

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

VII. KÖTET 1—3. SZÁM

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA  
VII. KÖTET 1-3. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., NÁDOR-UTCA 12.  
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-u. 12.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

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

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

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

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Nádor-utca 12.



# ERŐSÍTSÜK A BÉKE FRONTJÁT\*

HEVESI GYULA

Az imperializmus háborús törekvéseivel szemben, amelyet a gazdasági válság elől való menekülés és a háborúval kapcsolatos milliárdos nyereségek mozgatnak, csak reális erőt lehet szembeállítani. A tőke nem ismer el semmiféle erkölcsi törvényt, az érzelmekre, vagy akár a józan észre való apellálást sem. A monopóliumok urai csak két dolgot ismernek el, a pénzt és az erőt és az a vesztük, hogy ezt a kettőt azonosítják. Az ő erejük a pénzeszsák ereje. Pénzért Adenauertől Titóig mindenütt vásárolhatnak hazaárulókat, sztrájkokat leverő szakszervezeti vezéreket, akik a munkásmozgalmat üzletnek tekintik; de pénzért lelkesen gyilkolni, csak az emberiség söpredéke fog. Ezért kell nekik a náci hadsereg helyreállítása, de a zsoldosok, akiket a nyomorúság, az éhhaláltól való menekülés vitt a hadseregbe, vagy a proletártömegek, akiket meggyőződésük és érdekeik ellenére hazaárulók mozgósítottak — ezek fegyvereire nem tulajdonképpen építheti jövőjét az imperializmus. Az ettől való rettegés rejlik tulajdonképpen Fechteler tábornok most publikált titkos jelentése mögött, aki még angol burzsoa partnereiben sem mer megbízni.

Nem túlságosan szilárdan építheti jövőjét az imperializmus a pénzért megvásárolható és óriási összegeken meg is vásárolt tudományra sem. Sokakban megvan a hajlandóság arra, hogy túlbecsüljék az amerikai tudomány jelentőségét, amelyet az amerikai monopóliótőke, a hitleri kifejezéssel élve, totálisan militarizált és sok milliárdos összegekkel állított a maga szolgálatába. Itt is az erőviszonyok reális mérlegeléséből kell kiindulni, vagyis abból, hogy milyen a pénzért megvásárolt, csak a pénzért dolgozó és a tőke érdekeit szolgáló tudományos munka határfoka, és milyen tudományt tudnak ezzel szembeállítani a béke erői, mire képes ezzel szemben a szocialista tudomány, és elsősorban a Sztálin vezette élenjáró szovjet tudomány. Az erőviszonyok itt is ugyanolyanok, mint egy zsoldos hadsereg és egy hazáját védő önkéntes hadsereg között, amely hozzá még számbeli fölényben is van.

Mint arra már Marx élesen rámutatott, a tőke a tudományt csak annyiban fejleszti és eredményeit csak annyiban realizálja, amennyiben azt a maga

\* Kivonat a Magyar Tudományos Akadémia 1952. május hó 21-i békegyűlésén tartott előadásból.



profit-érdekei közvetlenül megkövetelik. Mégis a szabad verseny korát, amikor a kapitalizmus még felfelé ívelt, a szó régi polgári értelmében a »szabad tudomány« korának is nevezhetjük, amikor a kutatás még nagymértékben egyes vállalati érdekektől függetlenül is folyhatott, habár sok tekintetben rá volt utalva a gazdag emberek jótékonyására. A monopólikapitalizmus kialakulásával egyidejűleg megkezdődik a tudományos kutatás centralizálása a nagy trösztök és vállalatok keretében. Az USA-ban jelenleg több mint 70%-a a kutatólaboratóriumokban foglalkoztatott tudományos és műszaki munkacrőnek mintegy 50 nagy tröszt szolgálatában áll; a többiek az egyetemek és a speciális katonai intézmények laboratóriumaiiban dolgoznak. Az egyetemi kutatás azonban szintén teljesen a monopólió szolgálatában áll, miután ezeket a gazdag tőkésék úgynevezett jótékonyági alapítványaiából finanszírozzák. Ezzel szemben 150 000 ipari vállalatnak semmiféle laboratóriuma nincsen. Nyilvánvaló, hogy a kutatásnak ilyen centralizálása, a korszerű kutatási eszközöknek monopolisztikus birtoklása a nagy trösztök keretében, meghatározza a kutatás irányát és kereteit is. Üres illúzió itt tehát már bármilyen értelemben is a tudomány szabadságáról beszélni.

A tudomány ilyen monopolizálása rendkívül rontja a kutatómunka hatásfokát. Az erők jelentékeny részét olyan szabadalmak kidolgozására fordítják, amelyeket, bármennyire legyenek is használhatók, szándékukban sincs alkalmazni; másik részét pedig olyanokra, amelyekkel a technika fejlődését esetleges konkurrensaiknél kívánják lehetetlenné tenni.

A Bell Telefonsaság például 5 000 szabadalom realizálását tartja vissza, amelyek a jelenlegiekénél sokkal tökéletesebb automata központok gyártását tennék lehetővé, ha a tröszt hajlandó lenne a haladás érdekében eddigi beruházásait feláldozni.

A General Electric Co. mintegy 40 évre visszatartotta a lumineszcensz lámpák gyártását és bevezetését. A rádiótechnikában óriási haladást jelentő frekvencia-modulációs rendszert, amelyet szovjet tudósok elméleti munkái alapján Edwin Armstrong még 15 évvel ezelőtt kidolgozott és annak alkalmazhatóságát és előnyeit gyakorlatilag is megmutatta, a mai napig elfojtották a nagy rádiótársaságok; pedig Armstrong maga is jelentős tőkével rendelkező kapitalista volt, aki megpróbált szembehelyezkedni a monopóliumokkal. Ez azonban neki sem sikerült. A tudományos és műszaki haladás eredményei visszatartásának számtalan hasonló példáját sorolhatnók itt fel, aminek következményeit talán legjobban az a tény jellemzi, hogy az amerikai szénbányászatban a nehéz testi munkának 82, az építőiparban 78%-a még mindig nincsen mechanizálva, és a déli államok nagyolvasztóit nem látják el semmiféle automatikával, vagy gépi segédberendezésekkel, mert a munkaerő kizsákmányolása nagyobb profitot biztosít, mint a technikai vívmányok alkalmazása.

Ugyanakkor az illegálitásban tartott, úgynevezett »fekete« laboratóriumok egész légiója foglalkozik azoknak az eredményeknek tervszerű »tudományos«



lerontásával, amelyeknél a tényleges kutatás a monopóliumok profit-érdekei szempontjából túlságosan előreszaladt. Így például a legális kutatás létrehozott egy műanyagot a repülőgépgyártás számára, amely azonban kitűnően használható lett volna a fogtechnika céljaira is. A »fekete laboratórium« kidolgozta azt a gyártási eljárást, amely a műanyagot erre a célra használhatatlanná tette. Ugyanez történt pl. az ú. n. monestral-festékekkel is, amely eredeti formájában nemcsak fának a lakkozására — amire kidolgozták — de kitűnő olcsó textilfestékként is használható lett volna. Így azonban le kellett volna mondani a textilfestékekkel szerzett extraprofit jelentős részéről. Erre ismét a »fekete laboratórium« feladata volt a monestralt úgy átalakítani, hogy az a textilanyagot tönkre tegye, a bőrön gyulladásokat okozzon, emellett azonban fapari lakként még használható maradjon.

Ilyen módon az amerikai tudomány még a második világháború előtt a monopólióktól feltétlenül kiszolgáló zsoldos tudományá vált. A második világháború után ez a zsoldos tudomány prostituált gengszter tudományá züllött, amely nemcsak az alkalmazását, de belső fejlődési mechanizmusát és erkölceit illetően is együtt rothad az amerikai monopolkapitalizmussal. Ennek a rothadásnak tüneteire nemcsak egyes haladó amerikai tudósok mutatnak rá, de gyakran írnak erről az éppolyan rothadt tudományos szakajtóban is. Kimutatták például azt, hogy az atombomba gyártására mozgósított legkiválóbb tudományos erők tömege valójában egyáltalában nem viszi előre magát az atomkutatást. Munkájuk teljesen szétforgácsolódik a technológia aprólékos részletkérdéseiben, amelyek a hadvezetőség számára százszorta fontosabbak a természet titkainak további megismerésénél. A kutatást továbbvinni képes új káderek pedig nem képződnek, aminek az oka már az elemi és középfokú oktatás hallatlan lezüllesztésénél kezdődik, ahol egy tanító vagy középiskolai tanár fizetése jóval alacsonyabb egy utcaseprő vagy tejkihordó kereseténél. A kutatás legfőbb irányítói bankárok és tábornokok, akiknek semmi közük a tudományhoz és semmit sem értenek hozzá. Ez a »szakirányítás« behatol az egész rendszerbe és ezért rendkívül elburjánzott a csak laikusok megtévesztésére szolgáló mindenemű álkutatás, mindennemű hangzatos és mutatós címeiken, de minden tudományos megalapozottság és célszerűség nélkül. Ezzel magyarázza pl. az Electronics (1951 dec.) c. lap azt, hogy a híradástechnika terén a legutóbbi években elért eredmények nem állnak semmiféle arányban a ráfordított kutatómunka mennyiségével.

Lehet-e másnak, mint prostituált gengszter-tudománynak nevezni azt a tudományt, amelynek legfőbb, kizárólag a háború szükségességének igazolását célzó világnézeti, hogy ne mondjam »filozófiai« összefoglalója a Hitlerék által feltámasztott malthuszi túlnépesedési elméletnek még további fejlesztése és általánosítása.

Ezt az otromba, emberiség-ellenes elméletet már a tudomány akkori ismereteinek alapján Marx és Engels alapjaiban megcáfolták és nevetségessé tet-



ték. »Nevetséges túlnépesedéstről beszélni — mondotta Engels — amíg a Missziszipi völgyében még elég hely lenne egész Európa népessége számára, amíg a földterület alig 1/3-a van megművelve, s amíg ennek az 1/3-nak is a termelékenysége hatszorosára lenne fokozható, csupán a közismert meliorációs módszerek alkalmazásával«. A tudomány — mondja továbbá Engels — legalább is nem kevésbé gyorsan nő, mint a népesség. A népesség a mindenkor élő nemzedék számának arányában nő — a tudomány azonban az összes előbbi nemzedékek felgyülemlett tudásával arányosan halad előre és így még a legközségesebb körülmények között is geometriai arányban. És mi lehetetlen a mai tudomány számára? Engelsnek ezt a nagyszerű meglátását ma már a szovjet tudomány és a szovjet népgazdaság megdönthetetlen, sőt még az ENSZ legutóbbi gazdasági jelentéséből is világosan kitűnő tényekkel bizonyítja. Világosan mutatják a statisztika adatai, hogy a Szovjetunióban a Micsurin-Liszenko-Wiljamsz-féle földművelési elvek alapján az óriási öntözési és erdősítési munkálatok és a kommunizmus természetátalakító építkezései mellett a föld termelékenységének növekedése messze túlhaladja a népszaporulatot, holott ez viszonylag a legnagyobb az egész világon. De mi köze a tudomány amerikai gengsztereinek a tényekhez és az igazi tudomány megállapításaihoz?

Pearson és Harper egyetemi tanárok 1946-ban »Világéhség« című könyvükben kimutatták, hogy a föld lakosságának optimális száma 900 millió ember, s ezért a másfélmilliárd felesleget valami módon el kell tüntetni. Megállapítják, hogy ennek legalkalmasabb eszközei a háborúk, a ragályos betegségek és az éhség. Sajnálattal mutatnak rá, hogy vannak törekvések ezeknek a korlátozására, s így ezeknek helyettesítésére más alkalmas módszereket kell találni. Ha azonban ez nem sikerülne, úgy csak »pusztító háborúk menthetik meg az emberiséget. Ugyanez a Pearson egy másik »tudóssal« Don Pearlberg-el egy újabb könyvet írt »Éhség — Igazság« címmel. A könyv célja az volt, hogy megindokolja az amerikai Nemzeti Ipari Szövetség javaslatát 3—4 millió farmergazdaság kiküszöbölésére az Egyesült Államok mezőgazdaságából. Arra a kérdésre, hogy mi történjék ezzel a 3—4 millió feleslegessé vált családdal, a könyv szerzői az emberevésre való áttérést javasolják, mint a népesség legkitűnőbb alkalmazkodási módját a csökkenő élelmiszerkészletekhez. A következőket olvassuk ebben az undorító nyomtatványban: »a kannibalizmus az élelmiszerellátás alkalmazkodása volt a népességhez, és egyidejűleg a népesség alkalmazkodása az élelmiszerellátáshoz. Az emberevés az élelmezési viszonyok javításához vezet. Történelmi szempontból nem lehet ezt a körülményt meg nem állapítani, ha egyesek nem is tartják illendőnek erről a kérdéstről nyilvánosan és jó társaságban beszélni.«

Azt hihetnők, hogy ez a könyv valamely örültek-házának kiadványa, idegorvosok számára. Valójában azonban az egész amerikai burzsoá-tudományt és annak képviselőit tükrözi a maga állati lesüllyedtségében. Ehhez az összefoglaló kannibál-elmélethez csatlakoznak az ugyancsak Hitlertől átvett

fajvédő elméletek, amelyek hivatva vannak az amerikai faj fölényét és más fajok feletti uralkodási jogát biztosítani. Ennek a tudománynak egész sor mellékága van, mint amilyen például az eugenetika is. Egy ilyen eugenetikuss Leon Witny »A sterilizáció indokai« című könyvében legalább 10 millió amerikai sterilizálását javasolja, miután szerinte az embrionális plazma csak az első amerikai gyarmatosítóknál volt fajtatiszta, de a bevándorlók sok káros génnel szennyezték, ami a nemzet elfajulásához vezet. Bármennyire hihetetlennek látszik is, tény az, hogy ezen örült elméletek nyomán ma több, mint 30 amerikai államban törvényt hoztak a kötelező sterilizációról, amit elsősorban politikai ellenfeleikre és a dolgozók elleni barbár represszióként alkalmaznak.

A társadalmi- és természettudományok valamint a műszaki tudományok minden területén kimutatható az amerikai tudomány ilyen határtalan lezüllése és rothadása. A legmeztelelenebbül és a legvisszataszítóbban ez az orvostudomány és a biológia terén mutatkozik. Ezt az emberi élet meghosszabbítását célzó leghumánusabb tudományt a fejé tetejére állítva, a tömegvilkosság, betegségek előidézésének, ragályok minél hatályosabb terjesztésének eszközévé változtatták.

Az amerikai orvostudomány és orvosi gyakorlat még az előbbi normálisnak nevezhető időkben is üzlet volt, nem pedig humanista tevékenység. Még az 1940-ben Washingtonban kiadott hivatalos egészségügyi jelentés is elismeri, hogy az amerikai nép orvosi ellátása a gazdagok jótékonyaságától függ s hozzáférhetetlen a vagyontalanok számára. A jelentés szerint évente 325 000 ember hal meg csupán a megfelelő orvosi segítség hiánya miatt. Az orvosi tevékenység üzleti jellege hallatlanul megdrágítja és sokszor veszélyessé is teszi az orvosi szolgálat igénybevételét. Teljesen elfogadott és ezen nem is ütközik meg senki, hogy az orvos províziót kap a gyógyszerésztől, a rendelőorvos a sebésztől, vagy akármilyen más specialistától, akihez betegét konzultációra küldi. Némi botrányt csak az okozott, amikor 4 000 szemorvos legutóbb kollektív szerződést kötött az amerikai optikai tröszttel, amelynek alapján minden szemüveg után bizonyos összeget kap, s a tröszt ennek megfelelően azonnal fel is emelte a szemüvegek árát. Az, hogy óriási reklámot csapnak ki nem próbált gyógyítási metódusnak és haszontalan, vagy egyenesen káros gyógyszereknek, még szintén egészen normális amerikai business. Az orvosi praxisnak ez az üzletszerűsége és kapzsisága azonban a legsúlyosabb büntényeket is rendszeressé és tömegessé tette az egészségügyi szolgálatban. Az amerikai sajtó nem ritkán ad hírt úgynevezett orvosi kartellekről, valójában gengszter-szervezetekről, amelyeknek célja a betegségek meghosszabbítása, sokszor egészen súlyos, teljesen felesleges operációk és egyéb manipulációk útján. Ezek rendkívül elterjedtek, és Baldwin haladó amerikai professzor megállapításai szerint egyes városokban az operációk 90%-át ilyen bandákhoz tartozó sebészek végzik. Hallatlanul korrumpálják az orvosi gyakorlatot a gyógyszer-monopóliumok. Davis tanár »A kapitalizmus és kulturája« című könyvében számtalan adatot hoz fel beteg, sőt egészséges

emberek rendszeres megmérgezéséről, veszélyes anyagokat tartalmazó, úgynevezett patent gyógyszerek útján. Ugyancsak Davis közöl egy esetet több-százezer ampulla kiselejtezett és életveszélyesnek minősített aether forgalomba hozataláról, amelynek gyártóit csak számos haláleset után ítélték el 200 dollár pénzbírságra. Lehet-e csodálkozni azon, ha ezen a táptalajon az amerikai monopol-tőke korlátlan számban talál banditákat az orvosok és biológusok között, akik vállalkoztak a népek tömeges gyilkolására szánt baktériumgyárak szervezésére, azok megfelelő technológiájának kidolgozására. Még 1941-ben küldte ki Smithson államtitkár kérésére az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Akadémiája egy orvosokból, biológusokból és vegyészekből álló bizottságát azzal a feladattal, hogy vizsgálják meg a baktérium-fegyver gyártásának lehetőségét. E bizottság tevékenysége alapján fogtak hozzá 1944-ben a baktériumgyárak felépítéséhez. Camp Detrickben, Washington mellett, volt a kutatási központ, amelynek már 1946-ban 3 900 alkalmazottja volt és ennek irányítása mellett épültek fel nemcsak az Egyesült Államokban, de az amerikai biológiai háborús bizottság (United States Biological Warfare Committee) hivatalos jelentése szerint, Angliában és Canadában is a baktérium-gyárak. Ezek teljesítőképességét természetesen szigorú titokban tartják, de következtethetünk erre a chabarowski-per alapján a hasonló japán baktérium-üzemek termeléséből. A 731. számú japán gyár egy termelési ciklusban, amely mindössze néhány napig tartott,  $4 \cdot 10^{16} = 40$  millió milliárd baktériumot termelt; havonta 300 kg pestis, 8–900 kg lépfene és mintegy 1 tonna kolera-baktériumot állított elő. Rosberry-nek, az előbb említett akadémiai bizottság egyik tagjának még 1949-ben megjelent »Béke vagy pestis« című könyve, amelyben legrészletesebben leírja a baktériumháború stratégiáját és elméletét, megcáfolhatatlanul leleplezné az amerikaiak bűnösségét a baktériumháború előkészítésében még akkor is, ha azt már számos kompetens nemzetközi bizottság és maguk az elfogott amerikai repülőök vallomásai meg nem állapították volna.

Ilyen a mai imperializmus szolgálatában álló tudomány a zsoldosok, a prostituáltak, a gengszterek, az emberevők tudománya, amely ellen egyre éle-  
sebben emelik fel tiltakozó szavukat a nyugati országok üldözött és minden eszközzel háttérbe szorított tudósai is. És ez a tudomány merészel gondolni arra, hogy szembehelyezkedjék azzal a tudománnyal, amelyet a szocializmus és kommunizmus építése lelkesít, amelynek alapjai mélyen a népben gyökereznek, amely az emberiség jobb jövőjéért küzdve éppolyan merészen hatol be labora-  
tóriumaiban a természet titkaiba, mint amilyen bátran szívja magába a dolgozók millióinak tapasztalatait. Ez a tudomány, amelynek talaja a dialektikus materializmus, amelynek erejét megsokszorozza a szocialista tervszerűség, s amelynek élén olyan lángeszű vezér, mint Sztálin áll, csodákat művelt, — azaz csodának csak az ellenség számára látszott — a második világháború idején, megteremtve a szovjet hadsereg műszaki tudományos fölényét, kivétel nélkül az összes fegyvernemekben. Ilyen »csodával« találta magát szemben a háború



után az amerikai gengszter-tudomány, amikor fejvesztetten kellett visszavonulnia a maga örült atom-monopolium propagandájával, midőn a new-yorki szeizmográf hirtelen kilengése jelezte, hogy ennek a mesének vége. Amiről ők saját tapasztalatukból ítélve azt hitték, hogy a szovjet tudománynak legalább 6 évre lesz szüksége, azt a szovjet tudósok két év alatt megvalósították és semmi kétségük sem lehet felőle, hogy ma már messze az amerikai tudomány előtt járnak.

A szovjet tudományt nem részesíthetik semmiféle meglepetésben sem az amerikai atomiparosok, sem a pestisgyárak bolhatenyésztői.

Büszkeséggel tölt el bennünket az a tudat, hogy a mi tudományunk is a lenini-sztálini szovjet tudomány nyomában és nagy baráti segítségével haladhat előre. Országunk dolgozói helyesen fogják fel feladataikat a békéért való harcban, midőn a gyárakban, bányákban, a földeken nagyszerű munkateljesítményekkel fokozzák a termelést, erősítik a népgazdaságunkat és védelmi felkészültségünket.



# A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK ELSŐ FÉLÉVI MUNKÁJÁRÓL

## I.

A tavalyi nagygyűlés óta eltelt fél év alatt az Osztály munkája további lényeges fejlődésen ment keresztül. E közlemény keretében ezzel kapcsolatban csupán két fő kérdéssel kívánok részletesebben foglalkozni, amelyek az Osztályt, a maga állandó jellegű feladatainak rendszeres ellátása mellett, e félév folyamán különösképpen foglalkoztatták és amelyek műszaki tudományaink további fejlesztése szempontjából különösen fontosak. Az egyik ilyen kérdés az Osztály tudományos munkájának szervezeti átépítése a bizottsági munka messzemenő szakosítása útján, aminek sikeres végrehajtását, mint már az eddigi eredmények is mutatják, igen jelentős haladásnak kell tekinteni. A másik a műszerellátás kérdése. Kutatóintézeteinknek műszerekkel és a kísérletekhez szükséges speciális készülékekkel való ellátása terén mindeztideig súlyos hiányosságok és nehézségek álltak fenn, amelyek a kutatási terveinkben előírányzott feladatoknak népgazdaságunk megkövetelte határidőkre való végrehajtását számos esetben komolyan veszélyeztették. Ezért ezzel a kérdéssel Osztályunk Vezetőségének és különösen Műszerbizottságunknak igen behatóan kellett foglalkoznia. Az általa kidolgozott javaslatok alapján fontos kormányzati intézkedések történtek, amelyek végrehajtása jórészt az Akadémiára, illetve a Műszaki Tudományok Osztályára hárul. Remélhető, hogy az intézkedésekkel kapcsolatban a műszerellátás és a speciális kísérleti készülékek egyedi gyártása lényegesen javulni fog.

Ami az Osztály átszervezését illeti, ezt mult évi munkánk tapasztalata elkerülhetetlenül szükségessé tette, miután főbizottságaink a hozzájuk tartozó szakterületek szélességénél és heterogén jellegénél fogva nem voltak képesek a kellő alapossgággal foglalkozni a speciális szakismereteket követelő tudományos problémákkal. Ugyanakkor túl voltak terhelve az Osztály állandó jellegű feladataival, mint aminők a kutatási tervek felülvizsgálata, az intézetek és tanzékek tudományos munkájának ellenőrzése, a rendezvényekkel, az aspirantúráképzéssel, irodalom-kiadással, ösztöndíjasokkal kapcsolatos és még sok más, az Elnökségtől, vagy külső szervektől elénk állított egyéb feladatokkal. Túlterhelt-

ségük következtében ezeket a feladatokat sem láthatták el kielégítően. Mint ismeretes, a messzemenő szakosítás útjára igen óvatosan kellett áttérnünk; az osztályon belül is sok vita volt e lépés célszerűsége kérdésében. Egy ilyen nagy aktívának az Akadémián belül való megszervezése veszélyeztethette volna az akadémiai munka színvonalát, ha nem tudjuk az Osztályvezetőség részéről a nagyszámú létesítendő új bizottság egységes irányítását és tervszerű munkáját biztosítani. A már a múlt év elejétől működő kohászati szakbizottság, valamint a múlt év utolsó negyedében kísérletképpen létesített Gépészeti Szakbizottságok tapasztalata azt mutatta, hogy az ezzel kapcsolatos nehézségek leküzdhetők és hogy a tudományos munkának valóban akadémiai színvonala csakis ezen a szakosításon keresztül érhető el. Ma már bizonyítja ezt e tapasztalatok alapján létrehozott új szakbizottságok túlnyomó részének munkája is. Jelenleg 63 szakbizottságunk működik és nem mondhatjuk azt, hogy ez már végleges szám lenne, mert még mindig felmerül egy-egy újabb speciális bizottság létesítésének szükségessége. E bizottságokban mintegy 460 főnyi olyan új kádert vontunk be az Akadémia munkájába, akik eddig távol álltak ettől. Igen jellemző a szakbizottságok viszonylagos összetétele is: 14% köztük az egyetemi és műegyetemi kutató, 20% az ipari kutató, 33% az üzemi szakember és további 33% a minisztériumok, tervhivatal, tervező irodák és más intézmények műszaki vezető kádereiből kerül ki. Mint ez a statisztika is mutatja, a bizottságok összetétele különösen az elmélet és gyakorlat összekapcsolása szempontjából igen eredményesnek tekinthető. Ebből is fakad jórészt a bizottságok operatív munkakészsége.

