p(S)dS$ annak valószínűsége, hogy a jelburkoló pillanatnyi amplitudója, S és $S + dS$ közé esik,
b^2 — a közepes jelteljesítmény.

Ennek megfelelően az eloszlás-függvény a sűrűség-függvény integrálja

$$P(S) = e^{-(s/b)^2},$$

Diversity-rendszer jósági tényezője a diversity-együtthatóval (K) jellemezhető. Rayleigh-típusú fadingre a következő egyszerű összefüggés érvényes :

$$K = \frac{T_1 T_2}{T} \cong 1 - 1{,}09\, R,$$

ha : T_1 és T_2 kicsiny és $R < 0{,}5$,
ahol :

R keresztkorrelációs együttható két diversity-csatornán keletkező fadingre,

T_1, T_2 időtöredék, mely alatt az egyedi jelamplitudók előírt szint alatt vannak.

T időtöredék, mely alatt a két jel szimultán van az előírt szint alatt. $K = 1 (R = 0)$ független jeleket, $K > 1$ negatív korrelációt, $K < 1$ pozitív korrelációt jelent. Megjegyzendő, hogy pozitív korreláció (leggyakoribb

praktikus eset) diversity-erősítéscsökkentést jelent a negatív korrelációval szemben.

A fading térbeli struktúráját vizsgálva az időbeli struktúra korrelogramjának meghatározásánál tett meggondolások figyelembevételével

$$p(d) = e^{-d^2/2x^2},$$

ahol:

d — távolság

x — azon pontok közti távolság, melyeknél a fadingkorreláció 0,61-re csökken.

Polarizációs diversity és kettős térbeli diversity-rendszerek összehasonlítása az egyenlő *közepes — fading — korreláció* alapján történhetik. Mérési eredmények alapján meghatározható azon antennatérköz, mely mellett a közepes korreláció a polarizációs diversity rendszeresen mért közepes korrelációjával azonos. Például: ha a polarizációs diversity-rendszerben a korreláció 0,61, az ennek megfelelő térbeli diversity-antennaszétválasztás: X.

Általában a polarizációs diversity-rendszerrel elérhető erősítés az ultrarövidhullámú sávban egy kb. 300 m-es antennaszétválasztású kettős térbeli diversity-rendszerrel nyerhető erősítésnek felel meg. Megjegyzendő, hogy teljesértékű értékelést a két diversity-rendszer között adott hullámsávban és rögzített átviteli szakasz esetén csak mérési eredmények alapján lehet adni (fading-statisztika, kereszt-korreláció).

Csak kismértékű erősítésnövekedés érhető el, ha polarizációs diversity helyett szélsőségesen nagy antennaszétválasztású térbeli diversity-rendszert alkalmazunk.

Jó minőségű áramkörök létesítése polarizációs diversity-rendszerrel nagy keresztpolarizációs csillapítású antennákat igényel. A keresztpolarizáció okozta zaj-interferencia elnyomása realizációs nehézségekre vezet.

Praktikus kettős diversity-rendszerekkel 99% előírt hasznos idővel 10—14 dB javulás érhető el a nem-diversity-rendszerekhez képest.

Hazai kutatás

A mikrohullámú rádióösszeköttetések hazai kutatása első lépésként célul tűzte ki nagy kapacitású szélessávú rendszer kidolgozását, amely 3—3 szélessávú oda-vissza irányú csatornát tartalmaz. A berendezés a 4000 MHz-es frekvenciasávban működik, tervezett adóteljesítménye 5 W a haladóhullámú cső lineáris szakaszára vonatkoztatva.

A rendszer további 3—3 csatornával 6—6 csatornára bővíthető és az egyes szélessávú csatornákon átvihető telefoncsatornák száma eléri a 600 beszédcsatornát. Az összeköttetés első laboratóriumi modellje a Távközlési

Kutató Intézet és a tőle 89 km távolságra levő kékestetői relétorony közt létesült. Adásra és vételre egy antenna szolgál. A Távközlési Kutató Intézetben elhelyezett adó kb. 3600 MHz-en sugároz Kékestető felé. A kékesi reléerősítő a vett jelet kb. 3800 MHz-en sugározza vissza Budapest felé. Az ily módon létrehozott hurok jel/zaj-mérései, linearitásmérései és futási idő mérései folyamatban vannak. Az első laboratóriumi minta és a mérések tapasztalatai alapján 1958 végére épül meg a 3-csatornás elektromos minta, amely a BHG részéről elkészítendő prototípus alapjául szolgál. Terveink szerint a Beloiannisz gyár 1960-ban beinduló kis-sorozatgyártása már jelentős hazai igényeket tud kielégíteni. A végleges berendezések üzembehelyezése előtt a televíziós műsor országos viszonylatban való kiterjesztése céljából 1958 folyamán a Távközlési Kutató Intézet egyszerű kivitelű, televíziós jel átvitelére alkalmas mikrohullámú rádióösszeköttetéseket bocsát a Magyar Posta rendelkezésére.