Az Osztály munkájának a szakosítás következtében észlelhető fellendülését elsősorban a következő tények jellemezhetik: A tudományos problémák előtérbe kerülése a bizottságok munkájában, habár még nem beszélhetünk azok túlsúlyba jutásáról, ami kétségkívül kívánatos lenne. Több mint 80 akadémiai témával foglalkoznak bizottságaink, közöttük mintegy 20 olyanval, amelyek szocialista fejlődésünk jövője szempontjából is igen nagy jelentőségűek. 60 szakbizottságra elosztva ez nem tekinthető soknak és nyilvánvaló, hogy egyedül főbizottságaink, e szakbizottságok nélkül csak igen felületesen foglalkozhattak volna velük. A dunai vízierőmű kérdése, kalorikus energiatermelésünk fejlesztési kérdései, kezdve a szénbányászat problémáitól, kazántípusaink és azok gyártásának tökéletesítéséig, az országos vízgazdálkodás problémái, a karsztvízkérdés, vaskohászatunk fejlesztési irányai és több más hasonló nagyjelentőségű kérdés körül igen kiterjedt komplex tudományos munka indult meg, amelyek számottevő reális eredményekkel bíztatnak. Ha egyes szakbizottságaink programját és tevékenységét külön is vizsgáljuk, mint ahogyan az most az osztályvezetőségi üléseken megtörténik, úgy ezek nagy részénél is már számos fontos kezdeményezést látunk a szakma legjelentősebb problémái előbbrevitelére.

A tudományos munka ilyen messzemenő szakosításának egyik legnagyobb előnye az, hogy egyidejűleg nagyon megkönnyíti a legnagyobb jelentőségű,



számos szakterületet érintő komplex kérdések beható kimunkálását is. Az erre a célra létesülő komplex bizottságainknak ugyanis ilyen módon megvan a lehetősége arra, hogy a kérdés minden egyes részletét az illetékes szakbizottságokban kidolgoztassák, s így megfelelő alapot kapjanak a helyes összefoglaló következtetésekre. A jelenleg munkában levő ilyen legnagyobb jelentőségű kérdések közül különösen ki kell emelnünk például az országos energiagazdálkodás és termelés fejlesztési feladatait és ennek egyik rendkívül fontos részletkérdését, a dunai vízierőmű problémáját. E rendkívül bonyolult probléma komplexum kidolgozásával szakbizottságaink egész sora foglalkozik, köztük a kalorikus, az elektrotechnikai, gépészeti, hidrológiai, szénbányászati, mélyépítési bizottság, míg a nemrég megalakult ipargazdasági bizottságunk e kérdések gazdaságpolitikai vonatkozásait vizsgálja, bevonva ebbe természetesen a műszaki tudományok képviselőit is. Ilyen módon minden biztosítékunk megvan arra, hogy az e tárgyban kormányzati szerveink számára készülő elaborátum szocialista építésünk érdekének legjobban megfelelő, a szükségleteket és az összes lehetőségeket maximálisan figyelembevevő és a tudomány mai színvonalán álló javaslatokat fog tartalmazni. Nagyjelentőségű komplex munka indult meg az országos vízgazdálkodás kérdésében is, ami szintén egyik alapvető problémája szocialista építésünknek úgy az iparfejlesztés, mint a mezőgazdaság, közlekedés, és közegészségügy szempontjából. A miskolci hidrológiai ankét behatóan foglalkozott ezzel az egész komplexummal, az ipari és ivóvízellátás, a szennyvizek ártalmatlanná, és részben hasznossá tétele, a karsztvíz elleni védelem és hasznosítás, a gyógyvizek kérdésével. Különös érdekessége volt ennek az ankétnek, hogy az alapvető elvi kérdéseket összekapcsolta a borsodi iparvidéken e tekintetben rendkívül élesen jelentkező feladatokkal és konkrét módon előbbre vitte azok megoldását. A miskolci hidrológiai ankéton megindított munkát most számos szakbizottságunk következetesen folytatja és minden kilátásunk megvan arra, hogy ötéves tudományos tervünk egyik fontos feladatát, az egységes, országos vízgazdálkodási terv kidolgozását meg is fogjuk valósítani.

A márciusban megtartott karsztvíz-ankétunk ugyancsak kimozdította a holtpontról ennek a fontos kérdésnek a kimunkálását, amellyel jelenleg egy újonnan megalakított komplex jellegű karsztvízbizottság és több szakbizottságunk foglalkozik. Az országos jelentőségű kérdésekhez, amelyekben szakbizottságaink segítségével e félév folyamán előbbrejutottunk, rámutathatók még egyebek között a másodlagos olajtermelés kérdéseire, a titánfém előállításával kapcsolatos kutatásra, timföldgyártásunk tökéletesítésére, a kovasavdús bauxitok feldolgozására irányuló kutatásokra, a kombinált acélgyártás és általában vaskohászatunk jövőbeni fejlesztési irányainak kérdésére, amellyel kapcsolatban igen figyelemreméltó vitaülést tartottunk; a szerszámgépek fejlesztésére irányuló kutatásokra, amire vonatkozóan először sikerült egységes terv alapján különböző helyeken a kutató és szerkesztő munkát megindítani; a szivattyúk és kompresszorok korszerűsítésére, mely irányban lényeges lépésekkel jutottunk

előre, különleges vegyigépezési konstrukciók, fontos híradástechnikai alapanyagok kidolgozására. Építéstudományi szakbizottságunk munkájának központjába három alapvetően fontos kérdés került, a speciális cementek, a betonacél és az előregyártás kérdései. Szakbizottságaink munkájában általában két figyelemreméltó és mindenképpen erősítendő tendenciát tapasztalhatunk. Az egyik az, hogy a munka egyre inkább kezd komplex jellegűvé válni. Bizottságaink mindinkább igyekeznek kihasználni Műszaki Osztályunk tudományos szervezeti felépítésének előnyeit, amelynél egyáltalán nem áll fenn a szakterületeknek az az éles elhatárolása, amely vezető gazdasági intézményeinknél és különösen a minisztériumoknál adminisztrációs szempontokból elkerülhetetlen. Ilyen formán jutunk előre az Akadémia többi osztályaiban egyesített egyéb tudományterületekkel való közvetlen együttműködés tekintetében is. A vegyészekkel ez már régebben fennállott és eléggé kifejlődött, a fizikusok felé az első kezdő lépést, amelynek remélhetőleg folytatása lesz, Híradástechnikai Bizottságunk tette. A másik pozitív és erősen fejlesztendő tendencia az, hogy nagyobb mértékben kezdenek előtérbe kerülni az elmélet fejlesztésének feladatai is, ami egyik-másik bizottságunk munkájában kezd már észrevehetően bizonyos súllyal szerepelni. E tekintetben azonban nem tekinthetjük az eddigi munkát kielégítőnek, és különös hiányosságként kell leszögezni azt, hogy ilyen, a műszaki tudományok elméleti alapjainak fejlesztésére irányuló munka a kiemelt akadémiai témák között igen kevés van.

A szakosítás egyik eredménye az is, hogy a tudományos műszaki problémák mellett az Akadémia állandó jellegű, rendszeresen ismétlődő feladataival is sokkal behatóbban tudunk foglalkozni. A tudományos tervek elbírálása, a tanszékek és intézetek kutatómunkáinak ellenőrzése és elősegítése szakbizottságaink révén sokkal realisabb és intenzívebb lett. Hiányosságnak tekintendő azonban az, hogy az ipari intézetek munkájával, ahol pedig a tudományos kutatás döntő része bonyolódik le, helytelenül értelmezett hatásköri szempontokból viszonylag kevésbé foglalkozunk, mint a tanszékekkel. Tapasztalataink szerint a minisztériumok vezetői minden ilyenirányú kezdeményezést nemcsak készséggel támogatnak, de azt el is várják tőlünk.

Szakbizottságaink révén sokkal szorosabbá vált osztályunk tudományos munkájának kapcsolata a termeléssel. Azonfelül, hogy egyes üzemeknek kérésükre jelentős tudományos segítséget adtunk, mint például a Ganz Villamosságinak a mátrai turbogenerátor kérdésében, az Egyesült Izzónak rádiócső gyártási anyagkérdésekben, már maga a bizottságok összetétele igen szorossá teszi a kapcsolatot. E szakbizottságokban résztvevő üzemi szakemberek közvetlenül átviszik az üzemi munkába e bizottságokban szerzett tapasztalataikat és fordítva is, üzemi problémáikat és tapasztalataikat felszínre hozzák azok ülésein. Nem lehet eléggé értékelni annak a jelentőségét sem, ahogyan a minisztériumoknak a bizottságokban részt vevő vezető szakemberei a bizottságokban kialakult felfogásokat és javaslatokat közvetlenül realizálják a gyakorlatban.

## II.

A tudományos kutatás fejlesztésének egyik rendkívül fontos előfeltétele a műszerekkel való ellátás. Mint ismeretes, fontos kutatómunkák szenvedtek fennakadást nem azért, mert hiányoztak az ehhez szükséges anyagi eszközök, vagy a műszerbeszerzés lehetősége, hanem egész műszerellátásunk szervezetében fennálló rendellenességek és bürokratikus nehézségek folytán. Osztályunk kezdeményezésére az Akadémia elnöksége feltárta ezt a helyzetet a Magyar Dolgozók Pártja vezetősége és kormányzatunk előtt és ennek eredményeként igen nagy segítséget kaptunk. Erélyes intézkedések történtek abban az irányban, hogy a Kutató Eszközök Gyártó Vállalat, amely ezideig egy jelentéktelen, 20–25 munkással dolgozó kisüzem volt, korszerűen felszerelt, 500 munkást foglalkoztató, jelentős középüzemmé fejlődjék. Az üzem az Akadémiához és közvetlenül a Műszaki Osztályhoz fog tartozni. E gyár rövidesen már jelentős segítséget adhat kutatóintézeteinknek. Egy másik fontos intézkedés e tekintetben a Minisztertanács e napokban kiadott határozata az Akadémiai Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet felállításáról, amely szintén az Akadémiához tartozik és a Műszaki Osztály felügyelete alatt fog állni.\*Az intézet szervezéséhez azonnal hozzáfogunk. Elsősorban felállítjuk a műszerkataszterrel és konzultációval foglalkozó részleget, de lehetséges az is, hogy már az indulásnál tudunk olyan jelentős műszerkészlethez jutni, amely lehetővé tenné a méréstechnikai szolgálat és bizonyos műszerek kölcsönzésének megindítását is. Az intézet felépítésére szükséges tervezési munkát még ezidén el kell végeznünk, míg az építkezés maga a jövő évben fog megtörténni.\*\*

Osztályunk Műszer Bizottsága behatóan foglalkozott a MŰGI és a Műszerkészletező munkájával is, felülvizsgálta annak raktári készletét és megállapította, hogy ott igen nagy mennyiségű kutatási célokra szolgáló műszer halmozódott fel, amely pénzügyi és különböző formális akadályok miatt nem jutott el rendeltetési helyére; elég jelentékeny azoknak a műszereknek száma is, amelyekről nem is ismert, hogy kinek az igénylésére történt beszerzésük. Osztályunk javaslatára az Országos Tervhivatal radikálisan kettévágta az eddig kibogozhatatlannak látszó gordiusi csomót és intézkedett, hogy a felgyülemlett műszerek a legrövidebb időn belül oda kerüljenek, ahol azokra a kutatás országos érdekei szempontjából elsősorban van szükség. Ilyen módon egy-két hónapon belül igen jelentékeny műszerkészlet jut majd el kutatóinkhoz. Ezenkívül műszerbizottságunk javaslatot dolgoz ki a műszerrendelések lebonyolításának és a beérkezett műszerek szakszerű kezelésének és raktározásának olyan biztosítása céljából, amely az eddigi hiányosságokat a jövőben kiküszöbölné.

\* Az idevonatkozó 2.050/16/1952. számú minisztertanácsi határozatot ezen füzetben a 416. lapon közöljük.

\*\* Az intézet közben megalakult a Szervita tér 3. sz. alatti ideiglenes helyiségében.

## III.

A tudományos kutatás irányításának fentiekben ismertetett szervezeti megalapozása és a kutatómunka legfontosabb anyagi előfeltételének a műszerellátásnak rendezése után, osztályunk egyik legközelebbi nem kevésbé fontos és nagymértékben szintén szervezeti jellegű feladata a tudományos kutatási eredmények gyorsabb és teljesebb realizálásának biztosítása. Ezen a téren még rendkívül sok a tennivalónk. Tapasztalataink, amelyek teljesen megegyeznek a szovjet tapasztalattal, azt mutatják, hogy a kutatási eredmények gyors gyakorlatbavételét nem lehet csupán adminisztratív intézkedésekkel, vagy az eredmények propagandájával biztosítani, még akkor sem, ha a szükséges pénzügyi keretek rendelkezésre állanak. Az e téren fennálló nehézségek fő oka az, hogy nagymértékben hiányzik nálunk a kutatás és az ipar között nélkülözhetetlenül szükséges összekötő kapocs, a jól felszerelt és tudományosan is munkaképes üzemi laboratórium. Az intézetekben befejezett kutatás ugyanis úgyszólván soha sincsen annyira befejezve, hogy az minden helyi kísérletezés és kipróbálás nélkül közvetlenül átvihető lenne az üzemi gyakorlatba. Számos vezető nagyüzemünkben létrehoztunk ugyan már korszerű laboratóriumokat, amelyek minden tekintetben megfelelnek hivatásuknak, de a műszaki kutatás mai fejlettségi fokán mielőbb változtatni kell azon a helyzeten, hogy ipari üzemünk nagy többségének nincs laboratóriuma, vagy legalábbis nem olyan, amely kutató intézeteinkkel kellőképpen együtt tudna működni. Márpedig a szovjet tudomány minden tapasztalata szerint erre az együttműködésre feltétlenül szükség van, nemcsak a kutatási eredmények realizálása érdekében, de már a kutatás folyamán is. Erre az Akadémiának élesen fel kell hívni gazdasági vezetőszeveink figyelmét és minden tudományos segítséget meg kell adnia ahhoz, hogy üzemi laboratóriumaink megfelelő kiépítése mielőbb megtörténhessék.

H. Gy.

# MIT NEVEZZÜNK MŰSZAKI TUDOMÁNYNAK\*

GELEJI SÁNDOR lev. tag

»Tudomány« is egyike azoknak a mindennapi életben használatos szavaknak, amelyet gyakran használunk, anélkül, hogy értelmét pontosan lemérnők.

A tudomány először is jelentheti mindazt a tevékenységet, amely ismeretek megszerzésére irányul. Ebben az értelemben tehát a tudomány nem kész, már megállapított ismeretek foglalata, hanem folytonos kutatás új igazságok után. A kutató tudós tudományon mindig céltudatos megismerő tevékenységet ért.

A tudományos kutató tevékenységtől meg kell különböztetnünk ennek eredményét: az ismereteknek azt az ideiglenesen kész, összefüggő rendszerét, amely például a tudományos kézikönyvekben található.

A tudományos könyvekben található tudomány igazolt ismeretekből áll. De egyes összefüggéstelen, elszigetelt ismeretek, ha azok igazak is, még nem mondhatók tudománynak. Tudománnyá akkor válnak, ha rendszert alkotnak, ha az igazolt tételek egységes összefüggésbe kapcsolódnak. Ezek szerint a tudományos ismeretnek két fő kritériuma van: először, hogy igazolt, másodsor, hogy rendszeres ismeret.

A tudományhoz tágabb értelemben hozzátartozik mindaz (laboratóriumok, könyvek, műszerek, tudományos intézetek, egyetemek, akadémiák), ami a tudás konkrét tartalmát fejleszti, megőrzi és terjeszti.

A tudomány, mint tevékenység, soha sem tekinthető befejezettnek: a folytonos felfedezés és rendszerezés mindig csak újabb indítékul szolgál további kutatásra. Amikor egy tudományos könyv megjelenik, voltaképpen az illető tudománynak csak egyik történeti fejlődési szakaszát rögzíti le.

Mint mondtuk, az egyes összefüggéstelen, elszigetelt ismeretek, ha azok igazak is, még nem mondhatók tudománynak, tudománnyá csak akkor válnak, ha rendszert alkotnak, ha az igazolt tételek egységes összefüggésbe

\* A M. T. A. Műszaki Tudományok Osztályának feladataival kapcsolatban gyakran felmerül az a kérdés, hogy mit tekintünk a technika terén »tudományos«, vagy éppen »akadémiai« színvonalon állónak. Kérjük olvasóink hozzászólását az e cikkben foglaltakhoz.



kapcsolódnak. Nézzük meg hogyan áll ez a dolog a műszaki tudományokban. A műszaki tudományok ú. n. alaptudományaiban, a fizikában, a kémiában és a mechanikában az ismeretek egységes, összefüggő egészet alkotnak. Itt tehát félreértés nem lehet.

Nem sorolom a műszaki tudományok alaptudományai közé a matematikát. A mérnök számára a matematika kevésbé tudomány, mint inkább szerszám, mégpedig nélkülözhetetlen szerszám. A matematika ugyanis a technikusnak kevésbé szolgál új ismeretek megszerzésére, mint inkább arra, hogy ismereteit gyakorlatilag kitűnően használható formába öntse. A jelenségek matematikai tárgyalásának megfelelő formába öntése természetesen tudományos teljesítmény.

Az elméleti alaptudományok mindenben kielégítik azt az elképzelést, melyet a tudományról alkottunk magunknak, a műszaki tudományoknál azonban a dolog nem mindig ilyen világos. A műszaki tudományok többé-kevésbé mind tapasztalati tudományok; az a gépészet, kohászat, elektrotechnika stb. Valamely gép tervezésénél pl. csak a számítás általános szempontjai foghatók meg tudományosan. A gépet alkotó gépelemek végleges kialakítása esetről-esetre csak a tapasztalatra támaszkodva történhetik meg. Ezért marad például a gépészet mindig tapasztalati tudomány. De így van ez a műszaki tudományok többi ágánál is. Még nem is olyan régen a gépészetben, kohászatban, vagy elektrotechnikában a súlypont a tapasztalaton volt, az elmélet igen szerény szerepet játszott, de ez a szerep ma már sokkal jelentősebbé vált. A tudomány a szorosan vett műszaki tudományokban elsősorban valamely gép, vagy szerkezet működésekor keletkező, vagy valamely technológiai folyamat alatt lejátszódó fizikai, kémiai, vagy mechanikai jelenségeknek az eddigi ismeretek figyelembevételére és azok továbbfejlesztése alapján való vizsgálatát jelenti. Végeredményben akkor is fizikáról, kémiáról, vagy mechanikáról van szó, ha metallurgiát, metallográfiát, vagy röntgenográfiát emlegetünk. Hiszen ezek a fizikának és kémiának fejezetei. Természetesen a műszaki tudományok a jelenségeket, minthogy gyakran rendkívül összetettek, nem mindig olyan szabatosan tárgyalják, mint az alaptudományok. Egyszerűsítésekkel, elhanyagolásokkal élnek az elméleti kutatók. Ez azonban nem érinti a dolog lényegét.

Van azonban számos olyan műszaki tevékenység, amelynek tudományos problémaköre nem tartozik a fent említett alaptudományok: a fizika, kémia, vagy mechanika tartományába, még sem lehet megtagadni tőlük, hogy számos problémájuk tudományos probléma, és hogy közülük van a tudományhoz. Ilyen például a tudományos üzemvezetés vagy a közlekedés tudománya és hasonlóak.

A fentiekben úgy definiáltuk a tudományt, hogy az ismeretek akkor válnak tudománnyá, ha az igazolt tételek egy egységes összefüggésbe kapcsolódnak. Ezek szerint azonban a műszaki tevékenységekben is csak az a tudo-

mány, ami egységbe kapcsolódó általános ismereteket jelent. Ezek a műszaki tevékenységek rendkívül sok tapasztalati adatot használnak fel. A tudományos kutatók feladata ezekből az adatokból az egyetemes értékű igazságok kikutatása.

Gyakran felvetődik a kérdés a találmányokkal kapcsolatban, hogy mi azokban a tudomány, mi azokban a tudományos teljesítmény. Itt talán a leghelyesebb, ha a kérdést példákon keresztül vizsgáljuk meg. Galilei távcsöve találmány volt, a tudományban mégis mérföldkövet jelentett. Óriási módon előre vitte a tudományt. Tehát Galilei találmányát kell, hogy nagy tudományos teljesítménynek tekintsük. Ugyanez áll Huygens ingaórájára, hiszen pontos időmérés nélkül nincs természettudomány. Vagy Guericke lég-szivattyújára, amely a tudomány fejlődésére döntő befolyással volt. De nézzük a modernebb találmányokat. Például a gőzgép, mint tudományos teljesítmény óriási jelentőségű. A gőzgép kapcsán született meg a termodinamika tudománya. Sadi Carnot a gőzgépben lejátszódó folyamatok vizsgálatával kapcsolatosan állította fel híres tételét, amely az egész modern termodinamika megszületését jelentette. A gőzgép nemcsak ipari célokat szolgáló erőgép, hanem olyan tudományos eszköz is, amely az alapvető termodinamikai folyamatokat demonstrálja. A tudósoknak a gőzgép feltalálása előtt a termodinamikai folyamatokról fogalmuk sem volt, el voltak merülve a flogisztonelmélet útvesztőjében. A gőzgép tehát döntő tudományos teljesítménynek is számítandó.

Hasonló eszmefuttatást végezhetnénk a belső égésű motorokkal, a dinamó-elektromos gépek feltalálásával, a Linde-féle levegőt cseppfolyosító géppel és igen sok más találmánnyal kapcsolatban. Vagy nézzük az acélgyártás modern formáit, a Martin- vagy Bessemer-acélgyártást. Ezek nyomán született a modern metallurgia, metallográfia tudománya. A találmányok nagy része messze megelőzte »a tudományt« és sokszor új tudományok születését indította meg. Az exakt természettudós a természetet vizsgálja és igyekszik annak törvényeit kikutatni. A technikus, sokak felfogása szerint, csak azt használja fel, amit a tudomány felkent papjai juttatnak számára, holott a technikus, a feltaláló gyakran messze megelőzte a tudósokat, és mint láttuk, igen gyakran új tudományok születését tette lehetővé. Mint Engels írta Starkenburghoz intézett levelében: »Ha, mint Ön állítja, a technika nagyjából a tudomány állásától függ, úgy a tudomány még sokkal függ a technika állásától és szükségleteitől.« (Marx-Engels Válogatott Művek II. kötet Szikra. 1949. 504. oldal.)

A szocializmus viszonyai között meg éppenséggel nem ritka jelenség, hogy, mint J. V. Sztálin mondja, »a tudomány és a technika új útjait nem a tudomány terén közismert emberek egyengetik, hanem a tudományos világban teljesen ismeretlen emberek, egyszerű emberek, a gyakorlat emberei, a maguk szakmájának újítói«. Míg a természettudós csak a természet jelenségeit vizsgálja, addig a technikus, a feltaláló teremtőleg számtalan olyan jelenséget is produkál, amely a természetben elő sem fordul.

Ha ezek után meg akarjuk határozni, hogy a találmányokban van-e tudományos teljesítmény, van-e bennük tudomány, akkor megállapíthatjuk, hogy minden olyan találmány tudományos teljesítménynek is tekintendő, amelynek elkészítéséhez átfogó tudományos felkészültségre van szükség, vagy amely közvetve vagy közvetlenül befolyással van a tudományok fejlődésére.

#### ÖSSZEFOGLALÓLAG :

A tudomány logikusan rendezett ismeret és az ezt gazdagító kutatás. A tudományhoz hozzátartozik mindaz, ami a tudás konkrét tartalmát fejleszti. A technika terén a tudomány valamely gép, szerkezet működésekor vagy valamely technológiai folyamat alatt fellépő fizikai, kémiai vagy mechanikai jelenségek elemzését, általánosítását, vagy céltudatos alkalmazását jelenti. A találmányok akkor tekintendők tudományos teljesítménynek, ha megalkotásukhoz átfogó tudományos felkészültség szükséges, vagy ha közvetlenül vagy közvetve befolyással vannak a tudomány fejlődésére.

# A FOGAK IGÉNYBEVÉTELE HOMLOKKERÉK FOGAZÁSNÁL

VIDÉKY EMIL

A fog igénybevételének két lényegesen különböző természetű összetevője van :

I. *A hajlítás*, melynél az átviendő fognyomás a fogat, mint a koszorúba befalazott konsolt veszi igénybe.

II. *A felszíni igénybevétel*, mely a fognyomás támadóvonalában való érintkezésnél keletkezik.

A kétféle igénybevétel egyike sem sztatikai. Az igénybevételek ciklusai nem egyenletes lefolyásúak, hanem a terhelés elkerülhetetlen változásai, valamint a gyártási pontatlanságok következtében különféle nagyságúak és lefolyásúak.

A megengedhető igénybevételek megállapításához meg kell vizsgálnunk az egyes igénybevételek természetét.

## I. *Hajlítás*

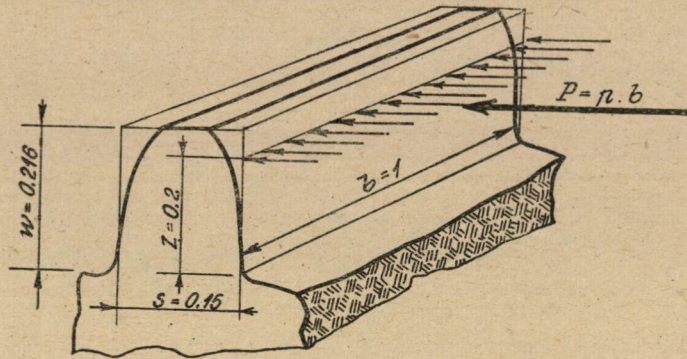
Tekintsük egyelőre csak a hasznos terhelésből eredő igénybevételt kedvezőtlen egyszerűsítéssel, az egyidejűleg jelentkező szélsőségeket véve alapul. Kiindulásul szolgál, hogy a rendszeren használt kiváló fogaskerék-anyagoknál nem alkalmazható 500 kg/cm-nél nagyobb tényleges vonalnyomás. A fogalakítás méretei evolvens fogazásnál és rendszeren alkalmazott korrigálásoknál nem térnek el lényegesen az *1. ábrában* felvettektől, melyek a modulegységre vonatkoznak. A legnagyobb hajlító igénybevétel az egyfoghordás elején, vagy végén lép fel, mikor is egyszerűsítően véve  $l = 1 \frac{1}{3} \cdot s$

Jó acéloknaál: a szakadáshatár  $[\sigma] \cong 15\,000 \text{ kg/cm}^2$

és  $[p] \cong 500 \text{ kg/cm}^2$

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$P \cdot l = \frac{b \cdot s^2}{6} \cdot \sigma; \quad P = b \cdot p; \quad f = \frac{2}{3} \cdot \frac{l^2}{s} \cdot \frac{\sigma}{E} \text{ cm.}$$



1. ábra

Ha  $b = 1$  cm és a kapcsolószám  $i \approx 1$ , akkor :

$$\sigma = \frac{l}{s^2} \cdot p; \quad p = \frac{s^2}{6 \cdot l} \cdot \sigma; \quad f = \frac{\sigma \cdot l^2}{300 \cdot s} 10^{-4} \text{ cm}$$

$M_w^0 = 0,1$  cm esetén :  $l = 0,2$ ;  $s = 0,15$ ; Ha :  $p = 1$ ;  $b = 1$ ;  $i = 1$ ,  
akkor :  $\sigma = 53,5 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f = 5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$

Nagyobb modulusnál a hajlító igénybevétel rohamosan csökken. Így :  
 $M_w = 0,3$  cm-nél  $p$  vonalnyomásnál (maradva  $b = 1$  és  $i = 1$ -nél) :

$$l = 0,6; \quad s = 0,45 \text{ lesz}; \quad \sigma = \frac{0,6}{0,45^2} \cdot p = 18 \cdot p.$$

Az alább tárgyalandó hónaljgörbületi feszültségnövekedés ezt kb. 50%-al  
növeli, így:  $\sigma = 27 \cdot p$ -re veendő. Ehhez járul még a nyíróigénybevétel  $\sigma_{ny} =$   
 $= s^2 \cdot p = 0,2 \cdot p$ ; összesen  $\sigma_{tot} \approx 27,2 \cdot p$ .

A behajlást csak :  $18 \cdot p$  okozza és így :

$$f = \frac{0,36 \cdot \sigma}{0,45 \cdot 300} = 5p \cdot 10^{-6} \text{ cm}$$

$\sigma_{tot}$  számára rendelkezésre áll (biztonsággal) a szakadáshatár 0,4 szerese; 15 000-  
nél tehát 6000. Ha tehát  $\sigma_{tot} = 6000$ , akkor:

$$m_x = \frac{6000}{27,2} = 220 \text{ kg/cm}^2 \text{ és } f = 11 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$

lökésmentes sztatikai terhelésnél. A dinamikai igénybevételi járuléka a meg-  
engedhető 6000-ből még levonandó, ami, mint később igazoljuk, egy  
a sebességtől és a forgó tömegtől független, kb. 1500  $\text{kg/cm}^2$ -nyi érték. Így :

$$\sigma_{tot} + \sigma_{din} = 6000 = 27,2 \cdot p + 1500.$$

$\sigma_{tot}$  értéke azonban nem csak egyedül a modulus növelésével csökkenthető, hanem arányosan csökken a  $b$  kerékszélesség, valamint az  $i$  kapcsolószám növelésével is. Modulus növeléssel a kerékátmérő növelése járna, ami a férőhelyet növelné. A kerékszélesség növelése sokkal kompendiózusbab. Így tehát még — elleukezően — a modulus csökkenteni is lehet, mintegy  $M_w = 0,2$ -ig, (tovább a megmunkálási és egyéb nehézségek általában ezt már alig engedik). A kerékszélességet tapasztalás szerint az átmérő 1-től 3-szorosára lehet növelni a pontos megfekvés veszélyeztetése nélkül. Így pl.  $z = 20$ ;  $M_w = 0,2$ -nél:  $d = 4$  cm és  $b = 4$ -től 12 cm között lehet. A gyakorlatban legtöbbsnyire  $d$ -t nem is lehet ily kicsinynek venni, de nagyobb  $d$  esetén nem a modulus növelése a helyes, hanem a fogszámé, mert ezzel a kapcsolószám is növelhető, esetleg  $i > 2$  is elérhető, mikor is a kerékszélesítéstől már megcsökkent  $\sigma$  még tovább, mintegy a felére csökken. A kis modulusok ismert előnyeit tehát nem kell feláldozni. Jobb acélnál eszerint  $M_w = 0,3$ -nál, és öntött vasnál (ahol  $E = 10^6$ ;  $[\sigma] = 1500$ ) pedig  $M_w = 0,6$ -nál nagyobb modulusokat alkalmazni csak igen kivételes speciális üzemeknél indokolt.

A gyakorlatban általában a megengedhető igénybevételt a sebességgel fokozatosan szokás csökkenteni. Az angol előírás ezt erős mértékben kívánja, de a hónaljkoncentrációt figyelmen kívül hagyja. A sebességgel való csökkentés azonban, mint látni fogjuk, nem indokolt, ellenben a hónaljkoncentráció feltétlenül tekintetbe veendő. Ha tehát, — amint rendesen szokás — a megengedhető igénybevételt a sebességgel csökkentjük, akkor növekedő sebességgel mindig növekedő tartalék teherbírás marad dinamikai lökések felvételére. Mielőtt a dinamikai igénybevételi járulék nagyságrendjével foglalkoznánk, még a hajlító igénybevétel természetét kell közelebbről megvilágítanunk.

A következőkben gondolatmenet, számítások és végkövetkeztetések tekintetében *A. Tuplin* (Huddersfield, David Brown and Sons) az Engineering 1950. III. 17. számában megjelent újszerű és tanulságos értekezésének kivonatát ismertetem a nálunk használt mértékegységekre átültetve, kevés idevágó hozzátevéssel.

A fogkonsol hajlítása ciklikusan ismétlődő, 0-tól egy maximumig változó igénybevétel. Maximuma a maximális hasznos terhelésnek az egy fogra eső maximális hajlítónyomatékából — és hozzáadódólag — a gyártási pontatlanságok okozta dinamikai terhelésjárulékból (illetve az attól származó fogbehajlásból) állapítandó meg.

Ciklikus hajlításnál általánosan elfogadott alapelv, hogy:

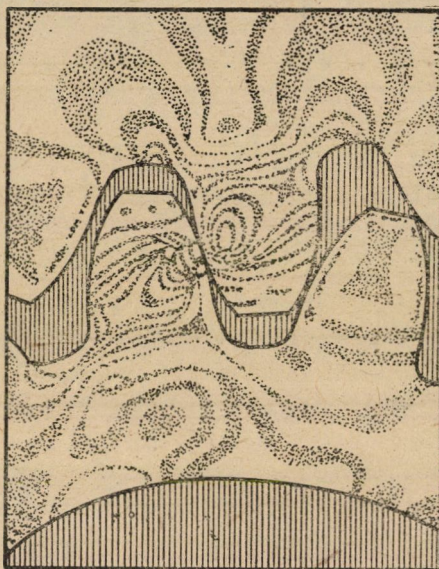
ha a keletkező maximális igénybevétel alul marad az anyag fáradáshatárán, akkor az anyag (gyakorlatilag) végtelen nagy ciklusszámot bír el, vagyis: (fogaskerekeknél) független a kapcsolósebességtől.

Ez a tétel 0-tól plusz és minusz maximumértékek közötti ingadozásra, vagyis ide-oda hajlításra értendő és kísérletileg is igazolt. A fáradáshatár acélnál a szakadáshatár 0,6-szorosára vehető fel.



Fogaskerékfognál csak 0-tól egy plusz maximumig (egyoldalt) ingadozik a hajlító igénybevétel, mely esetre (Moore és Kommers szerint) a fáradáshatár az előbbi érték 1,4-szeresére vehető. Ha tehát számításainknál a szokásos 1,5-szörös biztonságot vesszük fel, akkor a megengedhető hajlító igénybevétel a szakadáshatárnak 0,4-szerese lenne, feltéve, hogy a keletkező igénybevétel maximum (mely, mint mondtuk a dinamikai járuléktól is függ) a fáradáshatár alatt marad. Ilyenkor tehát függetlenek vagyunk a kapcsolósebességtől.

Az ekként számított megengedhető igénybevétel azonban egy, a fogak fotoelasztikus vizsgálata alapján felismert körülmény miatt csökkentendő. A foggyök hónaljcsatlakozása a koszorúhoz ugyanis felszíni húzófeszültség koncentrációt okoz a hónaljgörbületben (2. ábra).



2. ábra

Ezt — mivel a hajlítástól a szélső szálaban keletkező húzófeszültséget növeli, úgy foghatjuk fel, mint a hajlító igénybevétel növelését — maximálisan 50%-nyi értékben (ha a hónaljgörbületi sugár nem kisebb a szokásosnál). Tapasztalás szerint fáradási fogtörésnél a hónaljgörbületben barnás szineződés és később egy kis hajszálrepedés az előhírnök.

Ennek a koncentrációnak fejében a megengedhető hajlító igénybevételt a szakadáshatár  $\frac{0,4}{1,5}$ -szeresére kell csökkentenünk.

E helyütt kell még foglalkoznunk a hónaljgörbületben a gyártási mód következtében bekövetkező egyenlőtlenségekkel, amelyek, ha nem fordítunk rá figyelmet, megnövelhetik a feszültségkoncentrációt.



Nem köszörült fogazásnál az előnagyoló szerszám valamivel mélyebben vág, hogy a készrevágó szerszám fejléneke már ne kelljen vágnia; a fejléneke ugyanis metszés nélküli módon vág és rezegteti a tárgyat, amit készrevágásnál ki kell küszöbölni. A hónaljgörbületben ennek folytán kis átmenetességi hiba keletkezik (3. ábra), mely, ha durvább, akkor erősebb húzófeszültségkoncentrációt okozhat. Még inkább megvan ez a veszély köszörülésre kerülő fogazásnál, mert a köszörútárcsa egy második ilyen átmenetességi hibát hoz létre, mikor a köszörülési ráhagyásból távolítja el az anyagot (4. ábra). E hibákat lehető kicsinyre kell csökkenteni. További feladatunk most a dinamikai terhelés-járulék megállapítása. Előre bocssátjuk, hogy ennek hatását a felszíni igénybe-



3. ábra



4. ábra

vételre, a hajlító igénybevétel vizsgálatánál figyelmen kívül hagyhatjuk. A behajlás okaival és nagyságrendjükkel kell legelőbb foglalkoznunk. Behajlást okoz:

1. a hasznosterhelés,

2. az egyenértékű osztáshibára átszámítható koszorú-eltolódás, amely a gyártási hibákból ered.

1. A fog behajlása a terhelés alatt arányos a vonalnyomással. Ez a behajlás 1 kg/cm vonalnyomásnál 0,05 mikron rendű érték az egyfoghordás zónájának határhelyzetében a rendes alakítású fogaknál. A fog alakjának a fogszámmal, valamint a korrekcióval való változása ezt az értéket csak elhanyagolható mértékben befolyásolja.

2. A gyártási pontatlanságok okozta koszorúeltolódás az egyidejűleg érintkező (általában kettő, kivételesen három) fogpár osztáshibáinak algebrai különbsége. Osztáshiba alatt az összes fogazáshibáknak egyenértékű osztáshibára való átszámított összegét értjük. A különféle használatos fogszámoknál és gyártási egyoldali tűréseknél az osztáshiba egy a modulussal növekedő + 10 mikron rendű érték. Az osztáshibák algebrai különbsége átlagosan 4–5 mikronnál nem lesz nagyobb és a megfelelő dinamikai hajlító igénybevétel járulék a  $M_w = 0,3$  cm körüli fogazásoknál mintegy 1500 kg/cm<sup>2</sup> rendűnek vehető fel bármilyen sebesség, vagy kapcsolt forgó tömegeket feltételezve is.

A dinamikai igénybevétel járulék csak a gyártási pontosság javításával és a kapcsolt tömegeknél bizonyos — nem túlzott — flexibilitás biztosításával

enyhíthető, ami nem nagy nehézség. A megengedhető hajlító igénybevétel számításánál tehát további 1500 kg/cm<sup>2</sup> vonandó le dinamikai járulék fejében.

Az adatok néhány acélfajtára :

Szakadási határ- $[\sigma]$ kg/cm <sup>2</sup>	0,4% szénacél	0,5% szénacél	Cr-Ni-acél	Ni-Mo- bet. edz. acél
	5600	7800	8600	15300
0,4 $[\sigma]$ .....	2240	3140	3440	6000
0,4 $[\sigma]$ —500 .....	700	1600	1900	4500
Hónaljkoncentrációra $\frac{1}{1,5}$ -szöröse....	460	1000	1300	3000

Régi, rendszeren betartott felfogás szerint (például az angol BSS előírások) a megengedhető hajlító igénybevételt növekedő sebességgel erősen csökkentik. Fenti megfontolások szerint ilyen csökkentés nem indokolt, sőt nem is felel meg egyes, különben általánosan elfogadott alapelveknek sem. Lényegesen nagyobb igénybevételeket engedhetünk meg tehát, kivált, ha a gyártás pontosságát csak valamivel javíthatjuk és a hajtásban megfelelő flexibilitásról gondoskodunk.

Az angol előírásnak megfelelő igénybevételek körülbelül a következő percnkénti fordulatszámoknál esnének össze a fenti táblázat értékeivel :

A n y a g	0,4%-os szénacél	0,5%-os szénacél	Cr-Ni-acél	Ni-Mo- bet. edz. acél
$\frac{\text{ford}}{\text{perc}}$	—	10 000-en felül	600—	1—

ami világosan megmutatja, hogy főleg a szívósabb szénacélnak nagy sebességnél kiadós tartaléka van a dinamikai járulék ellensúlyozására.

## II. A felszíni igénybevétel

### 1. Sztatikai (nyugvó állapotú) száraz fémi érintkezés.

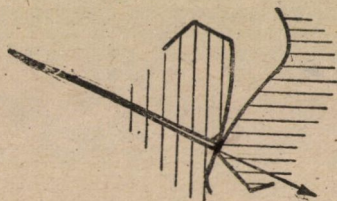
A felszíni igénybevétel a hajlító igénybevétellel csak közvetetten van összefüggésben, mint ezt a hónaljgörbületi koncentrációnál láttuk. Van némi összefüggése a koszorú eltolódással is, de közelebbi vizsgálatnál ez elhanyagolhatónak bizonyul, illetőleg kiesik a számításból. (Közelebbit ad szerző Z. d. V. Ö. I. u. A. 1908. No. 36.)

A felszíni igénybevétel megállapítására alapul a Hertz-féle egyenletek szolgálnak, de mivel ezek csak a sztatikai száraz fémi érintkezésre vannak

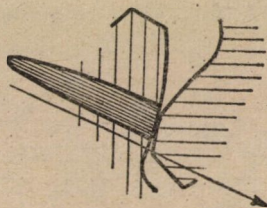


értelmezve, át kell azokat alakítani a fogkapcsolás mozgó és olajozott érintkezésének megfelelően. Előbb azonban a sztatikai száraz fémi fogprofil érintkezésnél létesülő felszínfeszültségeknél vizsgáljuk meg a Hertz egyenletek eredményeit.

Két végtelen hosszú henger alkotómenti érintkezésénél — a rugalmassági határon belül maradó igénybevételt, pontosan párhuzamos hengerközépvonalakat, isotrop anyagot stb. — feltételezve, a számunkra fontos Hertz összefüggéseket fogjuk sorra venni. Előbb azonban rá kell mutatnunk egy — rendszerint



5. ábra



6. ábra

külön nem hangsúlyozott — de fogprofiloknál igen lényeges érvényességi feltételekre. Az érintkezésnek a felszínnek egyikénél sem szabad a keletkező nyomsáv szélénél hirtelen megszűnnie. A felszínnek a nyomsávszélen túl még átmenetesen folytatódjanak. Egy, az 5. ábrában feltüntetett érintkezés — amilyen a fejél — és a foglábgörbület között a kapcsolásba lépésnél létesülne, ha ennek kiküszöböléséről megfelelő fejvisszavágással nem gondoskodnánk, már nem tartoznának a Hertz egyenletek érvényességi feltételei közé; a fejél helyén a görbületi sugár = 0, minek megfelelően a  $\sigma_H = \infty$  lenne. Ha a fogfejelet kellően visszavágjuk (6. ábra), akkor ezzel a nyomsávszél kissé eltolódik, a feszültségmaximum csökken a nyomsávszélen 0-ra esik le. Azon érintkezési határeset, melynél a felszínnek egymással párhuzamosak (például tengelycsap és csapágycsésze) fogazásnál nem fordul elő.

Evolvens fogazásnál

$$Q_1 + Q_2 = T \cdot \sin \alpha = \frac{z_1 \cdot M_w}{2} \cdot \sin \alpha \cdot (1 + A)$$

A fogkapcsolásból a  $Q_1 = 0$  és  $Q_2 = 0$  helyek és közvetlen környezetük kizárandók, mivel ott  $\sigma_H = \infty$  értéket vesz fel, hasonlóképp, mint az előbb tárgyalt fejél érintkezésnél felvenne.

Ezek előrebocsátása után a számunkra fontos Hertz-féle összefüggések a következők:

1. A relativ görbületi sugár:

$$Q_H = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_2 - Q_1} \quad (1)$$

$$Q_H = 2 \cdot Q_1 \cdot \frac{A}{A - 1}$$

Evolvens profiloknál ( $\varrho_1 \cong \varrho_2$ );  $\varrho_1 + \varrho_2 = \text{const.} = T \cdot \sin \alpha$   
 Ha:  $\alpha = 20^\circ$  és  $\sin \alpha = 0,32$  (kerékítve), akkor:

$$\varrho_1 + \varrho_2 = T \cdot \sin \alpha = 0,16 \cdot z_1 \cdot M_w \cdot (1 + A).$$

Eszerint:

a.)  $\varrho_2 = \infty$  esetén:  $\varrho_H = 2 \cdot \varrho_1$ .

b.)  $\varrho_1 = \varrho_2$  esetén:  $\varrho_H = \infty$ .

c.)  $\varrho_1 = 0$ , vagy  $\varrho_2 = 0$  esetén  $\varrho_H = 0$ .

2. A fél nyomászélesség:

$$a = 1,52 \cdot \sqrt{\frac{P}{E} \cdot \frac{\varrho_1 \cdot \varrho_2}{\varrho_1 + \varrho_2}} \quad (2)$$

a.)  $\varrho_2 = \infty$

$$a = 1,52 \cdot \sqrt{\frac{P}{E} \cdot \varrho_1}$$

b.)  $\varrho_1 = \varrho_2 = \frac{T}{2} \cdot \sin \alpha = 0,08 \cdot z_1 \cdot M_w \cdot (1 + A) = \varrho_\Phi$

$$a = 0,3 \cdot \sqrt{\frac{P}{E} \cdot z_1 \cdot M_w \cdot (1 + A)}$$

3. A két felszín egymásba hatolása a közös huron túl:

$$h = 0,577 \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{\varrho_2 - \varrho_1}{\varrho_1 + \varrho_2} \quad (3)$$

$$h = 0,577 \cdot \frac{P}{E} \cdot \frac{A - 1}{A + 1}$$

a.)  $\varrho_2 = \infty$ ;  $h = 0,577 \cdot \frac{P}{E}$ .

b.)  $\varrho_1 = \varrho_2 = \varrho_\Phi$ ;  $h = 0$ .

c.)  $\varrho_1$  vagy  $\varrho_2 \cong 0$ ;  $h$  értéke bizonytalan.

4. A nyomászívben keletkező nyomófeszültség:  $\sigma_x$

Legnagyobb értéke a nyomászív középvonalban van:  $\sigma_{x\max} = \sigma_H$

$$\sigma_H = \sigma_{x\max} = 0,418 \sqrt{P \cdot E \cdot \frac{\varrho_1 + \varrho_2}{\varrho_1 \varrho_2}} = 0,418 \cdot \sqrt{P \cdot E \cdot \frac{1}{z_1 \cdot M_w} \cdot \frac{1 + A}{A}} \quad (4)$$

A centrális pontban ( $20^\circ$ -os evolvensnél,  $\sin \alpha = 0,32$ -vel) ez esetben:

$$\sigma_H = 10,5 \sqrt{P \cdot E \cdot \frac{1}{z_1 \cdot M_w} \cdot \frac{1 + A}{A}}$$

A nyomászívben keletkező feszültségek középértéke:

$$\sigma_{x\text{közép}} = \frac{\pi}{4} \cdot \sigma_H$$

a.)  $\varrho_2 = \infty$ , (fogasrud esete)

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{p \cdot E \cdot \frac{1}{\varrho_1}}$$

b.)  $\varrho_1 = \varrho_2 = \varrho \Phi$ , (a  $\Phi$  felező váltópontban) :

$$\varrho_1 = \varrho_2 = \frac{T}{2} \cdot \sin \alpha ;$$

$$\sigma_{H \min} = 0,418 \cdot \sqrt{p \cdot E \cdot \frac{4}{T \cdot \sin \alpha}},$$

( $\alpha = 20^\circ$ -nál)

$$\sigma_{H \min} = 2,1 \sqrt{\frac{p \cdot E}{z_1 \cdot M_w} \cdot \frac{1}{1 + A}}.$$

c.)  $\varrho_2 = \varrho_{C'} = A \cdot \varrho_1 = A \cdot \varrho_{C'}$  (a  $C$  centrális pontban) :

$$\sigma_H = 10,5 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot E}{z_1 \cdot M_w} \cdot \frac{1 + A}{A}}$$

és ha  $A = \infty$ , (fogasrúddal) :

$$\sigma_H = 10,5 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot E}{z_1 \cdot M_w}}.$$

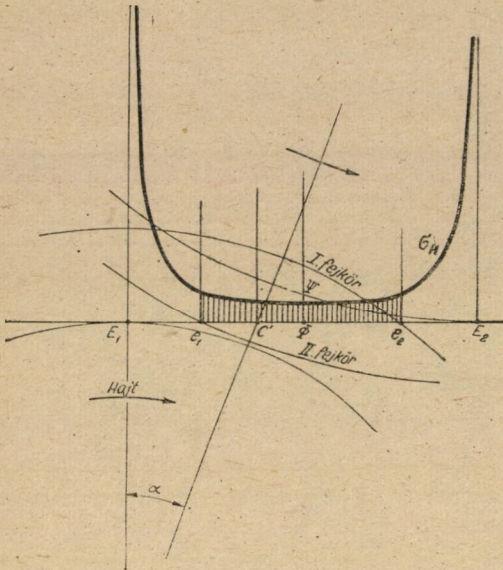
Ezen egyenletek alapján felrajzolhatjuk a kapcsolóvonal mentén  $\sigma_H$  változását és vizsgálhatjuk az egyes kapcsolásfázisokban a fejkörök határolta hosszaknál  $\sigma_H$  változásait.