HOZZÁSZÓLÁSOK

WINTER ERNŐ lev. tag.

A hírközlésnek mikrohullámok felhasználásával történő módja a híradástechnika legfiatalabb szakterülete, nem egészen 2 évtizedes múltra tekinthet vissza. Jelentősége most van kibontakozóban világviszonylatban és feladatunk, hogy a magyar híradástechnika tudományos és műszaki feladatait ezen a területen megállapítsuk.

Amit most mondani fogok, az a szakkörökben már ismert, ismétlését mégis szükségesnek tartom, mert az MTA nagygyűlésén elhangzottak nagyobb nyilvánosságnak szólnak, és egyik cél a tudományos közvélemény helyes irányban történő kialakítása.

A mikrohullámú rádióösszeköttetések lényege, hogy a továbbítandó információkat néhány centiméter hullámhosszúságú elektromágneses hullámok hordozzák és ezek, akár a fényhullámok, egyenes vonalban terjednek. Az egyenes vonalú terjedés következtében közbeeső állomásokat kell telepíteni és így a hírtovábbítás egymástól 50—100 km-nyire levő állomások láncolatán át történik. A hordozó mikrohullám energiája — mint az BOGNÁR GÉZA kartársam előadásából kiderül — minimális.

Ha a világ híradástechnikai ellátottságát behatóan vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy a híradástechnika ezen új ágának, a mikrohullámú rádióösszeköttetéseknek kifejlődése a jelenlegi időpontban szükségszerűnek, sőt sorsszerűenek tekinthető. Kis vagy közepes területű országok vezetékes hírközléssel való ellátása megvalósítható. Nem mondható ez el minden további nélkül az olyan óriási területű országokról, mint a Szovjetunió, Kína, India stb. Ezekben az országokban a szükséges vezetékhálózatok megvalósítása olyan óriási anyagmennyiségeket kíván, és az országok teherbíró képességét annyira igénybeveszi, hogy érezhetővé válik más megoldás szükségessége. A nehézségek kiküszöbölésére, ha nem is mai kivitelben, a mikrohullámú rádióösszeköttetések alkalmasnak látszanak.

Mai kivitelükben ui. a mikrohullámú állomások energiaszükséglete nagy, és ha ezt elektromos energia alakjában kívánjuk biztosítani, villamos vezetékek lefektetése szükséges. Ha a szükséges elektromos energiát helyben állítjuk elő, akkor pedig állandó üzemanyagutánpótlás kell. További fontos probléma annak a lehetőségnek a biztosítása, hogy a telepített közbeeső állomások állandó felügyelet nélkül is működőképesek legyenek.

Ha az említett és még néhány ma még belátható probléma megoldódik, úgy megindulhat a gazdaságilag visszamaradt országok híradástechnikai ellátottságának megjavítása és ez érzés szerint olyan nagy feladatot jelent, ami a világ híradástechnikai iparának foglalkoztatottságát nagyon hosszú időre biztosítani fogja. Ez annál is inkább így van, mert mint hallottuk, az országok közötti televíziós műsorcserét is mikrohullámú rádióösszeköttetések segítségével szándékoznak megoldani.

Ehelyütt kell a mikrohullámú rádióösszeköttetések kutatásának és fejlesztésének magyar vonatkozását érinteni. A híradástechnikai ipar legtöbb területén a kutatás és fejlesztés olyan költséges, hogy az túlhaladja országunk anyagi teherbíróképességét. Ezzel szemben a mikrohullámú rádióösszeköttetések, valamint a vákuumtechnika és félvezetők kutatása és fejlesztése magyar

adottságnak tekinthető. Részben azért, mert az utolsó hét év alatt jó képességű mikrohullámú gárda nevelődött és ez az 1956-os jelentős szakemberveszteségek ellenére még mindig ütőképesnek mondható. Másrészt pedig, mert a szakterület fiatalsága folytán a mi jó szakembereink számára tág tér nyílik új megoldások megvalósítására.