Sztatikai szempontból legelőnyösebbnek látszik, ha az effektív kapcsolóhossz felezőpontja  $\Psi$  egybeesik a teljes kapcsolóhossz  $\Phi$  felezőpontjával. Ekkor ugyanis  $\sigma_H$  az effektív kapcsolóhossz mindkét végén egyenlő és maximális ; középen — a  $\Phi$  pontban — pedig a minimális értékű (7. ábra). Ha az effektív kapcsolóhossz bármerre eltolódik, a két végén a  $\sigma_H$  értékek már nem egyenlők. Mennél jobban tolódik az effektív kapcsolóhossz a teljes kapcsolóhossz határpontjai felé ( $E_1$  vagy  $E_2$ ), annál jobban növekszik  $\sigma_H$  az illető oldalon (8. ábra).

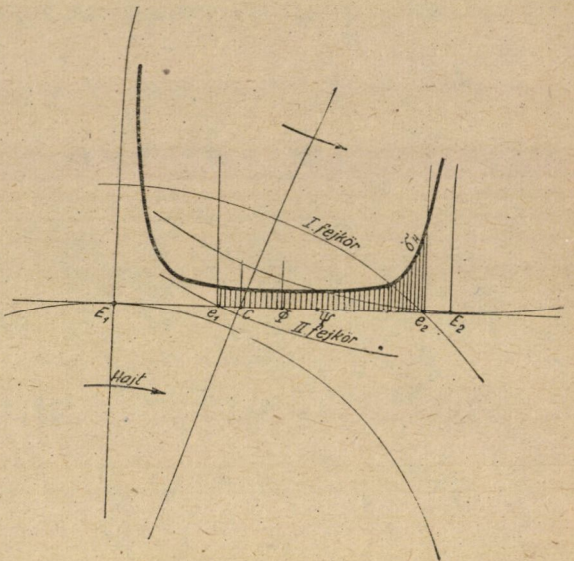
Ha az effektív kapcsolóhossz felezőpontja  $\Phi$  összeesik a  $C$  centrális ponttal, a helyzet előnytelenebb, mint ha az a  $\Phi$  váltópontba esnék (9. ábra), kivéve az  $A = 1$  esetet, mikor  $\Phi$  és  $C$  természetesen egybe esnek.

Az effektív kapcsolóhossz helyzetét profileltolósos korrigálással javíthatjuk. Hogy hová helyezzük el, azt a nedves kinetikai érintkezés igényei fogják eldönteni. Rendes fogalakításnál a terhelés egy és két fog között ingadozóan oszlik meg. Kivételesen két és három fogra eloszlóan ingadozhatnak. Utóbbi esetben  $\sigma_H$  csökken  $\sqrt{p}$  arányában. A terhelés ingadozását két és három fog váltakozó hordása esetére 10. ábránk tünteti fel. (Bővebbet a ter-





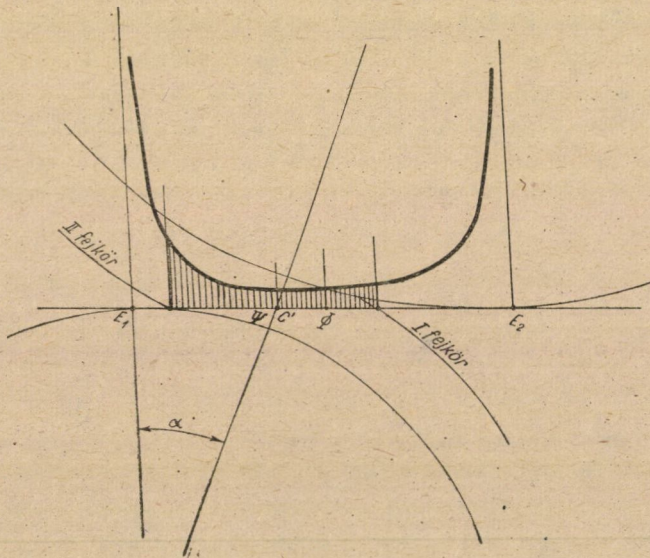
7. ábra



8. ábra

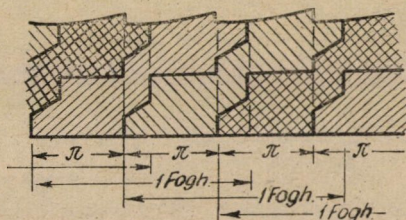
helésmegoszlás meghatározására szerző a Z. d. V. Ö. I. u. A. — 1908. Heft 36-ban megjelent értekezésében ad.) A 10. ábrából az egy fogra eső terhelésingadozást kirajzolva, azt a 11. ábránkban találjuk.

A hajlítás legnagyobb karja az egyfoghordás fázisának végén (esetleg az elején) van. Számításba (ábránk esetében) a vonalnyomásnak csak a fele veendő. Így — mivel  $\sigma_{Hmax}$  és  $tg\varphi_{max}$  (a makrosúrlódási tényező) értéke a vonal-

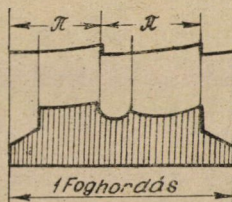


9 ábra.





10. ábra

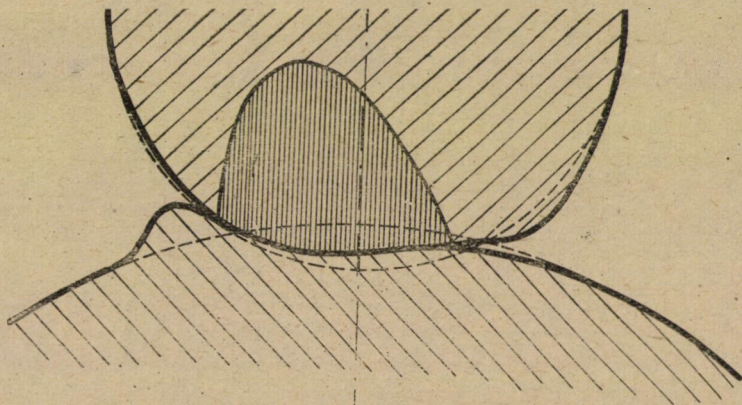


11. ábra

nyomás gyökével arányos, ezek az értékek is  $\sqrt{0,5} = 0,7$ -szeresre csökkennek. A hajlítás karja, mely a fogmagasságnak mintegy a felére eső támadópontnak felel meg, a teljes  $2,16 \cdot M_w$  fogmagasságból  $0,5 \cdot M_w$  levonásával mintegy  $1,6 \cdot M_w$ , — de legfeljebb  $2 \cdot M_w$ -nyire tehető, mint azt a hajlítógénybevétel számításánál fentebb is felvettük.

### 2. A kinetikai száraz fémi érintkezés

A fogprofilok egymáson való elmozdulása részben csúszó, részben gördülő. A sztatikai érintkezés viszonyai lényegesen megváltoznak. Két nem egyenlő görbületi sugarú felszín összenyomásánál a kisebb görbületi sugarú a másikba a közös húron túl benyomul. Az elmozdulásnál következképp anyagot kell elterelni az útból, azonfelül az apró élecskéknek, amelyek a nyomsávba szúrnak, is utat kell vágniok maguknak. Az előbbiből a mozgásellenállásnak oly része keletkezik, mely lényegesen eltér a párhuzamos felszinek esetére értelmezett



12. ábra

rendes surlódástól. Az utóbbi azonban a rendes értelmezésű surlódásnak egyik összetevője. (A surlódás részletes analizisét szerző a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Osztályának Közleményeiben adta közzé. 1951, 146—197. l.)

Az anyagelterelés ellenállását makrosurlódásnak fogjuk nevezni, míg a rendes értelmezésű surlódást — mivel az az apróbb okok egész sorából tevődik össze, melyek a nyomsávban együttesen jelentkeznek — mikrosurlódás néven foglaljuk össze.



Elmozdulásnál a nyomsáv szimmetrikus alakja eltorzul, a  $\sigma_H$  helye és nagysága is megváltozik. Itt röviden csak a lényeges következményekkel foglalkozhatunk.

A nyomsáv eltorzulását (némi torzítással) 12. ábránk szemlélteti. A behatoló profil a behatolást szenvedőnek kiduzzadását maga előtt tereli. A nyomsáv folyton megújul az elmozdulás alatt és alakja a változó görbületi sugaraknak megfelelően folytonos átmenetben változik. Ha a  $\Phi$  váltópont — melytől kezdve a behatoló profil átváltozik behatolást szenvedővé — megelőzi a  $C$  centrális pontot — melyben tiszta gördülés van — (gyorsító hajtás esete) — akkor a  $\Phi$  pontban még előre terelt duzzadás a  $C$  pontban lehengerlés alá kerül. A duzzadmánynak van egy igen kis görbületi sugarú csúcspontja, mely a lehengerlésnél hirtelen megnöveli a  $\sigma_H$  értékét és könnyen berepedést, vagy elgyürödést idéz elő. Kirepedés a duzzadmány csúcspontjában keletkezik, mert ott legnagyobb az (ismeretlen nagyságú) igénybevétel. Hertz nem ad meg értéket a húzófeszültség számítására, mert az lényegesen függ egyfelől a csatlakozó anyag tömbjének alakjától, másfelől az anyag előéletétől. (Dr. Ing. Umstätter. V. D. I. 1950. I. 21.). A kirepedés pontos helye is ismeretlen. A repedés-sáv szélesebb a nyomsávnál, azért megkülönböztetnek látszólagos (szélesebb) és valódi (keskenyebb) sávszélességet. A rendes lassító hajtás esetében a  $\Phi$  váltópont a  $C$  centrális pont után kerül kapcsolásba; az elterelendő anyag így már nem kerül lehengerlésre, hanem inkább csak lesimíttatik, ami gödrösödés vagy elgyürödés szempontjából jóval kevésbé veszélyes. Ez a meg-gondolás indokolja azt, hogy fejl visszavágásra csak a meghajtott fognál van szükség. A hajtó fejl kapcsolásba lépése már a nyitási, simító szakaszba esik és nem veszélyes. Lassító hajtásnál tehát a nagykerék fog-, gyorsítónál ellenben a kiskerék fog vágandó vissza; reverzáló járatnál mind a kettő.

Ugyanezek a meg-gondolások érvényesek a karcoló élecskék leválasztotta fémporra is, amelynek terelődése azonos irányú.

A fejl visszavágás szükségét, kedvezőtlen tapasztalatok alapján, régen felismerték. Különböféle elméleteket állítottak fel, amelyek legtöbbször az volt az elv, hogy az evolvensprofil úgy kell módosítani, hogy majd deformálódott állapotában vegye fel a tökéletes evolvens alakot. E célból módosított szer-számszabványt is készítettek, melynél a generáló vágóél már nem egyenes vonal. Ennek folytán a szerszám készítése jóval megdrágul, azonfelül nem elég modulusonként csak egy fésűkés, vagy csigamaró, hanem a fogszám szerinti változó profilok generálásához legalább is bizonyos összefoglalható fogszám-csoportokhoz, külön szerszám szükséges. Mindeme költséges szerszámokkal azonban csak bizonyos terhelésnél megfelelő javított profil érhető el, mert a behajlás mérete a terheléssel változó. Ilyen szabványosításnak ezek szerint sok haszna nincsen, de nincs is szükség ilyen drága megoldásra, mert a célt nemcsak olcsón, hanem jobban — a terheléshez beállítható mértékben — is elérhetjük. (Vidéky—Mauler eljárás). A visszavágás e módját a későbbiekben

még bővebben tárgyaljuk. Rátérünk a száraz kinetikai elmozgás további elemzésére, mely — ha a valóságos fogkapcsolásnak még távolról sem felel meg — mégis szükségünk van rá majd az olajozott kapcsolás elemzésénél.

A terhelés alatt való elmozdulás ellenállását állandóan le kell győzni. A súrlódás legyőzésére szükséges teljesítmény és a haszonteljesítmény összege a kifejtendő hajtó teljesítmény.

A súrlódási ellenállás egyik összetevője, a makrosúrlódás, anyageltérésekből származik. A másik összetevő, a mikrosúrlódás, mai napig sem tisztázott jelenség. Az egyik (a legrégebb) felfogás tisztán és egyedül az érintkező anyagok közötti kohézióknak tulajdonítja, a másik felfogás (Coulombe) szerint az egyedül a kiálló élecskék karcolásából származik. Megkülönböztetnek csúszó és gördülő súrlódást. Mindkettőnél a súrlódási ellenállás egyszerűen arányos lenne az összeszorító normálerővel. Az arányosság tényezőjét (súrlódástényezőt) végeredményben mindkettőnél azon (kísérletekből megállapított) lejtőszög (súrlódásszög) határozza meg, melyre a felszíneket megbillentve az elmozdulás (csúszó, vagy gördülő) megindul. Ez a klasszikusan egyszerű alapelv azonban csak igen korlátozott feltételek mellett érvényes. Ily feltételek talán megvalósíthatók laboratóriumi kísérleteknél, amelyek azonban a valóságban legtávolabbról sincsenek meg.

Különböző görbültségű összeszorított felszínek elmozgásának ellenállásánál az az összetevő, melyet mikrosúrlódásnak nevezünk és mely a már párhuzamosra deformálódott felszínek között a nyomsávban keletkeznek, mindenestre nagyjából arányos a normál erővel és a súrlódástényező elsősorban az anyagok fajtájától függ, azonban függ még a felszín simaságától, az intermittens oxid és más rétegektől, páralerakódásoktól és tisztátlanságoktól is.

A makrosúrlódás analízise azt mutatja, hogy annak tényezője  $\operatorname{tg} \varphi$  a felszínek görbületi sugaraival van meghatározva. Kereken  $\sin \alpha = 0,32$ -vel

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{a} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{1}{T \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\sqrt{\rho_1 \cdot \rho_2}}} = \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{1}{z_1 \cdot M_w} \cdot \frac{A - 1}{\sqrt{A \cdot (1 + A)}}}.$$

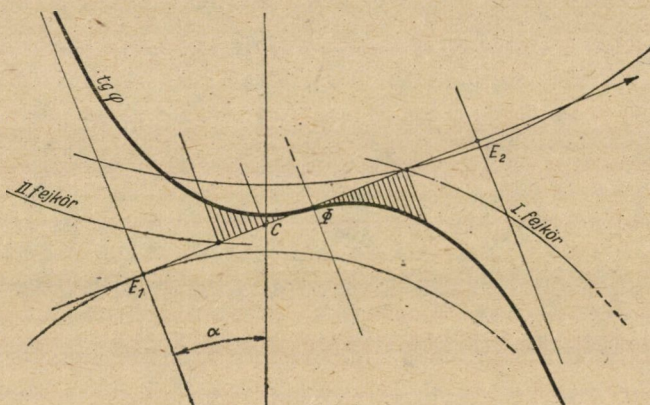
Evolvens profilokra az értékek a kapcsolóvonal mentén épügy felrajzolhatók, mint  $\sigma_H$  változás (13. ábra).

A száraz mikrosúrlódás tényezőjének megállapítása meglehetősen bizonytalan. Az említett különféle befolyásokon kívül még a nyomsávban uralkodó  $\sigma_H$ -tól sem teljesen független, mert ez a felszínek simaságát is megváltoztatja. Érezték régen is ezt a bizonytalanságot és igyekeztek némi tapasztalati módosításokat ajánlani, amelyek többé-kevésbé megbízható kísérletekből adódtak és főleg a csúszósebességgel kívántak valami kapcsolatot létesíteni. A beható analízis azonban azt mutatja, hogy a csúszósebességnek vajmi kevés befolyása van. Oroszlánrészben az anyagok kohéziója a mértékadó, úgy mint azt a legrégebbi elmélet helyesen felismerte. Az intermittens rétegek és a karcoló élek

befolyása már számottévőbb, bár ezek a bejáratás után enyhülnek. Hogy a kohézió a fő tényező, azt az is igazolni látszik, hogy egyenlő anyagok között rendszerint nagyobb a mikrosúrlódás, mint különeműek között. Sokszor ugyan éppen fordítva azt találjuk, hogy nagyobb a kohézió, de ez is csak a kohézió döntő voltát bizonyítja.

A száraz fémi súrlódásnál rendszerint a makrosúrlódás a jóval alárendeltebb összetevő; a súrlódási ellenállást túlnyomó részben a mikrosúrlódás hozza létre. A nedves kinetikai elmozgás ellenállását azonban már főképpen a makrosúrlódás okozza.

Az eddigiek csupán kiinduló alapul szolgálnak az olajozott fogkapcsolás folyamatának vizsgálatához, ami majd a tervezésnek és az alkalmazandó gyártásmódnak, valamint az ellenőrzésnek megszabja irányát és kielégítendő igényeit.



13. ábra

### 3. Evolvensprofilok terhelés alatti olajozott kinetikai elmozgása

Mihelyt az érintkező felszínek közt maradó minimális olajfilm van, az elmozdulás ellenállása legnagyobb részben folyadék belsősúrlódássá alakul és aránytalanul csökken, mert gördülő ellenállása változik a gömbalakú összenyomhatatlan folyadékmolekulák között. Feladatunk azon feltételek megállapítása, amelyek egy minden körülmények közt maradó, megszakítatlan olajfilmet biztosítanak a profilok között üzemküzben, továbbá azon mód-szerek megkeresése, melyekkel e feltételek meg is valósíthatók.

Első sorban a folyadék rétegen át közvetített ütközést kell tanulmányoznunk, mert az olajfilm megszakadását leginkább az ütközés okozza. Ha az olajfilm megszakad, fémi érintkezés jön létre és akkor a száraz érintkezésnél tárgyalt igen nagy  $\sigma_H$  értékek következtében a gödrösödés vagy elgyúródás veszedelme azonnal bekövetkezik.

Beható kísérletek azt mutatják, hogy ha a felszínek között a kenőanyag az ütközés rövididejű lefolyása alatt a nyomsávhatárokon át el tud folyni,

anélkül, hogy teljesen kiszorulna, akkor az ütközés okozta  $\sigma_H$  növekedése lényegesen enyhül és átmenetessé válik. Ha ellenben az olaj zárolt lencse (vagy sáv) alakjában bennszorul a nyomsávhatárok között, akkor a kenőanyagon át is igen nagy  $\sigma_H$  keletkezik, mely a fémanyagot már csekély ütközésnél is folyásba hozhatja.

A kísérletek tanulságai röviden a következők:

Oly kenőanyag választandó (illetőleg állítandó elő), melynek vizkozitása első sorban két főkívánalmat elégítsen ki:

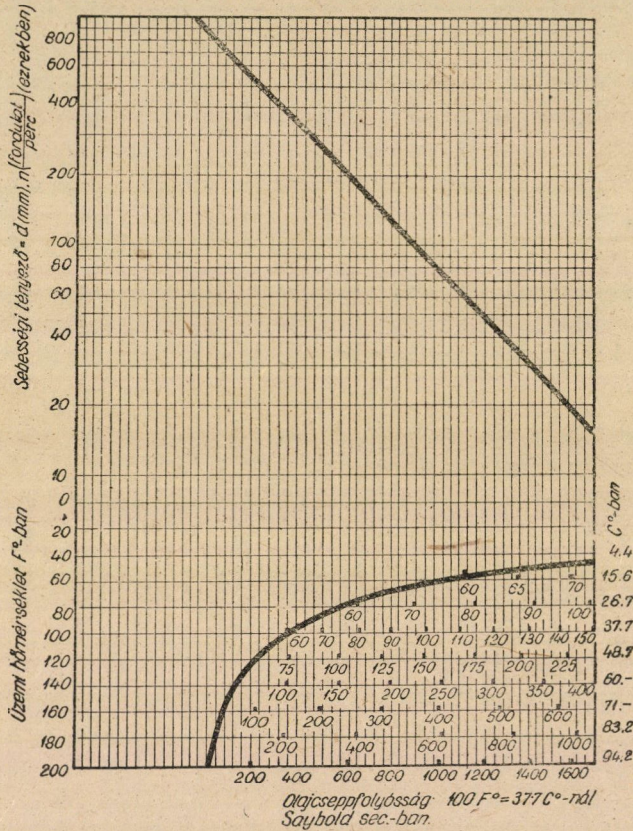
1. Az ütközési energia meleggé alakul, mely erősen csökkenti a viszkozitást. A meleg egyik része konvekció útján a kiszoruló olajjal együtt távozik, másik része kondukción útján a fém tömegébe elvezetődik. A keletkező hőmérséklettől a kenőszerszám vizkozitásának nem szabad annyira csökkennie, hogy az teljes mennyiségben kifuthasson a felszínnek közül az ütközés rövididejű lefolyása alatt. (Andrew 1924-ben végzett kísérletei szerint, ha minden deformációt maradónak tekintünk, akkor száraz ütközésnél az ütközés lefolyásának ideje független az érkező sebességtől és mintegy  $10^{-4}$  sec. rendű érték. Ez a megállapítás tulajdonképpen sztatikai elgondolású; a valóságban az ütközésidő talán még kisebb).

Ámha a kenőanyag meg is felel ennek a kívánalomnak, azon át mégis tekintélyes felszíni igénybevétel közvetítődik, ami mikroméretű helyen folyást létesíthet, mely azután gyorsan ismét megdermed. E jelenség minden kapcsolásnál ismétlődik és lassan kilágyítja ugyan a felszínt, de — ha a vonalnyomás a megengedhető határon aluli, akkor a folyás olyan mikroméretű, hogy ez a kilágyulási folyamat igen lassú — gyakorlati értelemben véve egy »örökös«-nek nevezhető, élettartamot már nem befolyásol. Az olajfajták mai, igen előrehaladott előállítási lehetőségei módot adnak a megfelelő olajnem alkalmazására. Olajok viselkedésének elméleti és kísérleti vizsgálata a különböző üzemi alkalmazásokban az utóbbi évek folyamán magas fokra fejlődött minálunk is, különösen a csapágyak olajozása terén (l. pl. Haag Dezső: Jegyzetek a kenéselmélet gyakorlati alkalmazásához. 1951). A fogaskerékkapcsolás bonyolult kinematikájánál a megfelelő kenés azonban nincsen még megoldva és erre a fontos feladatra fel kell hívnunk az olajszakértők figyelmét. Szükséges ehhez a fogaskerékszaktörők és olajszakértők szoros kollaborációja. A következőkben kísérletet teszünk a megoldásra vezető úton, hangsúlyozva, hogy ezzel a kérdést korántsem tartom megoldottnak, mert sok döntő fontosságú részlet (pl. az olajnak nagy nyomás alatt való solidifikációs tendenciája) nincsen figyelembe véve. A választandó olaj cseppfolyóssági foka (a vizkozitációs reociprok fogalma) egy tapasztalati grafikonból kivehető, mely azt Saybold sec-ban ( $37,8\text{ C}^\circ = 100\text{ F}^\circ$ -nál értelmezve) adja meg. (14. ábra)

Mielőtt rátérhetnénk a diagramnak — mely eredetileg gördülő csapágyak olajozásához készült — fogaskerékkapcsolásnál való felhasználhatóságára, néhány lényeges körülményt kell előbb tisztáznunk.



Az ütközés, melyet sztatikai értelemben vizsgáltunk, nagyjából független a sebességtől, ha azonban forgó testekről van szó, úgy a kerületi sebességnek már lényeges befolyása van az olajfilm ellenállóképességére a hidrodinamikai hatás következtében, azonfelül még az üzemi hőmérsékletnek is igen lényeges a befolyása az olaj cseppfolyósági fokára. E megfontolásnak visszahatása van a  $\Sigma\mu$  korrekcióösszeg helyes elosztására  $\mu_1$  és  $\mu_2$ -re. Nagy kapcsolósebességnél a maradó olajfilm feltételeit a hidrodinamikai hatás megjavíthatja.

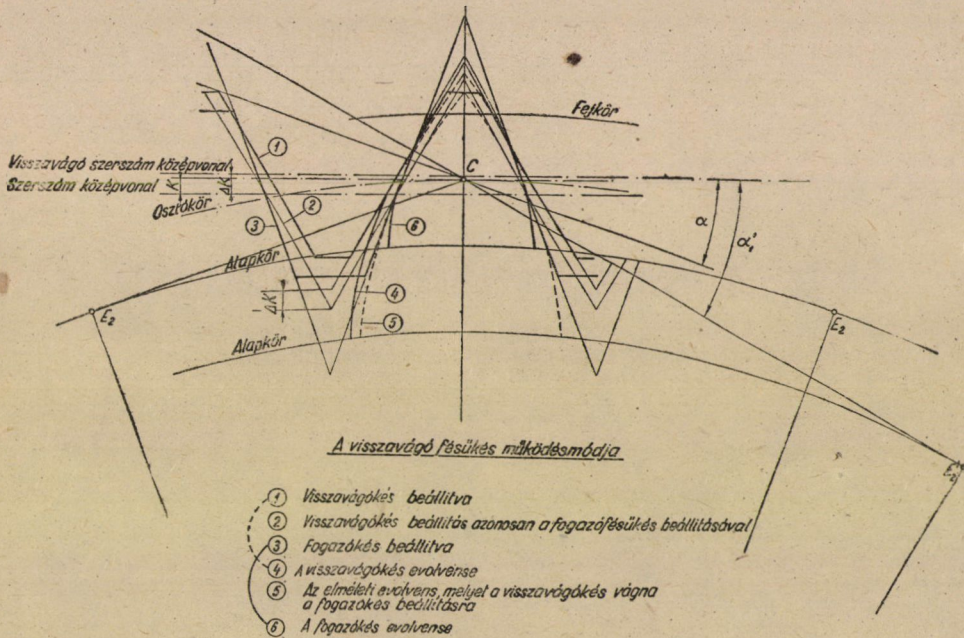


14. ábra

Az olajfilm megszakadás elleni ellenállóképessége függ az olaj tulajdonságaitól, elsősorban a viszkozitás fokától. A külső hasznos terhelésből keletkező Hertz-feszültség ellensúlyozásában az olajfilm ellenállóképességén kívül még a nagysebességű mozgástól származó hidrodinamikai járulék is közreműködik. Ha a sebesség elegendő nagy ahhoz, hogy a hidrodinamikai járulék kipótoldhassa az olajfilmnek esetleg elégtelen ellenállóképességét és ha feltehető, hogy a keletkező hőmérséklet még nem változtatja meg túlságosan a viszkozitását, akkor



a felszínek között mozgás közben egy maradó minimális olajfilm biztosítható bizonyos feltételek mellett. Ha az olajfilm már nyugvó helyzetben is megbírja a Hertz-feszültséget szakadás nélkül, akkor nincsen szükség a pótlására; ez azonban ritka eset. Da ha nyugvó helyzetben az olaj ki is szorul, mozgás közben mégis előállhat elegendő hidrodinamikai járuléék esetén. Matematikai levezetés szerint (M. Cavé.-Revue Générale de Mécanique. 1949. XII. 503—508. old.) maradó olajfilm keletkezéséhez kisebb sebesség szükséges, ha az érintkező felszínek kiterjedése és símasági foka nagyobb. Olyan olaj, melynek szakadási határa elenyészően csekély, egyáltalán nem alkalmas maradó olajfilm létrejöttéhez. Csak az oly olajnál lehetséges ez, melynek szakadáshatára már tekin-



15. ábra

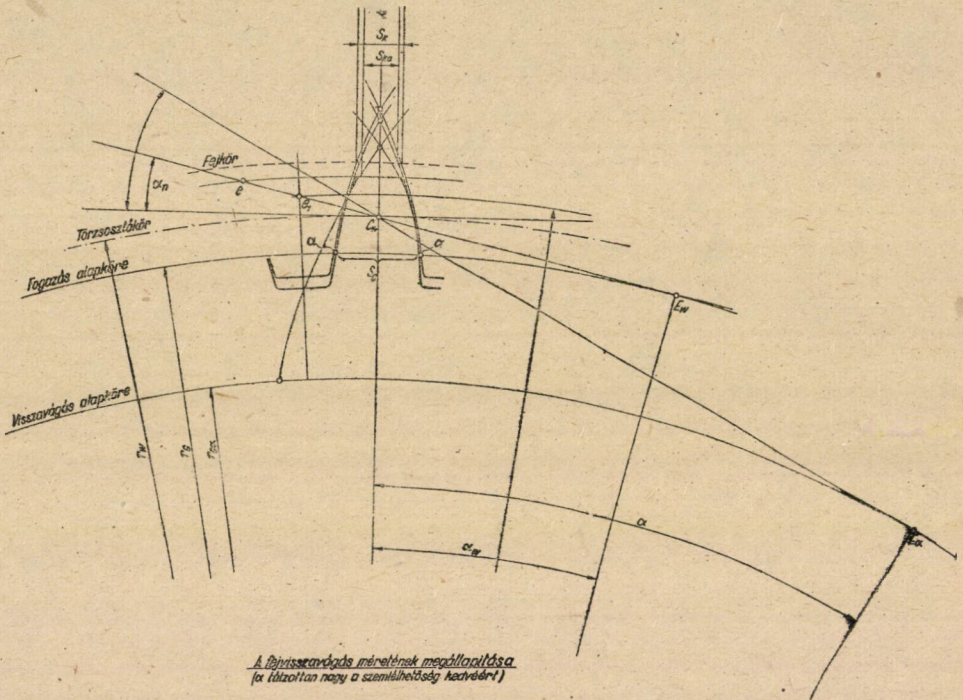
télyes, ha nem is elegendő még a külső haszonterhelés ellensúlyozására. A kapcsolás folyamán keletkező legnagyobb Hertz-feszültség a beharapás pillanatában keletkező éles, ütközéses érintkezésnél fordul elő, ha (mint azt már tárgyaltuk) a meghajtott fogfej kellő visszavágásával nem csökkentenénk. A helyes visszavágás módját a következőkben ismertetjük:

A visszavágást (15. ábra) nagyobb generáló szögű visszavágó fésűkessel állítjuk elő, mely egy, a fogakat bezáró oly evolvenspárt létesít, amelynek kihegyeződési pontja az eredeti evolvenspár kihegyeződési pontjánál mélyebben — a kerékközponthoz közelebb — fekszik. Evvel a visszavágó késsel, amely azonos osztású az eredeti késsel, a fogazást a kívánatos mélységig egyszer körülvágjuk. A kívánatos visszavágásmélység kijelölése a 16. ábrában látható módon történik. Az



effektív kapcsolóhossznak az egyfoghordás zónája fölötti részéből  $ee'$ -nyi, feláldozni szánt darabot jelölünk meg. Ezen áldozat, mint azt látni fogjuk, legnagyobb részben csak elméleti, nem valóságos veszteség; mindazonáltal nagyságát a terhelés (vagyis a várható fogbehajlás) arányában választjuk úgy, hogy a maradék kapcsolóhossz még elegendő bőséges maradjon. Az  $e$  ponton át rajzolt kör átmetszi az eredeti profilt és ettől a metszésponttól kezdődik a visszavágás.

A visszavágó kést az eredeti kés helyébe helyettesítjük be és az önműködőleg be fog igazodni a helyes helyzetbe: ha ugyanis a késtartót a szerszám-



16. ábra

cseréhez meglazítjuk és az eredeti kést kivesszük, a visszavágó kést pedig betesszük, de nem rögzítjük, akkor, ha a késtartót lassan közelítjük, a visszavágó kés oldalt, laterálisan eltolódva pontosan hozzáilleszkedik a kerékfogazáshoz. Ennek megtörténte után már rögzíthetjük a visszavágó kést és megindíthatjuk a fogazógép rendes generáló működését. A késtartót lassan közelítjük mindaddig, míg a kívánt visszavágás-mélységet el nem értük. Ekkor megszüntetve a további közelítést, valamennyi fogat ebben az állásban egyszer körülvágjuk, vagyis egy teljes tárgyfordulatot végzünk, minek folytán valamennyi fog pontosan egyenlő visszavágást nyer. Az egész művelet mindössze néhány percet vesz igénybe. A kívánt visszavágás elérését a késtartó lassú eltolása köz-

ben folytonos méréssel kell ellenőriznünk. E folyamat alatt a fogak fejevastagsága lassan csökken, amit könnyen lehet méréssel ellenőrizni, de előbb a tervezőnek meg kell állapítania a fejevastagság változása és a visszavágás mélysége közötti trigonometriai összefüggés alapján a műhelyben mérendő és elérendő fejevastagság méretét, mely a tervrajzon az egyedüli beírt adat a visszavágás számára. E trigonometriai összefüggés levezetését a 16. ábra kapcsán következőkben ismertetjük:

A már megvágott fogazásnak az  $r_w$  sugarú törzsosztó körén mért  $s_w$  fogvastagsága ismert. (Ez érték a korrekciótól és a fogjátékköztől függ. (Az alapkörön mért fogvastagság  $s_G$  ebből:

$$s_G = s_w \cdot \cos \alpha_w + 2 \cdot r_G, \text{ inv } \alpha_w$$

ahol  $r_G = r_w \cdot \cos \alpha_w$ .

A visszavágó kés generáló szögének:  $\alpha$ -nak megfelelő  $r_{G\alpha}$  sugarú alapkörön mért fogvastagság:  $s_{G\alpha}$  kiszámítása:

$$s_{G\alpha} = s_e \cdot \cos \alpha + 2 \cdot r_{G\alpha} \cdot \text{inv } \alpha$$

ahol  $r_{G\alpha} = r_w \cdot \cos \alpha$ ; és:  $s_e$  = a fogvastagság az  $r_e$  sugarú körön, mely a feláldozni szánt  $ee'$  kapcsolóhossz darabnak  $e'$  pontján megy át, melyet az egyfoghordás zónáján felül választottunk meg. Így  $r_e$  ismert. E körön a fogvastagság  $s_e$ , a visszavágástól még nem változik.

$$s_e = r_e \cdot (\text{inv } \chi_{hgy} - \text{inv } \chi_e)$$

ahol:  $\text{inv } \chi_{hgy} = \frac{s_G}{2 \cdot r_G}$ ; és:  $\cos \chi_e = \frac{r_G}{r_e}$  amihez  $\text{inv } \chi_e$  táblázatból található meg.

A visszavágás okozta fejevastagságcsökkenés =  $s_K - s_{K\alpha}$  (amit a műhelyben a visszavágás folyamata alatt folyton mérve el kell érni), fentiekkel már kiszámítható:

$$s_K = 2 \cdot r_K \cdot (\text{inv } \chi_{hgy} - \text{inv } \chi_K)$$

ahol:

$\cos \chi_K = \frac{r_G}{r_K}$  mihez  $\text{inv } \chi_K$  a táblázatból veendő;

$$s_{K\alpha} = 2 \cdot r_K \cdot (\text{inv } \chi_{hgy\alpha} - \text{inv } \chi_{K\alpha})$$

ahol:  $\text{inv } \chi_{hgy\alpha} = \frac{s_{G\alpha}}{2 \cdot r_{G\alpha}}$ ; és:  $\cos \chi_{K\alpha} = \frac{r_{G\alpha}}{2 \cdot r_K}$ , mihez  $\text{inv } \chi_{K\alpha}$  a

táblázatból veendő.

Ezekkel:

$$s_K - s_{K\alpha} = 2 \cdot r_K \cdot \{ (\text{inv } \chi_{hgy} - \text{inv } \chi_{hgy\alpha}) - (\text{inv } \chi_K - \text{inv } \chi_{K\alpha}) \}$$

ahol már minden tag ismert.

A 15. és 16. ábránknban feltüntetett nagykerékfogazás korrigálása negatív. A 15. ábrában baloldalt az eredeti fogazó kés a középhelyzetben rajzolt fogat érinti,



jobbaldalt a visszavágó kés látható, mely a visszavágandó fejélet érinti. A keskeny, háromszög alakú visszavágás ábránkban láthatóan igen jó átmenettel csatlakozik az eredeti profilhoz, jóllehet  $\alpha_w$  és  $a$  különbsége mintegy kétszerese a szokásosnak, miáltal az átmenetesség erősen durvul. A különbséget  $\alpha_w = 15^\circ$  esetén  $5^\circ$ -ra célszerű választani, mert ekkor a visszavágáshoz szabványos  $20^\circ$ -os kést használhatunk.  $\alpha_w = 20^\circ$  esetén legjobb  $26^\circ$ -os visszavágókést készíteni. Minél nagyobb a különbség, annál nagyobb a fejélen a visszavágás, de annál durvább az átmenetesség az alsó határpontnál.

Ha korábbi 5. és 6. ábránkat megfigyeljük, világossá lesz, hogy az átmenet lágyságát a fog behajlása lényegesen javítja, minek következtében a felaldozásra szánt kapcsolóhossz veszteség majdnem egészen visszatérül, a visszavágást okozta kapcsolóhossz veszteség tehát valójában elenyésző.

A tervező, mint már említettük, a visszavágás mélységét (az  $e'$  pontot) a haszonterhelés arányában és az üzem természetéhez alkalmasan fogja megválasztani.

Visszatérhetünk már most 14. ábránk diagrammjának fogazások céljaira való felhasználási módjára.

A diagramm ordináta tengelyén fent  $d \cdot n$  sebességi tényezőskála van, ahol  $d$  mm-ben értendő. Ez a sebességtényező a relatív csúszósebességnek felel meg. Fogazásnál a relatív csúszás maximális értékét leggyorsabban grafikusán állapíthatjuk meg; általában mintegy fele szokott lenni az osztókör sebességének. Legyen például:

$$v_{cs} = 10 \text{ m/sec} = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}; \text{ ebből: } d \cdot n = 200\,000, \text{ aminek megfelelő skálaponton}$$

átmenő vízszintes metszi a diagramm ferde vonalát. A metszésponton átmenő függélyes metszi azt a vízszintest, amely az ordináta tengelyen felvitt üzemi hőmérsékletskálán az esetünkben szereplő üzemi hőfok skálapontján átmege. Legyen esetünkben az üzemi hőfok például  $70 \text{ C}^\circ = 160 \text{ F}^\circ$ , — akkor az ezen átmenő vízszintesen számokkal beírva találjuk a különböző folyóssági fokokat Saybold sec.-ákban ( $37,8 \text{ C}^\circ = 100 \text{ F}^\circ$ -nál). Példánkban a választandó olajfolyóssági fokra (interpolálva) 250 Saybold sec. adódik. (Ha  $v_{cs\,mx}$  értékét egyszerűen az osztókörsebesség felére vettük volna, valamelyest kisebb folyóssági fokot kapnánk, ami nem volna hátrányos, talán még jobb is.).

Mint már hangsúlyoztam, e diagramm nem tekinthető végérvényes megoldásnak. Még sok elméleti és kísérleti felülvizsgálatra szorul. A kifogástalan megoldás hazai műszaki munkásságunknak méltó elismerést szerezne a külföldön is.

A fejvisszavágás lehetővé teszi, hogy a fogak szokásos magasságméreteit (és ezzel kapcsolószámot) megnövelhessük. Ha korábbi 7. ábránkat megfigyeljük, látható lesz, hogy a nyitási szakasz — mely az I fejkörbemetzéssel lezárul, — megrövidült. (Hosszabb lehetne, mert az egyfoghordás zónáján túl már csak  $\frac{1}{2}p$ . vonalnyomás van). Ennek fejében azonban a beharapási sza-

kasz látható módon megnövelhető, mert az ütközéses kapcsolásbalépést a visszavágás kiküszöbölte. Ez a körülmény a  $\Sigma\mu$ -nek  $\mu_1$  és  $\mu_2$ -re való elosztásnál előnyösen kihasználható, különösen bolygóműveknél, de egyebütt is. Rideg szabályt, — mely sztatikai elgondolással talán képzelhető lenne, — előírni a korrekcióösszeg elosztására és ezzel a tervezőt megkötni, nem tekinthető ajánlatosnak. Szigorúan felül kell vizsgálnunk még a tűrésekre vonatkozó alapfogalmakat, melyek általánosan szokásos értelmezése nagyobb kapcsolósebességnél korántsem helytálló, (behatóbbat R. P. Loveland General Electric Co. értekezése ad, Machine Design. 1949. IV.).

Teljesen hiábavaló lenne ugyanis a több fogméretre bizonyos tűréseket előírni és betartani, mikor nem ismerjük előbb azon »eredendő« hibák nagyságát, melyek nem a fogazógéptől, hanem mindazon egyéb előkészítő eljárások gépeitől származnak, melyek megelőzik a fogazás műveletét, valamint azoktól a hibáktól, melyek a hajtóműház megmunkálásából erednek. E hibák eredőjének nagysága a használt gépek pontossági lehetőségeitől függ és egyáltalán nem intézhető el azzal, hogy e gépektől ugyanoly szigorú tűréseket követeljünk, mint a fogazógéptől. A kapcsoló fogak között játékközre van szükség, melynek mérete a fogazandó korong és a hajtóműház gyártásánál alkalmazott tűrések együttes hatásából és ezenfelül még a hőtágulásra számítandó járulékból adódik, mint minimális követelmény. Ha minden alkatrész tökéletesen pontos lehetne és hőtágulás sem lenne, akkor kapcsolási játékközre nem lenne szükség; több alkatrész összműködésénél azonban mindig kell holtjátékot hagyni. Finomabb fogazásnál ez különösen nagy fontosságú. A fogazásra beható gyártási tűrések értékelésére olyan módszer áll rendelkezésre, mely azon alapszik, hogy a vizsgálandó kereket egy tökéletesen pontos mesterkerékkel hozzuk kapcsolatba és indikátorral, vagy regisztráló műszerrel — mely a két kerékközépponthoz van kötve — mérjük a tengelytáv változásait. Ezáltal egyetlen leolvasásban összefoglaltan megkapjuk a profilhiba-, az osztáshiba- és a kapcsolószögváltozás befolyásait éspedig:

1. »fogtól fogig« összetett hibát,
2. az ellenőrzött kerék egy teljes fordulatánál a »teljes összetett« hibát, mint tengelytávváltozás maximumokat, a hőtágulást kivéve; továbbá, ha úgy vesszük, hogy minden fogközbnél a hibamaximum lép fel.

#### *Az »eredendő« hiba megállapításának módszere*

Példánkban egy 16 fogú és 32 fogú kerékkapcsolásnál végig fogjuk követni a számítást, azon megjegyzéssel, hogy a felvett tűrések számértéke természetesen minden gyárnál és gyártási műveletnél más is lehet, továbbá, hogy azt a súlyosító feltételünket, hogy minden fogközben a maximális hiba mutatkozik, a legvégén valószínűségszámítással fogjuk korrigálni.

Jelöljük a következőképpen:

$e_1$  = a »fogtól fogig« összetevődő hiba a kiskeréknél. Tűrés = 0,02 mm. Ennek fejében a kiskerékátmérő 0,02 mm-el csökkentendő, hogy megszorulás ne lehessen. A kiskeréknél rendszerint nagyobb tűrés használatos, mint a nagykeréknél, mert a kiskerék befogása a vágásnál kedvezőtlenebb és az a szerszámhibára is érzékenyebb.

$e_e$ =excentricitás teljes mérete a kiskeréknél. Tűrés=0,025 mm. Ennek fejében a kiskerékátmérő 0,025 mm-el tovább csökkentendő.

$V_m$ =a gyártásnál keletkező átmérőeltérés. Tűrés=0,025 mm. Ezt a gépkezelőnek a vágómélység beállításánál kell betartania. A minimálásra sikerülő kerékátmérőnél a radiális lötyögés 0,0125 mm értékű lesz.

$V_d$ =a teljes átmérőcsökkenés, mely a kiskeréknél a kapcsolási játékköz számára mértékadó.

$$V_d \text{ minimum} = e_t + e_e = 0,045 \text{ mm}$$

$$V_d \text{ maximum} = e_t + e_e + V_m = 0,07 \text{ mm}$$

Mikor a kiskerék a tengelytávmérő készülékben a tökéletes mesterkerékkel kapcsol, a leolvasások 0-tól 0,057 mm= $e_t+e_e+0,5 \cdot V_m$  között ingadoznak valamennyi fogon végig haladva, bár egyik fognál sincsen 0,045 mm-nél nagyobb változás. Ezek az ingadozások a 0-tól 0,0575 mm-nyi közben bármely helyre eltolódhatnak. A kiskeréknél tehát  $V_d$  az egyetlen méret, mely mint teljes átmérőcsökkentés tekintetbe jön.

$e_m$ =a szerelési excentricitás a motornál, teljes méret. Tűrés=0,075 mm. Ennek fejében a nagykerékátmérő 0,075 mm-el csökkentendő.

$e_w$ =eredő eltérés a fogkapcsolásnál, mely abból származik, hogy a motorközépvonal nem pontosan merőleges a kerék síkjára. Tűrés=0,025 mm. Következésképp a nagykerékátmérő további 0,025 mm-el csökkentendő. Ez a kiskerékre nincs hatással, de a tengelytávra igen.

$C_M$ =a fogaskerékhez csapfuratainak az elméleti értéktől való eltérése. Tűrés=0,05 mm. Amennyiben ez csak pozitív értelmű lehet, akkor átmérőcsökkentést a nagykeréken nem kíván.

$E_w$ =eredő eltérés a fogkapcsolásnál annak következtében, hogy a fogaskerékhez szerelési felszíne nem pontosan merőleges a nagykeréktengelyre. Tűrés=0,025 mm. Ennek fejében a nagykerékátmérő 0,025 mm-el csökkentendő.

$E_m$ =szerelési excentricitás a kerékházban, teljes méret. Tűrés=0,075 mm. Ennek fejében a nagykerékátmérő ismét csökkentendő 0,075 mm-el.

$V_M$ =a gyártásnál keletkező átmérőeltérés a nagykeréknél. Tűrés=0,025 mm. Ezt szintén a vágómélység beigazításánál kell betartani. A legkisebbre sikerülő átmérőnél ez radiálisan 0,0125 mm lötyögést okoz.

$E_l$ =összetevődő hiba »fogtól fogig« a nagykeréken. Tűrés=0,0125 mm. Ennek fejében a nagykerékátmérő 0,0125 mm-el csökkentendő.

$E_e$ =teljes excentricitás mértéke a nagykeréken. Tűrés=0,025 mm. Ennek fejében ismét 0,025 mm. átmérőcsökkentés kell a nagykeréken.

$V_D$ =teljes átmérőcsökkentés a nagykeréken, mely a játékköz számára mértékadó.

$$V_D \text{ minimum} = E_e + E_l + E_m + e_w + e_m = 0,238 \text{ mm.}$$

$$V_D \text{ maximum} = E_e + E_l + V_m + E_m + E_w + e_w + e_m = 0,2625 \text{ mm.}$$

Ha a tengelytávmérő készülékben a nagykerék a tökéletes mesterkerékkel kapcsol, akkor házagnélküli kapcsoláshoz legalább  $0,5 \cdot e_m + 0,5 \cdot e_w + 0,5 \cdot E_w + 0,5 \cdot E_m = 0,1$  mm-nyi, de nem több, mint: 0,15 mm az  $E_e + E_l + 0,5 \cdot V_M$  értéken felül értékű »eredendő« fogjátékköz szükséges, valamennyi nagykerékfognál. A fogagnál egyenként a tengelytávváltozás nem nagyobb, mint 0,0375 mm, de ez bármely helyen eltolódva léphet fel 0,1 és 0,15 mm között.

\* \* \*

$B_H$ = a kapcsolási fogjátékköz teljes tangenciális mértéke.

Ez akkor lesz=0= $B_H$  minimum, ha valamennyi hibából származó maximumok mind egyidejűleg összeesnének, vagyis a legnagyobb tengelytávcsökkenés keletkeznék. Viszont:

$$B_H \text{ maximum} = (e_t + e_e + 0,5 \cdot V_m + e_m + e_w + C_M + E_w + 0,5 \cdot V_M + E_e + E_l + E_m) \cdot \text{tg } 20^\circ = 0,13 \text{ m}$$

Nem valószínű, hogy valamennyi szélső érték egyidejűleg fordul elő. A valószínűségi számítás módszereit alkalmazva a várható maximumot az előforduló változók 99,73%-ával a következő kifejezés adja:

$$B_H \text{ maximum} =$$

$$= \sqrt{[(e_e + E_e)^2 + e_t^2 + 0,5 \cdot V_m^2 + e_m^2 + e_w^2 + C_M^2 + E_w^2 + 0,25 \cdot V_M^2 + E_t^2] \cdot \operatorname{tg} 20^\circ} \\ = 0,05 \text{ mm.}$$

Ez azon minimális »eredendő« fogjátékköz, melynél feltétlenül nagyobb kell készítenünk a fogazógépen. Ezen »eredendő« hiba, illetőleg »eredendő« minimális játékköz előzetes megállapítása nélkül minden tűrés előírás a több-fogméretre jámbor illúzió, mert az csak teljesen valószínűtlen esetben lehetne megfelelő; általában vagy megszorulásra vezet, vagy túl nagy játékközre; mindkét eset romboló hatású szokott lenni. A gyakorlatban rendszerint képleteket adnak a játékközre és megfelelő tűrésekre, minden tekintet nélkül az »eredendő« szükségletre és pedig rendszeren úgy, hogy túl nagy játékköz az eredmény. A hajtókerék legkisebb meglassúdása, fékeződése ilyenkor hátra vágja a hajtófogat a meghajtott kerékkel kapcsolt lendítőtömeg energiájával és ellenkező értelmű foghajlítást idéz elő, amire az nincsen méretezve és így könnyen törést okozhat.