A mikrohullámú rádióösszeköttetések területe tehát Magyarország számára is, tudományosan is kilátásos. Érdemes tehát erőinket erre a területre koncentrálni. Szorítkozzunk azért más területekkel való tapasztalatcserére, licenciavásárlásra, és használjunk fel minden rendelkezésre álló erőt új, kimagasló eredmények elérésére a mikrohullámok területén.

Hogy milyen értelemben kell kimagasló eredményekre törekedni, az az előbb elmondottakból világos. Minimálisra kell szorítani az egyes állomások energiafogyasztását, törekedni kell azok állandó, felügyelet nélküli, megbízható működésének elérésére, lehetőséget kell keresni arra, hogy az állomások külső energia igénybevétele nélkül is működőképesek legyenek stb.

Az alaptudományokban az utolsó években elért eredmények, felismerések nem teszik kilátástalanná a vázolt célkitűzéseket. Itt elsősorban a szilárd testek fizikájának és technológiájának fejlődésére gondolok. Itt idézem a Bell-Laboratórium képviselőjének szavait egy európai konferencián, amely a mikrohullámú rádióösszeköttetések kérdésével foglalkozott:

„Elméleti és kísérleti kutatások segítségével a távközlési laboratórium ma quantitativ ismeretekre tett szert, az atomok rendjére és elrendezésére nézve szilárd testekben a villamos vezetés tekintetében; ki tud mutatni egy idegen atomot 100 milliárd saját atom mellett. Módszereket teremtett ilyen szennyezések mennyiségének ellenőrzésére mikroszínvonalon és azoknak elosztására ismert koncentrációkban a szilárd test meghatározott részeiben. Ez az alapvető lépés, mely közelebb visz az elektronika új korszakához."

A félvezetőkből készült elektronikus építőelemek tényleg csupa olyan tulajdonságokkal bírnak, melyek a korábban vázolt célkitűzések megvalósítását segítik elő. — Kisebb méretek, kisebb feszültségigény, sokkal kisebb energiafogyasztás az összes alkalmazási területeken, a napenergia jó hatásfokú átalakítása elektromos energiává a szilíciumos fényelemekben. Ismét idézem: „A tranzisztor felfedezése óta eltelt évtizedben a technológia elég szélességet és mélységet ért el ahhoz, hogy bőségesen bebizonyítsa, hogy az elkövetkező kérdésekben a szilárd test elektronikája a híradástechnikát majdnem kompletten fogja ellátni tudni elektronikus eszközökkel . . . "

Mindezt magunk is tudtuk és hangoztattuk, de miután senki sem próféta a saját hazájában, néha hasznos idegen tekintélyekre hivatkozni. Tisztában kell tehát lennünk azzal a ténnyel, hogy a szilárd testek kutatása és általában alapkutatások nélkül sem korszerű híradástechnikát, sem korszerű mikrohullámú berendezéseket nem fogunk tudni fejleszteni. Ezért kell megkönnyebbüléssel fogadni a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai Intézetének megalakulását, amely, ha kissé késve is, de lassan mégiscsak megkezdi működését, mint ez az osztálytitkári beszámolóból is kiderült.

Végezetül meg kell még emlékeznem a mikrohullámú rádióösszeköttetésekhez szükséges elektroncsövekről. Akármilyen perspektívikusak a félvezetőkből készült elektroncső-eszközök, jelen pillanatban mikrohullámú energiát előállítani és erősíteni csak elektroncsövekkel tudunk. A szélessávú átvitelt lebonyolító mikrohullámú rádióösszeköttetések frekvenciamodulációval dolgoznak. Ez a körülmény és a nemzetközi megállapodásokban foglalt követel-

mények szabják meg a felhasznált mikrohullámú elektroncsövekkel szemben támasztott követelményeket. A berendezésekben végeredményben reflexklisztronokra és haladóhullámú csövekre van szükség. Az előbbiek végzik a frekvenciamodulációt, míg a haladóhullámú csövek az adók végfokozatát képezik. A már említett nemzetközi követelmények kielégítése szükségessé teszi, hogy a haladóhullámú cső a lineáris tartományban 5 watt mikrohullámú teljesítményt szolgáltasson, 35 decibelt erősítsen s emellett fogyasztása minimális legyen.

A reflexklisztronnal szemben támasztott követelmények kb. 100 mW kimenőteljesítmény, nagy modulációs meredekség, kis zaj, kis torzítások, frekvenciaállandóság a hőmérséklet függvényében.

A mikrohullámú rádióösszeköttetések céljára szolgáló berendezések fejlesztése szorosan összefügg az említett mikrohullámú elektroncsövek kutatásával és fejlesztésével. A berendezés jóságát és korszerűségét nagymértékben a benne felhasznált csövek tulajdonságai szabják meg. Amikor tehát híradástechnikai iparunk központi kutatási és fejlesztési kérdéseivé a mikrohullámú rádióösszeköttetések fejlesztését tesszük, nem szabad megfeledkeznünk a mikrohullámú elektroncsövek kutatási lehetőségeinek kellő mértékben történő biztosításáról sem.

Mikrohullámú csőkutatás jelenleg is folyik Magyarországon a Távközlési Kutató Intézet 2. sz. Lab.-ában. Kidolgozásra került a közelmúltban több reflexklisztron és egy haladóhullámú csőtípus. Kidolgozás alatt vannak a Bognár kartárs előadásában jelzett berendezés végleges csőtípusai. Bognár akadémikus előadásában „hazai kutatás" címszó alatt említett Budapest-Kékestető-Budapest között felállított berendezés Magyarországon kifejlesztett és készített klisztronnal és haladóhullámú csővel dolgozik. Előbbi megjegyzésem arra vonatkozik, hogy a kitűzött cél elérése végett a mikrohullámú csövek kutatási lehetőségeit bővíteni kell.

SÁRKÁNY TAMÁS

Egy aprósággal szeretném kiegészíteni azt, amit Bognár akadémikus a mikrohullámok terjedési viszonyairól mondott. Az említett és képekben bemutatott berendezéssel és az ahhoz kifejlesztett mérőműszerekkel érdekes mérést végeztünk a Távközlési Kutató Intézetben. Ezt röviden ismertetem. Előre hangsúlyozom, hogy a mérés inkább elméleti, mint gyakorlati érdekességű.

Arról van szó, hogy az említett Budapest—Kékes és vissza útvonal terjedési idejét mértük, amely a 170 kilométeres úthossznak megfelelően körülbelül 500—600 mikroszekundum nagyságrendű. Ennek a terjedési időnek rendkívül kismértékű ingadozását sikerült igen nagy pontossággal kimutatni. Nevezetesen arról van szó, hogy megfelelő futási-időmérő berendezéssel, amely nanoszekundumos időtartam mérésére alkalmas, azt a jelenséget rögzítettük, hogy ez a terjedési idő, amely 500—600 mikroszekundum értékű, kismértékben, körülbelül ezrelék nagyságrendben ingadozik néhány száz nanoszekundummal 2—3 perces periódusokban, nyilván annak megfelelően, ahogy a légköri viszonyok ingadoznak, tehát ahogy különböző törésmutatójú, hőmérsékletű levegőrétegek keverednek a terjedési útvonal mentén. Természetesen a műsor beérkezése szempontjából az ilyen kismértékű ingadozásnak gyakorlati jelentősége nincs. Arra gondolunk, hogy a mikrohullámok terjedési

vizsgálatánál az abszolút bemenő szintingadozást az ilyen fázismérés hasznosan kiegészítheti és esetleg bizonyos meteorológiai vonatkozásban is hasznosítható az ilyen módon nyert eredmény.

MAGYARY ENDRE

Szeretném megkérdezni kiváló előadónktól, hogy 1937/38-ban — amikor még együtt dolgoztunk ezeken a tématerületeken — bejelentett szabadalmam a többcsatornás hasonló célú átvitelekkel kapcsolatban valamilyen módon nyilván van-e tartva és értékét a mai gyakorlat szemszögéből nézve nem lehetne-e esetleg megint vizsgálat tárgyává tenni. Ennek a berendezésnek az az előnye, hogy minden teljes leszerelés és megint visszaszerelés nélkül tetszés szerint ki lehet venni belőle egyes csatornákat. Nem kellene-e a magyar viszonyok szempontjából ismét vizsgálat alá venni ezt az elgondolást?

BOGNÁR GÉZA lev. tag.

Winter akadémikus kiegészítette előadásomat a mikrohullámú elektroncsövekre vonatkozó kutatási eredmények ismertetésével, ami szorosan hozzátartozik a mikrohullámú szélessávú rádióösszeköttetések fejlesztéséhez.