\*

Még néhány idevágó megjegyzést kell tennünk a fogazógép szerszámaival kapcsolatban. Gyakran alkalmaznak fogfejél visszavágó csigamarót, melyet a kívánt fogjátékköz előállításához az elméleti vágómélységnél mélyebbre kellene beigazítani és ezzel a láb és fejkörátmérő is csökkennie, valamint a kapcsolószám is. Ezt elkerülendő, a marófogak eleve vastagítva vannak annyira, hogy fej- és lábkörátmérő csökkentésre ne legyen szükség. A végleges profilt azután rendes készrevágó csigamaró vágja, mely így már nem érinti sem a fej-, sem a lábkört a kívánt fej-láb köznek megfelelő beállításnál. Fellows-rendszerű vágókerekeknél nem készítenek fejvisszavágást, hanem vastagított fogú vágókereket be lehet szerezni. A legtöbb finom fogazású kiskerék egy darabból készül a motortengellyel és itt mutatkozik a marókifutás hossz problémája, mely a maróátmérővel növekszik. Nagyatmérőlű maró tengelye szilárdabb és sok vágóéle simábbra vágja a felszínt, de hosszú a kifutása és így tengelyvégi »repülő« kerék esetén a kerék távolabbra kerül a csapágyától és a tengelyvég is jobban behajlik, a férőhely meg növekszik. Ezért szokás kétféle marót tartani a készletben: a nagyobb átmérőlűt használnák, ha a férőhely nem számít; a kisebbet az ellenkező esetben, ha kisebb pontosságot ad is. A csatolt I. táblázat 20°-os generáló szögénél  $M_w = 1$ -re, növelt tengelytávnál méreteket ad a kis homlokkerékre, mm-ben.

#### *A fogak »kopási« igénybevétele*

Régebben a fogak igénybevételenek egyik fajtájaként számították a kopást is és a kopás megengedhető mértékéről beszéltek. Mainap az ilyen felfogás már teljesen elavult. Kopásnak egyáltalában nem szabad keletkeznie;

## I. táblázat

Kis homlokkerék méretek  $M_w^0 = 1$ -re  $20^\circ$  szerszám szögénél, növelt tengelytávnál mm-ben

Fogszám z	Átmérőnövelés $\Delta D_w$	Fekőrátmérő $E_k$	A fog- kihégyeződés átmérője $D_{hgy}$	Fogvastagság- növekedés $\Delta S'$	Fogvastagság isméret $S'$	Fogvastagság- hőméret $S$	Alapkörátmérő $D_G'$	Alámetsz- határ átmérő $D_{II}'$	Osztókör- átmérő $D_w'$
6	1,29813332	9,29813332	9,03632343	0,4724818	2,04327821	2,00401284	5,63815572	5,29813332	6
7	1,18115554	10,18115554	10,07469327	0,42990545	2,00070178	1,96757328	6,57784834	6,18115554	7
8	1,06417776	11,06417776	11,10075877	0,38732902	1,95812535	1,93863192	7,51754096	7,06417776	8
9	0,94719998	11,94719998	12,11650686	0,34475259	1,91554842	1,90111914	8,45723358	7,94719998	9
10	0,83022220	12,83022220	13,12341816	0,30217617	1,87297250	1,86203230	9,93692630	8,83022220	10
11	0,71324442	13,71324442	14,12763317	0,25959974	1,83039607	1,82196486	10,33661882	9,71324442	11
12	0,59626664	14,59626664	15,11504717	0,21702331	1,78781964	1,78121304	11,27631444	10,59626664	12
13	0,47928886	15,47928886	16,10138372	0,17444688	1,74524321	1,74000554	12,21600406	11,47928886	13
14	0,36231108	16,36231108	17,08223045	0,13187045	1,70266678	1,69847244	13,15569668	12,36231108	14
15	0,24533330	17,24533330	18,05807840	0,08929402	1,66009035	1,65670350	14,09538930	13,24533330	15
16	0,12835552	18,12835552	19,02333808	0,04671769	1,61751392	1,61476016	15,03508192	14,12835552	16
17	0,01137774	19,01137774	19,99635909	0,00414116	1,57493749	1,57265547	15,97477454	15,01137774	17
18	—	20,00000000	21,02043414	—	1,57079633	1,56880332	16,41446756	16,89439996	18

a kopás helytelen tervezés folyamánya és a végromlás előhírnöke. Kopás csak az olajfilm megszakadásánál, a fémi érintkezésnél jöhet létre, kivéve ha idegen koptató anyag kerül a fogak közé. A korszerű fogaskeréktervezés alapja a maradó olajfilm biztosítása.

A fog igénybevételének csökkentésére igen hathatós mód a rugalmas lökhárítás elvének megvalósítása, ami egyfelől a maradó olajfilm által, de másfelől közbeiktatott gumipuffer csillapítással, továbbá az ikerhajtásra való bontás módjaival érhető el legjobban. E megoldások kitűnően beváltak a gyakorlatban. Elméletük és szerkesztésük tárgyalása azonban meghaladja jelen dolgozatunk keretét.

### *Kommercionális hajtóművek szabványosíthatósága*

Kiadós szabványosításra van lehetőség a »kommercionális« üzemekben használatos hajtóművek homlokkerekeinél. Kommercionális üzem alatt értendő az olyan üzem (gyáripárunkban túlnyomó számban ilyenek vannak), melynél a fogaskerekektől megkívánt követelmények mérsékeltek és átlagos jellegűek; a kellő gondossággal való beépítés, szerelés és kezelés, valamint rendes atmoszferikus környezet és hőmérséklet természetesen feltételezendő. Ily üzemekben cca 120 mm-nél kisebb átmérőjű kerekek rendszerint nem alkalmazhatók, mert hiszen a tengelyre kisebb keréknél már csak 30–40 mm maradhatna, ami rendszerint nem elég. E megfontolás alapján öntöttvasnál  $M_w = 6$  esetén  $z = 20$  fogszám, mint minimum, alkalmazásánál (és evvel a nagy fogszámok sok előnyének felhasználásánál) megmaradhatunk a profil-eltolással bővített Willis-rendszerben, érvényesítve annak minden előnyeit, kiküszöbölhetünk minden bonyolult számítást, mely a korrigálásokkal jár. Még inkább érvényes ez acélkerekeknél, ahol  $M_w = 3$  használata szabványosítható.

Öntöttvasra tehát  $M_w = 6$ , acélra  $M_w = 3$  kizárólagos használata és  $Z \equiv 20$  írható elő az ilyen kerekeknél, ami rendkívül nagy költségmegtakarítást jelent szerszámokban, egyszerűsítése a tervezésnek és semmi hátránnyal sem jár. »Speciális« körülmények esetében semmiféle szabványosítás sem kívánatos, mert az csak megkötné a tervezőt és megakadályozhatná kínálkozó előnyök kihasználásában.

»Kommercionális« kerekeknél a nagykerékre előírandó volna még, hogy csak természetes keménységű anyag használtassék és a hajtókerék fogainak fejele letompíttassék; természetes kemény anyagnál ez visszavágó fésűkessel eszközzendő. Gyorsító hajtásnál, ha a kiskerék edzett, akkor annak fogfejeleit a tányérköszörűkorongos köszörülőgépen kell letompítani.

A »kommercionális« kerék fogalmát azonban még szorosabban kell körülírunk. Így:

- a) a kapcsolósebesség  $\cong 10$  m/sec,
- b) a fognyomás  $\cong 1000$  kg,
- c) a vonalnyomás: ö. v.-nál  $\cong 100$  kg/cm,  
acélnál  $\cong 200$  kg/cm,
- d) a teljesítmény  $\cong 20$  HP,
- e) az osztóköron a fogárok ívméretnél a tûrés:  $= 0.012$ ,
- f) a tengelytáv Willis rendszerû,
- g) a nagykerékátmérõ  $\cong 1000$  mm

és talán még egyéb megszorítások, melyeket a szabványosítás feladatköre lenne pontosabban körülírni.

Kommercionálisnak számíthatók a mindennapi életben használatos rendes autók sebességváltóinak homlokkerekei, a szerszámgépek kerekei; stb. De nem számítható kommercionálisnak sem a kisebb, sem a nagyobb modulusú, méretû vagy 20-nál kisebb fogszámú kerék és nem tartozik a kommercionális területbe a csigamaróval előállított fogazás sem. (A csigamaró felette kényes hőkezelésû és megmunkálásû, költséges, bajosan utánélesíthetõ szerszám, bár van egy számottevõ elõnye, mert automatikusan enyhe és átmenetes fogfejlét letompítást és gyökfejpótlást létesít. Lásd szerzõ: Z. f. Werkzeugmacher u. Werkzeuge. 1926. No. 20. »Kritischer Vergleich der Stirnbearbeitungsweisen.«) A csigamarós előállításnak ilyen elõnyét beigazolták a hadihajók hajtómûveivel végzett óriás költségû destruktívóig vitt kísérletek (I. »Transactions of the ASME«. 1949. July No. 5. J. Monk), melyeknél a csigamaróval előállított kerekek a maximáalterhelés sokszorososa alatt több százórás üzemben túléltek minden más eljárással készült kereket).

Kommercionális kerekek területére szóló ilyenfajta szabványosítás mindenestre igen ajánlatos lenne.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Fogaskerékajtásoknál a fêrõhely- és súlycsökkentés legkiadósabban nagy fordulatszám alkalmazásával érhető el. A sarkalatos probléma: meg nem szakadó olajfilm biztosítása. Jelen értekezés a keletkező igénybevételek összefüggéseit tárgyalja kölcsönhatásban az olaj viselkedésével. Végso következtetései:

1. Minél kisebb modulus (ne nagyobb  $M_w=3$  acélnál,  $M_w=6$  ö. vasnál); nagyobb csak káros.
2. Generáló szög  $\alpha_w=20^\circ$ ; lehetőleg 18-nál nagyobb fogszámok.
3. A meghajtott fogfejlét beállítható méretû visszavágása.
4. Elsõrendû (0,012) megmunkálási tûrés, de ennél szorosabb már haszontalan.
5. Az összes segédmunkagépeknél betartható tûrések összjátékából és az üzemi hõfokból megállapítandó a minimális fogjátékköz.
6. A keletkező vonalnyomásnak és üzemi hõfoknak megfelelõ viszkozitásû és minõségû kenõanyag. Kényszerolajozás, olajhûtõ és szûrõ berendezés.

Mindeme kívánalmak kielégítendõk nagy fordulatszámoknál, de általában is ajánlatos betartásuk. Ritka kivételes üzemeknél megkívánt eltérések külön vizsgálatot igényelnek. Az esetenként megfelelõ olaj megállapítását illetõen szükség van még további elméleti és kísérleti kutatásra, melyek irányelveire az értekezés rámutat.

# A BETONADALÉK SZEMSZERKEZETÉNEK SZÁMSZERŰ JELLEMZÉSÉRŐL

POPOVICS SÁNDOR

Beérkezett 1951 június 1-én.

## I. Bevezetés

Ismeretes, hogy az azonos finomsági modulusú, de különféle szemszerkezetű adalékok vízigénye, tehát evvel együtt a beton nyomószilárdsága is gyakorlatilag azonos. A betonadalék szemszerkezetének számszerű megítélése ezért fontos és erre pl. az *Abrams*-féle finomsági modulus igen alkalmas.

A kísérleti eredmények szerint azonban a finomsági modulus-elmélet teljes általánosságban, azaz mindenféle szemszerkezetet illetően nem érvényes, más szóval a finomsági modulus megfelelő számértékén kívül az adalék szemszerkezetének még egyéb feltételeket is ki kell elégítenie ahhoz, hogy a szemszerkezet optimális legyen. Ilyen feltétel [1] pl. az, hogy a szemszerkezet vegyszemű legyen, továbbá az adalékból a finomhomoknak legfeljebb 0,3 mm alatti része hiányozhatik.

A finomsági modulus tehát önmagában nem ad biztos elbírálási alapot.

Pedig a modulus-elmélet megbízható alkalmazásának nagy lenne a jelentősége a fentiekén túlmenően is. Egyrészt, mert segítségével rossz szemszerkezetek megjavítása elvileg is, gyakorlatilag is egyszerűen történhetik. Másrészt, mert hiányos, lépcsős szemszerkezetek, vagy ehhez közelálló szemeloszlás elbírálására egyéb eljárás tudomásom szerint még nincs.

A lépcsős szemszerkezetű adalékok felhasználásának fontosságát az adja meg, hogy az ideális szemszerkezeti görbével, illetve határgörbékkel, tehát folytonos szemszerkezettel való munka elvileg ugyan egyszerű, minden áron erőltetett gyakorlati keresztülvitele azonban nagyon körülményes és költséges lehet akkor, ha a technika — vagy a természet — a megfelelő minőségű szemcsecsoportokat nem szállítja a kellő mennyiségben.

A számszerű jellemzésre való törekvés egyéb tudományágakban érthetően már régen megtalálható. Pl. közismert, hogy igen sok esetben lehet helyettesíteni valamely adathalmazt az átlagértékével.

## 2. A finomsági modulus meghatározása

Az *Abrams*-féle finomsági modulus meghatározása történhetik a közismert grafikus módszerrel, vagy *Hummel* szerint [2]:

$$m = \frac{\Sigma b}{100} \approx \frac{F}{30,1}, \quad (2.1)$$

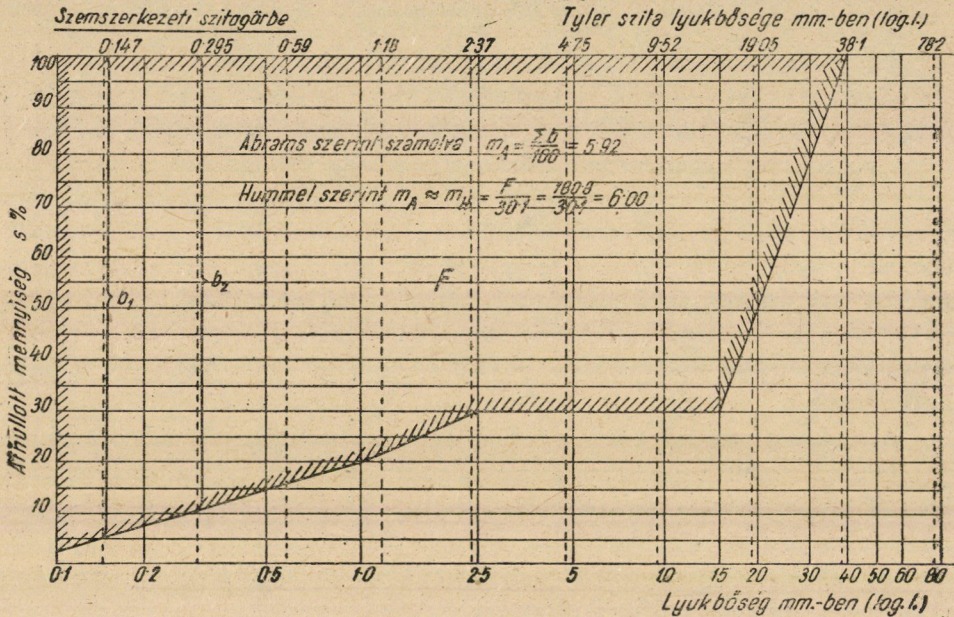


ahol

$m$  = az adalék Abrams-féle finomsági modulusa ;

$b$  = az ú. n. Tyler-szitákon fennmaradt adalékanyag mennyisége az egész vizsgált anyag súly%-ában ;

$F$  = a gyakorlatban szokásos szemilogaritmikus koordináta-rendszerben a szemszerkezeti görbe és az ordinátatengely bezárta, ú. n. Hummel-féle terület (1. ábra).



1. ábra. Az Abrams-féle finomsági modulus meghatározása

A finomsági modulus analitikai alakban is kifejezhető [3] :

$$30,1 m = 100 \log 10D - 0,4343 \int_{0,1}^D \frac{f(d)}{d} dd, \quad (2.2)$$

ahol

$m$  = a finomsági modulus az Abrams—Hummel-féle értelmezésben ;

$f(d)$  = a szemszerkezet ismert, vagy ismeretlen szemeloszlási függvénye, amely megadja az összefüggést a  $d$  szemnagyság és  $d$ -hez tartozó súly% értéke között ;

$D$  = a szemszerkezet maximális szemnagysága.

A logaritmus tízes alapú.

A finomsági modulus, mint szemeloszlási jellemzőt a matematikai statisztika eszközeivel is ki lehet fejezni. Az egyszerűség kedvéért az alábbi

bizonyítások csak differenciálható görbével jellemzett szemszerkezetekre vonatkoznak, de a gondolatmenet értelemszerűleg minden szemszerkezetre helyes.

### 3. A finomsági modulus, mint a szemnagyság logaritmusának átlaga

A matematikai statisztika a számtani közép általánosításaként valamely eloszlás átlagát, középértékét ( $\mu$ ) az  $a$ – $b$  szakaszon a következő kifejezéssel definiálja :

$$\mu = \int_a^b xh(x)dx, \quad (3.1)$$

ahol a mi jelöléseinket megtartva

$$a = 0, \quad b = D, \quad x = d \quad \text{és} \quad h(x) = 0,01 f'(d)$$

Parciálisan integrálva a 3.1 kifejezést és figyelembevéve a szemszerkezeti görbe jellegeből folyó egyszerűsítéseket, a következőket kapjuk :

$$100 \mu = \int_0^D df'(d) = [df(d)]_0^D - \int_0^D f(d) dd = 100 D - T = \Phi. \quad (3.11)$$

A 3.11 egyenlet jobboldalán levő kifejezést a 2. ábrával egybevetve láthatjuk, hogy az  $f(d)$  görbe és az ordinátatengely közé eső  $\Phi$  terület a  $\mu$  átlagértéket, illetve a %-os lépték miatt annak százszorosát adja.

De a finomsági modulus arányos Hummel-féle  $F$ -terület ugyanolyan jellegű, mint a  $\Phi$ -terület (1. ábra). Az eltérés csupán az, hogy a  $\Phi$ -terület esetében mindkét tengely lineáris léptékű, evvel szemben a Hummel-féle terület lineáris léptékű függőleges és  $\log 10 d$  léptékű vízszintes tengelyű koordináta-rendszerben van definiálva. A  $d$  helyett új változót ( $\xi$ ) bevezetve ezt a nehézséget ki lehet küszöbölni :

$$\xi = \log 10 d,$$

ekkor

$$d = 0,1 e^{2,30 \xi}$$

Evvel az új  $\xi$  változóval képzett középérték már a Hummel-féle területtel azonos :

$$30,1 m = F = \int_0^{\log 10 D} \xi [f(0,1e^{2,30\xi})]' d\xi = \int_{0,1}^D \log 10 d f'(d) dd \quad (3.2)$$

Az  $f(d)$  szemszerkezet Abrams-féle finomsági modulusa tehát nem egyéb, mint a tízszeres szemnagyság logaritmusának átlagértéke, illetve avval arányos

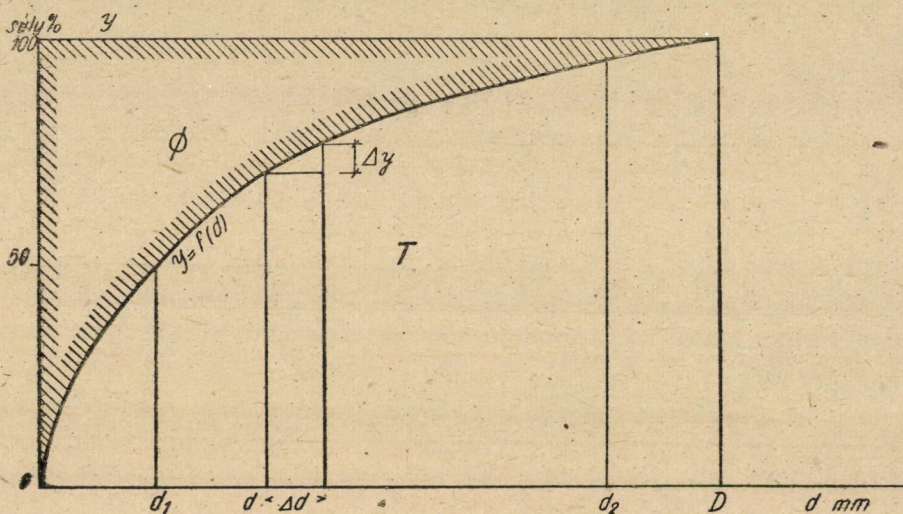


mennyiség, vagy másképpen fogalmazva a tízszeres átmérők mértani középértékének,  $k_m$ -nek a logaritmusával arányos érték.

Ugyanis

$$10 k_m = \sqrt[n]{(10d_1)^{n_1} (10d_2)^{n_2} \dots (10d_n)^{n_n} \text{ és } \Sigma n_i = n}$$

$$\log 10 k_m = \frac{1}{n} \sum_1^n n_i \log 10 d_i = \sum_1^n f_i \log 10 d_i$$



2. ábra. Szemszerkezeti görbe lineáris léptékű koordináta-rendszerben

Folytonos szemeloszlásnál az eddigi jelölések megtartásával:

$$\frac{n_i}{n} = f_i = f'(d) dd, \text{ tehát } 100 \log 10 k_m = \int_{d_1}^{d_2} \log 10 d f'(d) dd.$$

Est egybevetve a 3.2-vel kapjuk a következőt:

$$100 \log 10 k_m = 30,1 m. \quad (3.3)$$

A 3.3 képlet alapján az I. táblázatban fel van tüntetve egynéhány, a Vasbetonszabályzat 1949. 29. §-ában előírt optimális finomsági modulus értékéhez,  $m_o$ -hoz tartozó  $k_{m_o}$  átlagos szemnagyság ( $c$  = cementadagolás).

Kolmogorov kutatásai nyomán tudjuk, hogy a zúzott kövek szemszerkezete — de a homokos kavicsoké is — logaritmusosan normális eloszlást követ [4]. A normális eloszlások átlagának szerepét a logaritmusosan normált eloszlásnál a logaritmusok átlaga veszi át. A 3.2 egyenlet alapján tehát érthető, hogy

I. Táblázat

Max. szem- nagyság $D$ mm	$m_o$		$k_{m0}$ mm	
	$c=150$	$c=350$	$c=150$	$c=350$
	kg/m <sup>3</sup>		kg/m <sup>3</sup>	
5	3,10	3,70	0,85	1,30
7	3,50	4,10	1,15	1,70
10	3,90	4,50	1,50	2,25
15	4,40	4,95	2,10	3,10
20	4,70	5,30	2,60	3,90
30	5,20	5,75	3,65	5,40
40	5,50	6,10	4,50	6,85
60	6,00	6,55	6,30	9,35

betontechnológiai szempontból miért éppen a finomsági modulus a leglényegesebb számszerű szemszerkezeti jellemző.

Mennél durvább a szemszerkezet, annál nagyobb az átlagos szemnagyság és így annál nagyobb a finomsági modulus is.

A 3.2 egyenletet parciálisan integrálva egyébként a finomsági modulus 2.2 alatt közölt alakjára jutunk.

Az tehát, hogy azonos maximális szemnagyságú és finomsági modulusú adalékanyagok nem minden szemeloszlása egyformán jó, úgy magyarázható, hogy betontechnológiai szempontból még azonos átlagos szemnagyságú szemszerkezetek mellett sem engedhető meg bármilyen mértékű eltérés ettől az átlagos szemnagyságtól. Ha ugyanis ez az eltérés, az ú. n. szórás kicsi, akkor ez annyit jelent, hogy az adalékanyag nem eléggé vegyes szemű, bedolgozhatósága rossz, a hézagterfогata nagy és nem lehet vele szilárd betont készíteni. Ha viszont a szórás túl nagy, akkor az adalék vízigénye megnövekszik, tehát a beton minősége romlik.