Azzal kapcsolatban, amit SÁRKÁNY kollégánk mondott, megvallom őszintén, hogy az első pillanatban a magam részéről a mérőberendezésre gyanakodtam, hogy ott mutatkoznak ezek a bizonyos nanoszekundumos ingadozások, de kétséget kizáróan be tudták bizonyítani, hogy ezek külső atmoszférikus hatásból erednek. Mint SÁRKÁNY kollégám is mondotta, ez az összeköttetés minőségét egyáltalában nem befolyásolja, a pár nanoszekundumos ingadozás teljesen közömbös az összeköttetés szempontjából.

Emlékezetem szerint időosztásos rendszer volt az, amivel MAGYARY kollégám 1937/38-ban kísérletezett. Erre vonatkozó munkái időosztásos rendszerben lennének hasznosíthatók. Annak idején ezt a kérdést mikrohullámú szempontból nem gondoltuk át. Azt hiszem, hogy ebből a szempontból az egész kérdést újból fel lehetne vetni, újra át lehetne gondolni. Azonban a fejlődés irányaiból és a magyarországi helyzetből úgy látjuk, hogy az időosztásos rendszerek jelentősége egyre csökken. Ma már ilyen klasszikusnak tekinthető impulzus-helyzetmodulációs rendszerek a postaforgalomban gyakorlatilag sehol a világon nincsenek. Talán egy példát tudott erre BATTISZTIG kollégánk felhozni: egyedül Svájcban használnak a postaforgalomban időosztásos rendszert. Itt sok olyan szempont merül fel, ami az általános fejlődési irány ellen hat. Az időosztásos rendszer információkapacitás-kihasználása kedvezőtlenebb, mint a frekvenciamodulációs rendszereké. Ez az egyik ok. A másik ok, hogy a frekvenciamodulált rendszereknek megvan az a hallatlan előnyük, hogy egyszerűen szélessávú kábelként használhatók, és a külföldi szakirodalomban éppen a frekvenciamodulált rendszereket gyakran Hertz-kábelnek nevezik. A Hertz-kábelre ugyanazokkal a frekvenciamultiplex-rendszerekkel közvetlenül lehet csatlakozni, amelyeket a posta szabványosan akár a szélessávú rendszerben, akár az egyéb Dieselhorst-rendszerű kábelben alkalmaz. De mégis javaslom, hogy mivel 1937/38-ban — ha gondolt is MAGYARY kollégánk mikrohullámú alkalmazásra — e terület szűk volta miatt ezt ilyen szempontból akkor átgondolni nem lehetett, tehát szabadalmának kérdését ebből a szempontból véleményem szerint újra elő lehetne venni.

MAGYARY ENDRE

Kiegészítésül legyen szabad megmondanom, hogy az ilyen módon összeállított áramköri felépítés egyúttal magának a mikrohullámnak előállítására is szolgál, amint az szabadalmamba le van fektetve, tehát egyidejűleg mindkét funkciót tudja végezni. Ebből a szempontból külön szeretném, ha mód lenne a kérdés megvizsgálására.

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója Műszaki felelős: Farkas Sándor
A kézirat nyomdába érkezett: 1958. III. 10. — Terjedelem: 8,75 (A/5) ív, 39 ábra, 1 melléklet

45073/58 — Akadémiai Nyomda Budapest — Felelős vezető: Bernát György

Ára: 20,— Ft

TARTALOMJEGYZÉK

Geleji Sándor osztálytitkár: Beszámoló az MTA Műszaki Tudományok Osztályának munkájáról az MTA 1957. évi nagygyűlésén 279

Hozzászólások

Verő József 300
Bognár Géza 300
Széchy Károly 302
Hevesi Gyula 304
Geleji Sándor válasza 306
Verő József zárszava 307

Széchy Károly: Csőcölöpökkel végzett kísérletek 309

Hozzászólások:

Kézdi Árpád 335
Biczók Imre 337
Széchy Károly válasza 340

Gillemot László: A kontrakciós munka mint anyagjellemző 343

Hozzászólások:

Fáy Csaba 364
Gillemot László válasza 364
Réti Pál 365
Boczor Ede 365
Vassel K. Róbert 365
Gillemot László válasza 365

Bognár Géza: Mikrohullám rádióösszeköttetések 367

Hozzászólások:

Winter Ernő 374
Sárkány Tamás 376
Magyary Endre 377
Bognár Géza válasza 377
Magyary Endre 378