Önként adódott most már az a gondolat, hogy ha a fenti módon értelmezett átlagos szemnagyság értéke mellett rögzítjük valamilyen módon az átlagtól való eltérést, a szórás nagyságát is, akkor az ilyen — tehát azonos átlagos szemnagyságú és azonos szórású — szemszerkezetek esetleg azonos maximális szemnagyság mellett betontechnológiai szempontból egyenértékűek a szemeloszlás mikéntjétől egyébként függetlenül.

#### 4. A fajlagos felület, mint a szórásra jellemző érték\*

A szemszerkezet szórásának mérésére a fajlagos felület értéke alkalmasnak látszik.

\* Az Alkalmazott Matematikai Intézetből értékes tanácsokat kaptam, amelyeket e helyen is megköszönök.

A tulajdonképpeni szórás helyett ugyanis vehetjük az ú. n. második momentumot, mert megkötött átlag mellett a szórásra ez is jellemző:

$$\sigma^2 = M_2^2 - \mu^2, \quad (4.1)$$

ahol

- $\sigma$  = az eloszlás szórása,
- $M_2$  = az eloszlás második momentuma,
- $\mu$  = az átlag.

Ha pedig felírjuk valamely gyakoriság szerint vett szemeloszlás fajlagos felületének értékét, akkor az  $\alpha$  konstans szorzótól eltekintve éppen a második momentumot kapjuk:

$$s = \alpha \int_{d_1}^{d_2} d^2 g'(d) dd, \quad (4.2)$$

ahol

- $s$  = a fajlagos felület,
- $d_1$  = az előforduló legkisebb szemnagyság,
- $d_2$  = a legnagyobb szemnagyság,
- $d$  = a szemcsék nagyságára jellemző méret, pl. az átmérő,
- $g'(d)$  = a gyakoriság szerint, jelen esetben a  $d$  átmérőjű szemcsék száma szerint vett eloszlás sűrűség-függvénye,
- $\alpha$  = a szemcsék alakjától, a mértékegységtől stb. függő állandó.

A fajlagos felület tehát a szemszerkezet szórására jellemző mennyiség.

A beton technológiájában a szemszerkezeti függvényt azonban nem a gyakoriság szerint, hanem súly szerint szokás megadni. Mivel a súly a gyakorisági függvény harmadik momentumával jellemezhető, azért az átszámítás lényegében úgy történik, hogy a 4.2 egyenletet  $d^3$ -mal osztjuk és a gyakoriságra jellemző  $g(d)$  függvény helyett a súly szerinti elosztást megadó  $f(d)$  függvényt vesszük, azaz az előbbi jelölésekkel:

$$s = \beta \int_{d_1}^{d_2} \frac{f'(d)}{d} dd. \quad (4.21)$$

Azonos finomsági modulus-érték mellett a fajlagos felület növekedésével a szemeloszlás szórása, azaz az átlagos szemnagyságtól jobbra-balra való eltérés is növekszik.

A finomsági modulus és a fajlagos felület értékének együttes előírása tehát voltaképpen annyit jelent, hogy megkötjük a szemszerkezet logaritmusos szemnagyságának átlagát és a szemeloszlás szórását.

Folytonos szemszerkezetek esetén a kellő szórás — éppen a folytonosság következtében — rendszerint biztosítva van, ezért itt a finomsági modulus

általában önmagában is elég a szemszerkezet jóságának megítélésére, amint ezt az eddigi ilyen irányú kísérletek igazolják is.

A felületnek, mint szemszerkezeti jellemzőnek a tekintetbevétele már csak azért is indokolt, mert az adalékanyag szemcséket a cementpépnek teljesen be kell vonnia. Az ehhez szükséges cement- és vízmennyiség pedig — ami a szemszerkezet jóságára jellemző — a fajlagos felület nagyságával feltétlenül összefügg.

### 5. A fiktív fajlagos felület meghatározása

A fiktív fajlagos felület nagyságának számítására alkalmas képlet levezetése elemi módon pl. a következőképpen történhetik :

A súlyegységben levő  $d$  átmérőjű gömbök összes  $s$  felszíne (fajlagos felülete):

$$s = \frac{6}{\gamma d}, \quad (5.1)$$

ahol

$\gamma$  = az anyag fajsúlya.

$\gamma$  = 2,65 esetén :

$$s = \frac{2,265}{d}. \quad (5.11)$$

Az 5.1 ill. 5.11 képletből  $s$  értékét  $\text{m}^2/\text{kg}$ -ban kapjuk akkor, ha a  $d$  méretet mm dimenzióban helyettesítjük be.

Legyen adott egy valamely szemszerkezet-eloszlás egyenlete

$$y = f(d),$$

ahol  $y$  a  $d$  átmérőjű szitán (rostán) áthulló mennyiség súlyát jelenti. Kérdés, mekkora a  $d_1$  és  $d_2$  szemnagyság határok közötti, de egyébként az  $f(d)$  egyenlettel jellemzett szemeloszlású, gömbökből állónak képzelt halmaz fajlagos felülete.

A megadott szemszerkezetünkben a  $d$  átmérőjű szemnagyságból  $\Delta y$  mennyiség van, ez pedig jó közelítéssel (2. ábra) :

$$\Delta y = f'(d) \Delta d.$$

Ennek a részmennyiségnek a felülete tehát

$$\Delta s = \frac{6}{100 \gamma d} \Delta y = \frac{6}{100 \gamma d} f'(d) \Delta d,$$

azaz

$$s = \frac{6}{100 \gamma} \int_{d_1}^{d_2} \frac{f'(d)}{d} dd. \quad (5.2)$$



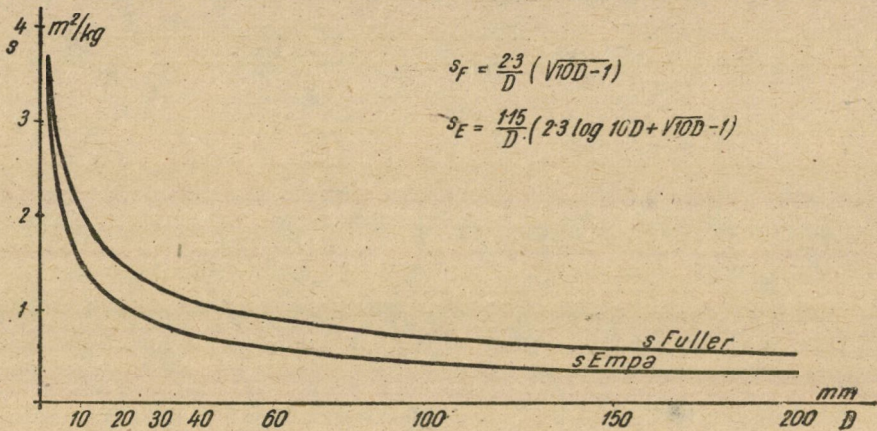
Az 5.2 képletbe a 100 osztó azért került be, mert az  $\gamma$  az %-ban kifejezett érték. Ugyanez a képlet adódik egyébként akkor is, ha nem gömb-, hanem kocka-alakból indulunk ki. Az 5,2 kifejezés a fajlagos felületet  $m^2/kg$  dimenzióban adja.

Mielőtt tovább mennénk, nézzük, hogy speciális  $f(d)$  és  $\gamma = 2,65$  esetén  $s$ -re milyen kifejezéseket kapunk.

a) Jellemezze a szemszerkezet-eloszlást a Fuller-parabola:

$$f(d) = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

$$f'(d) = \frac{100}{2\sqrt{Dd}}$$



3. ábra. Fuller és EMPA szemszerkezetű adalék fajlagos felülete a max. szem nagyság függvényében

Legyen  $d_1 = 0,1$  mm,  $d_2 = d_{\max} = D$  mm, akkor

$$s_F = \frac{2,27}{2\sqrt{D}} \int_{0,1}^D \frac{1}{d^{3/2}} dd = \frac{2,27}{\sqrt{D}} \left[ \frac{1}{d^{1/2}} \right]_{0,1}^D = \frac{2,27}{D} (\sqrt{10D} - 1) \quad (5.21)$$

b) Legyen

$$f(d) = 50 \left( \frac{d}{D} + \sqrt{\frac{d}{D}} \right) \text{ (EMPA görbe)}$$

$$f'(d) = 50 \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{2\sqrt{dD}} \right)$$

$$s_E = \frac{1,135}{D} \int_{0,1}^D \frac{1}{d} dd + \frac{1,135}{2\sqrt{D}} \int_{0,1}^D \frac{1}{d^{3/2}} dd = \frac{1,135}{D} (2,30 \log 10 D + \sqrt{10D} - 1). \quad (5.22)$$



A 3. ábrán látható, hogy a  $0,1-D$  mm intervallumban a Fuller-parabola, illetve EMPA-görbe szerinti szemeloszlású gömbhalmazok fajlagos felülete hogyan változik a maximális szemnagysággal. (Ha a  $0,1$  mm-nél kisebb részeket is számításba vesszük, akkor a fajlagos felület természetesen nagyobb lesz.)

c) Ha  $d_1$  és  $d_2$  szemnagyságok között a szemeloszlás lineárisnak tekinthető, akkor

$$f(d) = 100 \frac{d - d_1}{d_2 - d_1} \quad f'(d) = 100 \frac{1}{d_2 - d_1}$$

$$s = \frac{6}{\gamma(d_2 - d_1)} \int_{d_1}^{d_2} \frac{1}{d} dd = \frac{13,82}{\gamma(d_2 - d_1)} \log \frac{d_2}{d_1} \quad (5.23)$$

Ha  $\gamma = 2,65$ ; akkor

$$s = \frac{5,22}{d_2 - d_1} \log \frac{d_2}{d_1} \quad (5.24)$$

$d$  mm-ben,  $s$  pedig  $m^2/kg$ -ban értendő.

Ennek a képletnek a segítségével történt a II. táblázat  $s$  értékeinek kiszámítása.

II. Táblázat

Szemcseátmérő $d_1 - d_2$ mm	Finomsági modulus Abrams szerint $m$	Fajlagos felület. $s$
0,1 — 0,147	0	18,60
0,147 — 0,295	1	10,67
0,295 — 0,59	2	5,33
0,59 — 1,18	3	2,66
1,18 — 2,37	4	1,33
2,37 — 4,75	5	0,67
4,75 — 9,52	6	0,33
9,52 — 19,05	7	0,17
19,05 — 38,1	8	0,08
38,1 — 76,2	9	0,04

Ha az  $f(d)$  egyenletet nem ismerjük ugyan, de a szemszerkezet-eloszlást szitálással, vagy egyéb módon meghatároztuk, a halmaz fajlagos felületét akkor is ki lehet számítani a II. táblázatban közölt adatok segítségével.

Az 5.2 képlet azonban lehetővé teszi az egyszerű, általánosabb eljárás alkalmazását is. Ugyanis

$$\int_{d_1}^{d_2} \frac{f'(d)}{d} dd = 2,30 \int_{d_1}^{d_2} f'(d) d \log d$$

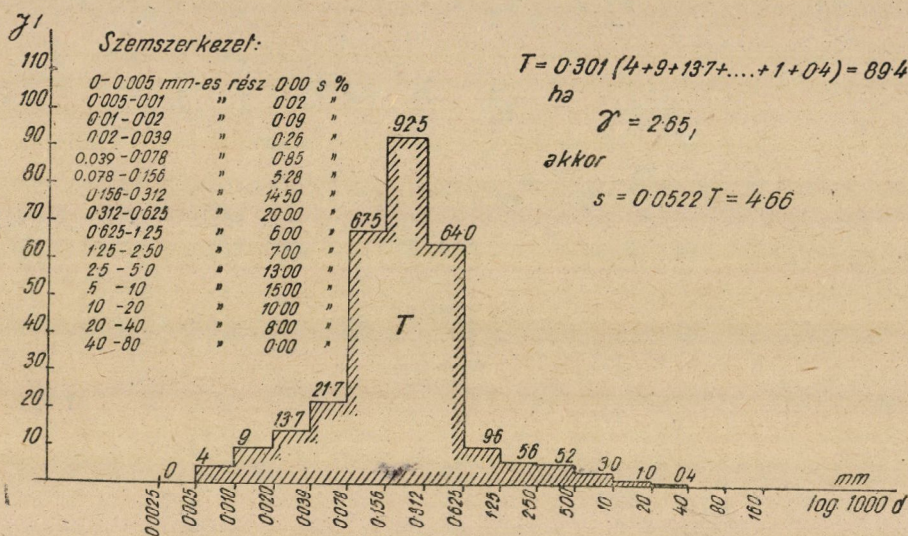


azaz a fajlagos felület — lineáris léptékű  $y$  és közönséges logaritmusos léptékű  $d$  tengelyes, szemilogaritmikus koordináta-rendszert alkalmazva — arányos a  $d$  tengely és az  $f'(d)$  differenciál-görbe közé zárt  $T$  területtel (4. ábra):

$$s = \frac{13,82}{100 \gamma} T. \quad (5.3)$$

Ezt a  $T$  területet a Hummel-féle terület meghatározásával teljesen analóg módon számíthatjuk ki.

Így a két szemszerkezeti jellemzőnek, az átlagnak és a szórásnak a meghatározása könnyen megszerkeszthető szemeloszlási görbék ordinátáinak összegezésére, tehát gyakorlatilag egyszerűen elvégezhető műveletre van visszavezetve.



4. ábra. A  $T$ -terület, mint a fajlagos fiktív felület mérőszáma

Az ily módon számított  $s$  a szemszerkezeti jellemző. Mint felület fiktív, értéke nem adja meg az adalékanyag fajlagos felületének valódi nagyságát, mert az egyes szemcsék alakja eltér az előző számításokban alapul vett gömb- vagy kocka-alaktól.

A fiktív fajlagos felület és a tényleges fajlagos felület értéke annál inkább megegyezik, minél zömökebb az adalék szemcsealakja.

#### 6. A finomsági modulus-elmélet hiányossága

Hogy egyedül a finomsági modulustól miért nem várható valamely hiányos szemszerkezet megbízható elbírálása, annak másik magyarázata a következő:

$n$  számú, különböző szétrostált adalékfrakcióból állítsunk össze előírt  $m_0$  finomsági modulusú szemszerkezetet. A feladat megoldásához két egyenlet

áll rendelkezésünkre :

$$\begin{aligned} a_1 m_1 + a_2 m_2 + \dots + a_n m_n &= m_0 \\ a_1 + a_2 + \dots + a_n &= 1, \end{aligned} \quad (6.1)$$

ahol

$a_i$  = az egész keverékben az  $i$ -edik frakció súlyaránya,

$m_i$  = az  $i$ -edik frakció finomsági modulusa.

Ha  $n > 2$ , akkor a feladatnak végtelen sok megoldása van annak megfelelően, hogy adott finomsági modulus végtelen sok egymástól különböző szemszerkezettel elérhető.

Az ú. n. *Tyler*-szitasorozattal szétválasztott adalékfrakciók esetén az egyes szemcsecsoportokhoz tartozó  $m_i$  finomsági modulus — *Abrams* szerint — a *II. táblázat*  $m$  rovata tartalmazza.

Amint látható, az  $m$  értékek a 6.1 első egyenletében szereplő  $a$  súlyarányok együtthatói. Ebből azonban következik az, hogy pl. amíg a 0,147 mm-nél kisebb részek mennyisége — definíció szerint  $m = 0$  lévén — az  $m_0$  értékét közvetlenül nem befolyásolja, továbbá a  $\sim 0,15-0,30$  mm-es szemcsecsoport súlyarányának  $\Delta a = \pm 0,1$ -el (10%-kal) való megváltoztatása az  $m_0$  értékében csak  $\Delta m_0 = \pm 0,1$  elhanyagolható eltérést okoz, addig a  $\sim 40-80$  mm-es frakció mennyiségének ugyancsak  $\Delta a = \pm 0,1$ -del való megváltoztatása folytán  $\Delta m_0 = \pm 0,9$  már számottevő különbség jön létre. Pedig betontechnológiai szempontból a kb. 0,1 mm méretű szemcsék mennyiségének 10%-os változása lényegesen fontosabb, mint a 40–80 mm-es frakció ugyanilyen mérvű ingadozása. [5]

A finomsági modulus számértékében tehát a kis szemmagyságú részek aránylag kisebb súllyal esnek latba, mint a durvább részek.

### 7. A fajlagos fiktív felület, mint szemszerkezeti jellemző

Ezen a hiányosságon úgy lehet segíteni, hogy az  $m$  értékek mellé bevezetünk egy másik olyan számszerű szemszerkezeti jellemzőt, amelyiknek értéke a szemcse-átmérők csökkenésével növekszik. Ilyen jellemző pl. a szemcsék  $s_0$  fajlagos fiktív felülete.

Ily módon a 6.1 egyenletek mellé még egy harmadik egyenletet állíthatunk fel annak feltételeként, hogy a szemszerkezet fajlagos felülete az előírt  $s$  legyen :

$$a_1 s_1 + a_2 s_2 + \dots + a_n s_n = s_0, \quad (7.1)$$

ahol

$s_i$  az  $i$ -edik frakció fajlagos fiktív felülete.

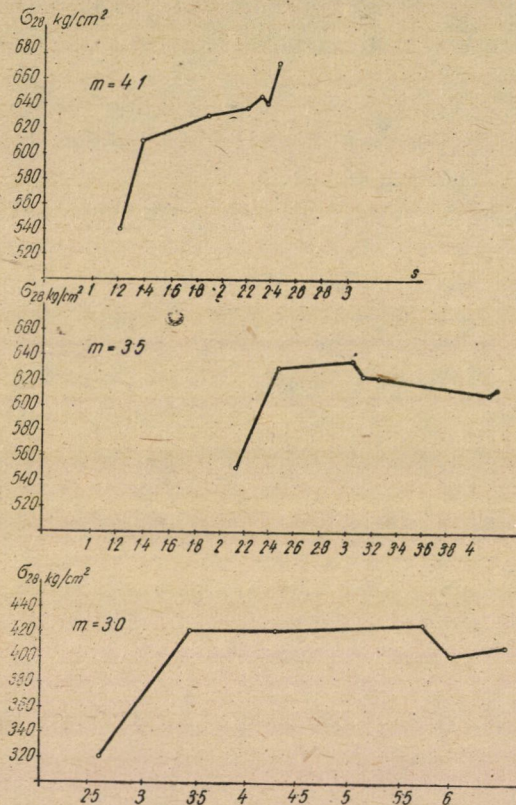
A *Tyler*-szitasorozattal szétválasztott frakciók esetén az egyes szemcsecsoportokhoz tartozó  $s_i$  fajlagos felület számértékei gömbalakú szemcséket



és a feltüntetett határok között lineáris szemeloszlást feltételezve a II. táblázat s rovatában vannak megadva.

A 7,1 jelű egyenlet gyakorlati alkalmazásához szükséges a legkedvezőbb felületértékeknek, az  $s_0$  értékeknek ismerete. Helyesebben szólva az, hogy ismerjük az előírt finomsági modulus mellett a fajlagos felület optimális értékét.

A 6.1 és 7.1 egyenletekben szereplő összetartozó  $m_0-s_0$  értékpárok táblázatos összeállítására van tehát szükség és ezt terjedelmes kísérletsorozat alapján



5. ábra. Azonos finomsági modulusú adalékokkal készült cementhabarcsok 7 cm-es kockaszilárdsága a fajlagos felület függvényében

lehetne elkészíteni. Ennek hiányában a gyakorlatban már bevált szemszerkezetek  $m_0-s_0$  értékeit lehet alapul venni.

Palotás [6] az elfogadható fiktív felülethatárokat a következő példával világítja meg:

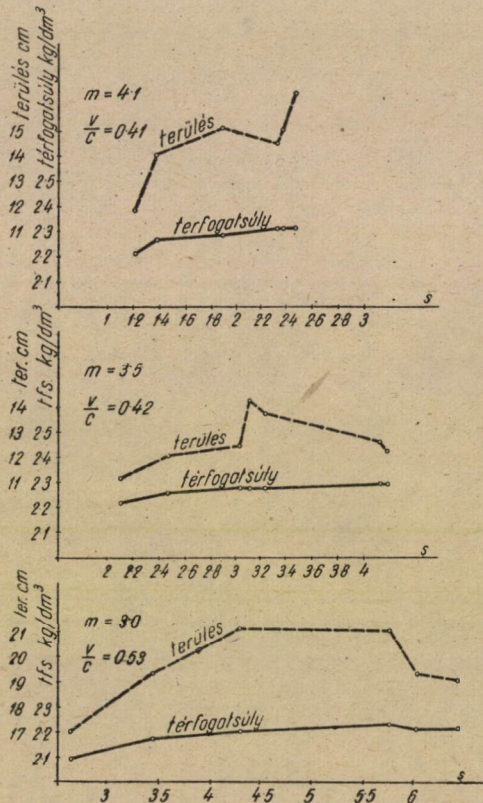
Az  $m = 5,8$  értékhez tartozó átlagos átmérő 5,6 mm. Az 5,6 mm átmérőjű egyszemcsés adalék fiktív felülete  $s_a = 0,40 \text{ m}^2/\text{kg}$ . Ezt az értéket az alkalmazható adalék alsó szélső határául fogadhatjuk el. Ennél a szemszerkezet fiktív felülete okvetlenül nagyobb kell, hogy legyen.



Jó közepes értéknek minősíti az alábbi képletből kiszámítható értéket :

$$s = \frac{2,26}{(n-1)D} \left[ \left( \frac{D}{0,1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

ahol  $n$  az  $m$  finomsági modulusú, 0,1 mm legkisebb szemnagyságú parabolikus szemszerkezet foka.



6. ábra. Azonos finomsági modulusú adalékokkal készült cementhabarcsok konzisztenciája és térfogsúlya a fajlagos felület függvényében

Ha  $m = 5,8$ , akkor  $n = 2,1$  és így  $s_k = 1,13 \text{ m}^2/\text{kg}$ .

A felső szélső határt megkaphatjuk, ha az  $m = 1$  finomsági modulusú, azaz 0,15/0,3 finom egyszemcsés és  $m = 8$  finomsági modulusú legdurvább egyszemcsés 20/40 szemnagyságú anyagból képzeljük a szemszerkezetet lépcsősen előállítva, azaz ekkor a 0,15/0,30-as anyagból kell 31,4%, a 20/40-es anyagból pedig 68,6%, tehát

$$0,314 \cdot 1 + 0,686 \cdot 8 = 5,8$$

és így

$$s_f = 0,314 \cdot 10,7 + 0,686 \cdot 0,08 = 3,46 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Ehhez kapcsolódó kérdés aztán az, hogy a fajlagos felület értéke milyen mértékben hat vissza a finomsági modulus optimális értékére, vagyis az  $s_0$  kellő kiválasztása esetén nem adnak-e kedvezőbb szilárdsági eredményeket a finomsági modulus eddigi optimumától eltérő értékek. Emellett a gondolat mellett szól az a körülmény, hogy az erősen kavicsos, azonos finomsági modulusú adalékok bedolgozhatóságát az eddigi kísérletek szerint (5. és 6. ábra) az  $s$  érték növelésével meg lehet javítani. Ennek a kérdésnek a tisztázása is kísérleti úton történhet.

### 8. Kísérletek

A finomsági modulus és a fajlagos felület együttes alkalmazhatóságának kísérleti igazolására lássunk néhány vizsgálati eredményt.

#### a) Palotás kísérletei [1]

Az 5. ábrán Palotás azonos finomsági modulusú dunahomok-féleségekkel készült plasztikus cement-habarc kísérleteinek 28 napos nyomószilárdsági értékei vannak feltüntetve a fajlagos felület függvényében. A habarcsösszetétel az ábrából kiolvasható. A kísérlet részletes leírása és az eredmények számértékei, továbbá a különböző szemszerkezet görbéi az eredeti cikkben megtalálhatók.

Ugyanezen kísérletsorozat képlékenységi és tömörségi viszonyait a 6. ábra mutatja. A szétterülés meghatározása a DIN 1164-ben előírt kis rázóasztalon történt. A közölt konzisztencia-számok a 20 esés után mért habarcs-lepény szétterülések centiméterben.

Ezekből az ábrákból látható, hogy azonos finomsági modulusú adalékanyagok a habarcs nyomószilárdsága, tömörsége és — ha a terület-méréssel járó bizonytalanságokat tekintetbe vesszük — konzisztenciája szempontjából fajlagos felületük alapján jól osztályozhatók és rangsorolhatók.

#### b) Az ÉTI laboratóriumban végzett cementhabarcs kísérletek.

A kísérleteket tatai nagyszilárdságú portlandcementtel végeztük.

A keverés és tömörítés kézi erővel történt. Utókezelés: 1 napig formástól nedves térben, majd kiformázva törésig szobalevegőn.

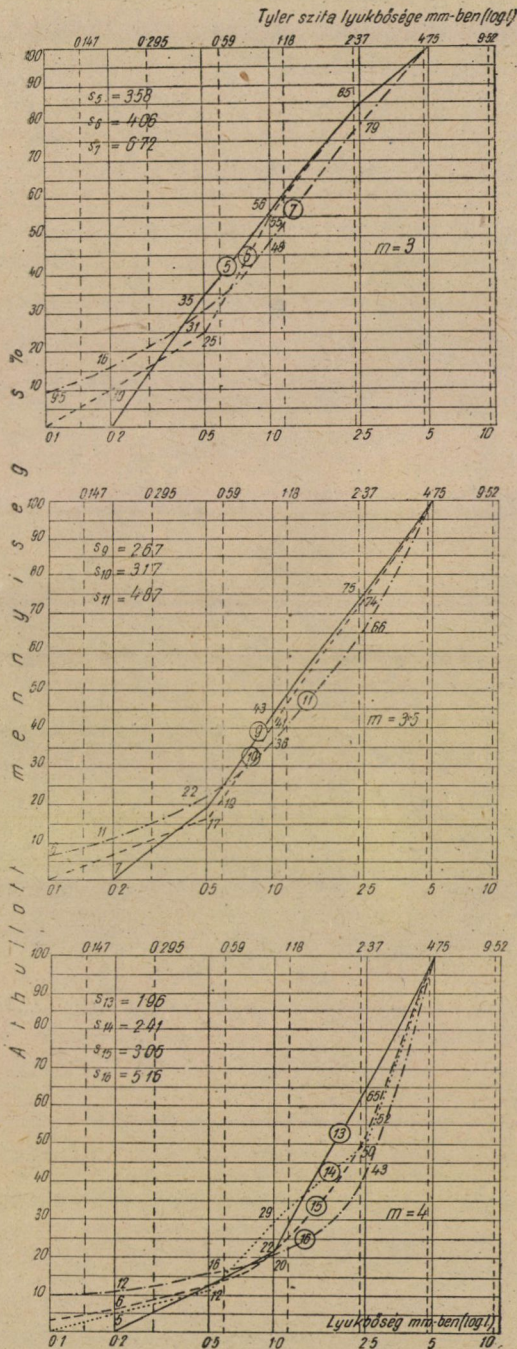
Valamennyi keverék konzisztenciája azonosan félplasztikus volt. Szétterülés a DIN 1164-ben előírt kis rázóasztalon mérve 20 ütés után kb. 10,5 cm.

A kísérletekhez  $m = 3, 3,5$  és 4 finomsági modulusú folyami homokot alkalmaztunk 3–4 különféle  $s$  fiktív felületű szemszerkezettel. A 0–0,2 mm-es részt  $s \approx 20$ , a 0–0,1 mm-es részt  $s \approx 40$  értékkel vettük számításba. A szemszerkezetek a 7. ábrán láthatók.

A 7 napos nyomószilárdsági eredmények a III. táblázatban, továbbá a 8., ill. 9. ábrában vannak összefoglalva.

Ennek az aránylag kis terjedelmű kísérletsorozatnak alapján az azonos finomsági modulusú adalékkal készült habarcsok szilárdsága és az adalék fajlagos fiktív



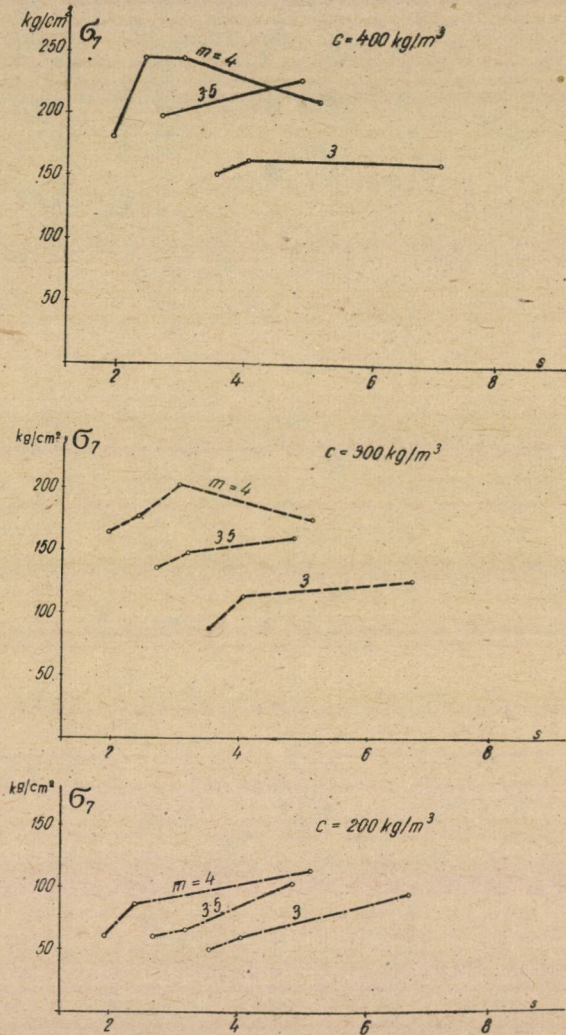


7. ábra. Azonos finomsági modulusú, különböző fajlagos felületű szemszerkezetek



felülete között — az adott esetben — a következő kvalitatív összefüggések olvashatók le a 8. és 9. ábrákból:

$\alpha$  Adott finomsági modulus és azonos cementadagolás mellett van olyan (optimális) felületérték, amely mellett a nyomószilárdság a legnagyobb.



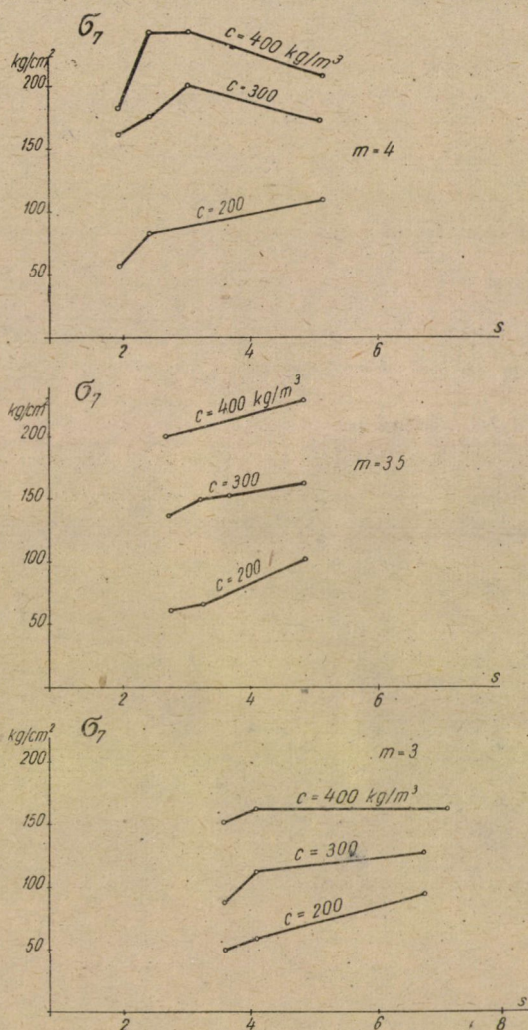
8. ábra. Összefüggés a nyomószilárdság és fajlagos felület között azonos cementtartalom mellett

$\beta$  Azonos finomsági modulusnál az optimális felület a cementadagolás csökkentésével a nagyobb értékek felé tolódik, egybehangzóan avval a régebbi tapasztalattal, hogy kis cementadagolásnál finomabb adalékot kell használni.

$\gamma$  A kis felületű adalékok alkalmazása, tehát a finom részek hiánya jelentős szilárdságcsökkenést okoz.



δ Különösen jelentős a fajlagos felület jelentősége kis cementtartalomnál. Amint a 8. ábrából látható, 200 kg/m<sup>3</sup> cementadagolásnál pl. a 100 kg/cm<sup>2</sup> 7 napos nyomószilárdságot el lehet érni  $m = 3, 3,5$  és 4 finomsági modulusokkal



9. ábra. Összefüggés a nyomószilárdság és a fajlagos felület között azonos finomsági modulusok esetén

egyaránt a fiktív felület nagyságától függően. Ez a körülmény a cementben takarékos beton gazdaságos szemszerkezetének megválasztásakor, illetve megjavításakor fontos.

Az optimális felületértékekre e kísérlet kis terjedelme miatt általánosan érvényes számértékeket megadni nem lehet. Ehhez az eddigieknél jóval nagyobb terjedelmű vizsgálatokra lenne szükség.



III. táblázat

Szemszerkezet jele	m	s	Vízementtényező			Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>		
			200	300	400	200	300	400
			kg/m <sup>3</sup> cem. ad.			kg/m <sup>3</sup> cement adagolás		
5	3	3,58	1,0	0,71	0,60	50,2	87,9	153,2
6		4,06				59,4	113,7	163,6
7		6,72				94,1	126,6	162,1
9	3,5	2,67	1,0	0,69	0,58	60,4	136,6	198,6
10		3,17				64,4	148,8	—
11		4,87				109,0	160,9	228,8
13	4	1,96	0,92	0,60	0,50	60,2	160,4	183,8
14		2,41				86,2	177,2	246,4
15		3,05				76,9	203,2	244,4
16		5,16				113,1	176,5	210,0

c) Az ÉTI laboratóriumban végzett betonkísérletek.

c/1. Dunai eredetű homokból és kavicsból a 10. ábrán látható szemszerkezeteket készítettük. Mind a 3 szemszerkezet finomsági modulusa és fajlagos felülete gyakorlatilag azonos:

$$m \approx 5,5 \quad s \approx 2,75 \text{ m}^2/\text{kg}.$$

E három egymástól erősen eltérő szemszerkezetű adalékkal készült beton nyomó- és hajlítószilárdságának összehasonlítására 270 kg/m<sup>3</sup> nagyszilárdságú portlandcement-adagolással és 0,65 vízementtényezővel 20 cm élhosszúságú betonkockákat és 15×15×70 cm méretű hasábokat készítettünk. Ezeket 7 napos korban törtük el. A próbatestek előállítása, tárolása és törése a MNOSz 934. vonatkozó pontjai szerint történt.

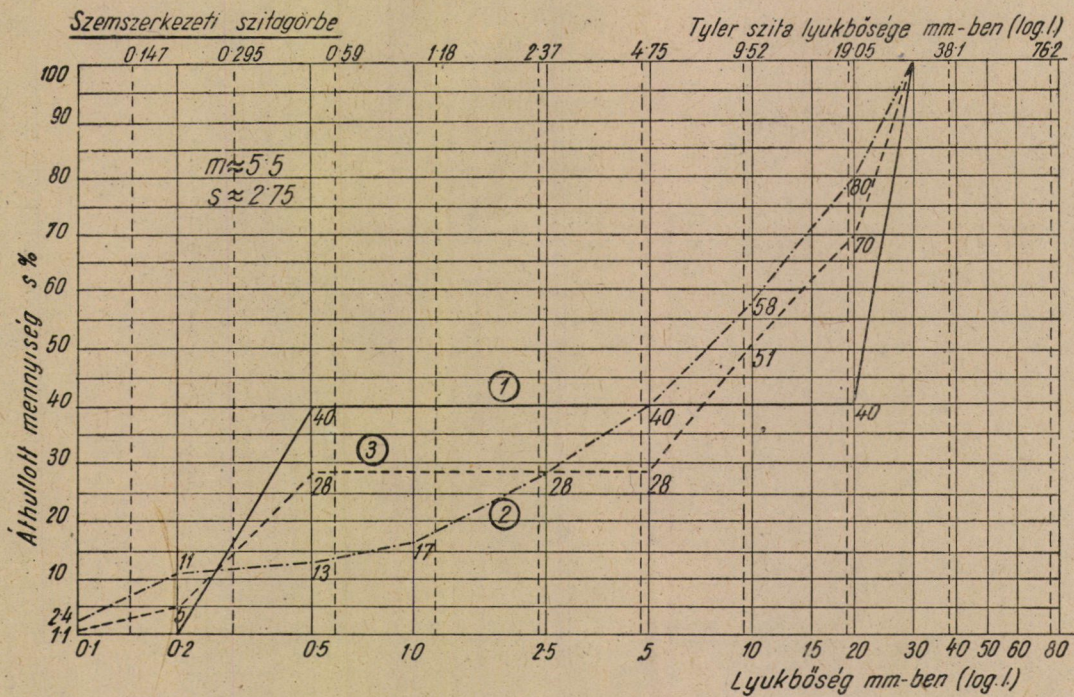
Az átlagos eredmények a következők voltak:

A szemszerkezet jele	Térfogatsúly töréskor kg/m <sup>3</sup>	Nyomószilárdság kg/cm <sup>2</sup>	Hajlítószilárdság kg/cm <sup>2</sup>
1.	2340	107	22,2
2.	2360	122	24,6
3.	2370	108	—

Mind a három betonféleség tehát azonos bedolgozhatóság mellett gyakorlatilag azonos nyomószilárdsági és hajlítószilárdsági értéket adott annak ellenére, hogy a 2. jelű szemszerkezet 9 *frakcióból*, a 3. jelű szemszerkezet 6 *frakcióból*, az 1. jelű pedig csak 2 *frakcióból* áll.

Ugyanazon vízementtényező alkalmazása mellett szemlélet szerint az 1. jelű friss beton konzisztenciája félpasztikus, a 2. jelűé pasztikus, a 3. jelűé a kettő közötti volt. A konzisztenciák közötti eltérés a szemszerkezetek külön-



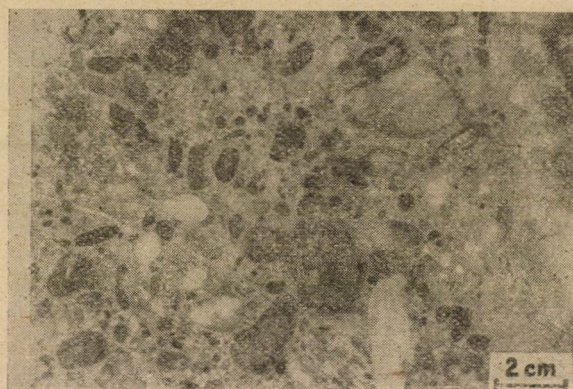


10. ábra. Azonos finomsági modulusú és azonos fajlagos felületű szemszerkezetek I.



bőző mértékű víztartásával függ össze. Ez a bedolgozhatóságot nem érintette, mert ugyancsak a szemlélet szerint mindhárom keverék azonosan jól bedolgozható volt.

Az 1., illetve 2. jelű adalékkal készült beton strukturáját a 11. ábra mutatja.



11. ábra. A 10. ábrán feltüntetett 1. és 2. jelű szemszerkezettel készült betonok strukturája

Ugyancsak dunai homokoskaviccsal végeztük az alábbi összehasonlító beton-kísérleteket.

c/2. Előállítottuk a 12. ábrán látható három különböző szemszerkezetet. A folytonos, 4. jelű szemszerkezet görbéje az EMPA parabola. Mind a három szemeloszlás finomsági modulusa és fajlagos felülete gyakorlatilag azonos volt. ( $m = 5,5$ ,  $s = 1,8$ .)

Cementadagolás:  $350 \text{ kg/m}^3$  selypi 280-as cement.

Bedolgozás: mindhárom szemszerkezet esetén szemlélet szerint azonosan jó.

Vízcementtényező: 0,53.







c/3. A 13. ábrán feltüntetett 3 különböző szemszerkezeti görbe finomsági modulusa  $m = 5,8$ , fajlagos felülete pedig  $s = 2,1$  volt. A folytonos (7. jelű) szemszerkezet görbéje a Fuller-parabola. Cementadagolás:  $400 \text{ kg/m}^3$  tatabi 500-as cement. Bedolgozás: mindhárom szemszerkezet esetén szemlélet szerint azonosan jó. Vízcementtényező:  $0,425$ .

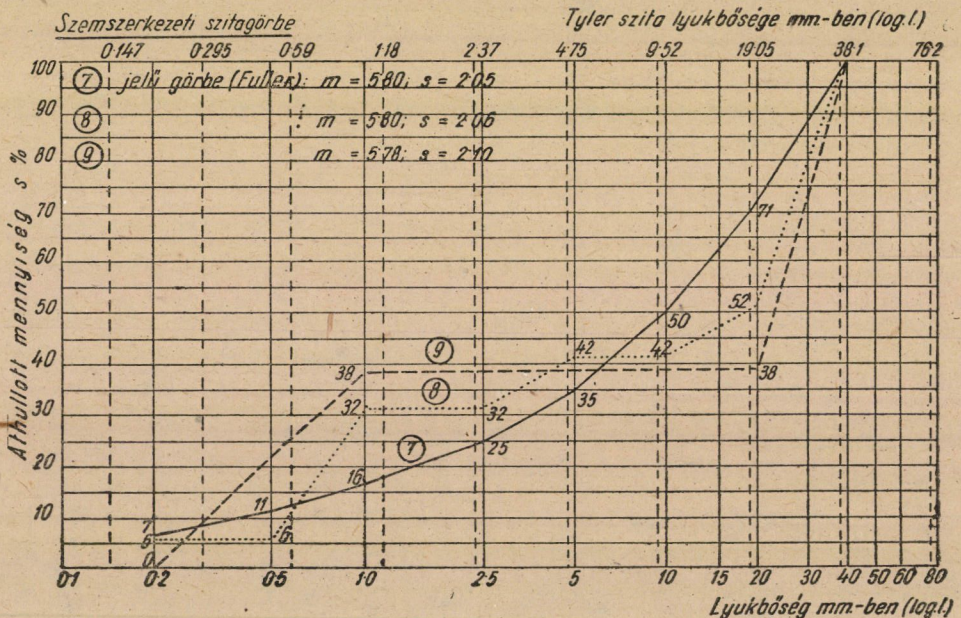
A betonok 20 cm-es kockákon meghatározott térfogatsúlyának és nyomószilárdságának átlagértékei 7 napos korban a következők voltak:

A szemszerkezet jele	Térfogatsúly $\text{kg/m}^3$	Nyomószilárdság $\text{kg/cm}^2$
7	2370	203
8	2340	202
9	2340	196

Mind a három szemszerkezet tehát azonos bedolgozhatóság mellett gyakorlatilag azonos nyomószilárdsági értékeket adott annak ellenére, hogy a 7. jelű görbe folytonos, tehát ú. n. lépcsőt nem tartalmaz, a 9. jelű szemszerkezet egy lépcsős, a 8. jelű pedig három lépcsős.

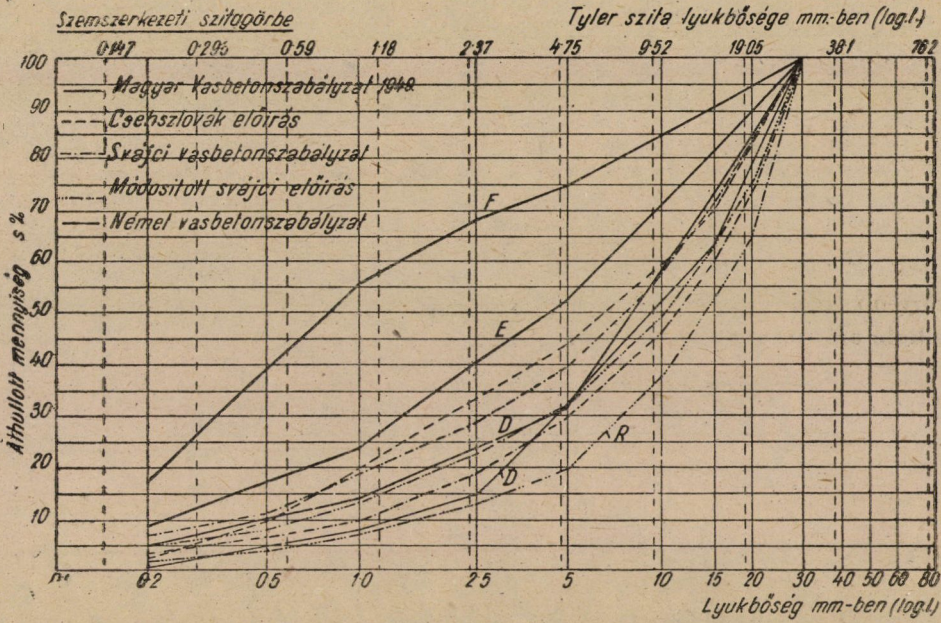
Ezek szerint a kísérletek szerint az azonos finomsági modulusú és azonos fajlagos felületű adalékok betonszilárdság szempontjából gyakorlatilag egyenértékűek.

Olyan szemszerkezetek is megadják tehát a folytonos és bevált szemszerkezetű adalékkal készült betonszilárdságokat, amelyek a folytonos szem-



13. ábra. Azonos finomsági modulusú és azonos fajlagos felületű szemszerkezetek III.





14. ábra. Különféle szemszerkezeti előírások görbéi

szerkezettől nagy mértékben eltérnek, és így úgynevezett ideális görbével vagy határgörbékkel megfelelő voltukat el sem lehet bírálni.

De, hogy nemcsak egyetlen olyan szemeloszlás van, amely mellett a betonak például a nyomószilárdsága az optimálissal egyenértékű, azt a fentiekén kívül magának a szemszerkezeti görbe elméletének az eredményei is bizonyítják. A 14. ábrán feltüntetjük néhány hazai és külföldi szemszerkezeti előírás görbéjét azonos maximális szemnagyság mellett. Amint látható, az E és R görbék közé nem egy, de sok olyan szemszerkezet rajzolható, amely valamelyik, kísérleti alapokon nyugvó és bevált ideális szemszerkezeti görbével gyakorlatilag egybeesik.

### 9. A szemszerkezet javítása

A továbbiakban a fentebb tárgyalt elméletnek egyik gyakorlati felhasználási lehetőségét mutatjuk meg, eljárást a betonadalék szemszerkezetének racionális megjavítására.

A betonadalék kedvezőtlen szemszerkeze tének határgörbék, de méginkább valamely ideális görbe alapján történő megjavítása nehezen vihető keresztül. Ekkor ugyanis a rossz szemszerkezetű adalékanyagot szemnagyság szerint szét kell választani, pl. 1, 5, 15 és 40 mm-es sziták, illetve rosták segítségével, majd egyes frakciókat a kellő arányban külön-külön kimérve újból össze kell keverni. Mennél jobban akarunk simulni az előírt szemszerkezeti görbéhez, annál több frakciót kell közbeiktatnunk.



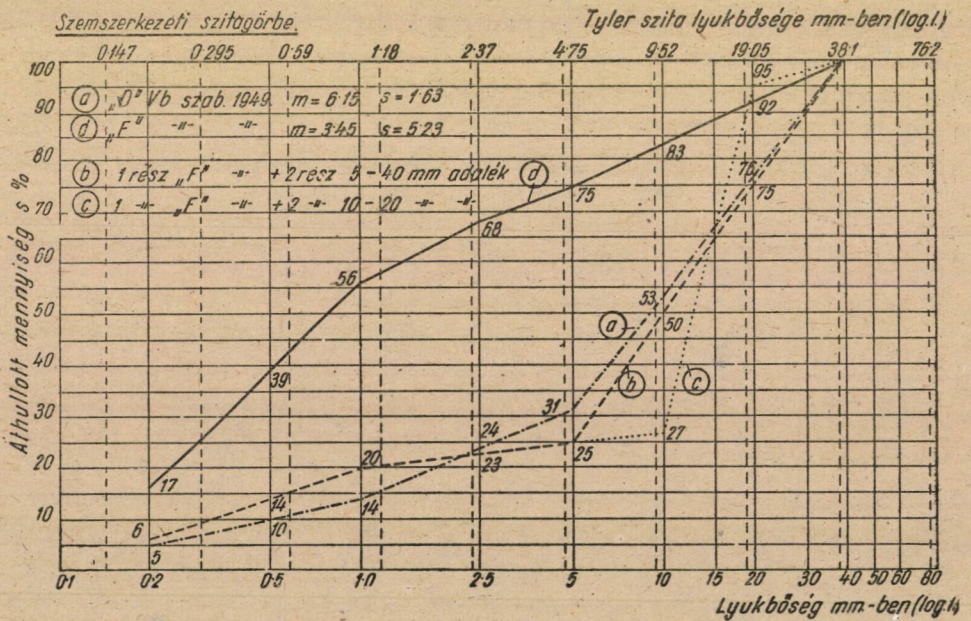
A görbéknek az 5 mm-en aluli része — különösen pedig az 1 mm-en aluli ordináták serege, — a legfontosabb. Az 5 mm-nél kisebb szemnagyságú szitákkal való adalékosztályozás azonban kielégítő pontossággal és gazdaságosan, tehát előzetes szárítás nélkül csak nedves úton történhetik, ehhez pedig külföldről beszerzendő drága és bonyolult gépi berendezés lenne szükséges.

A fentebb tárgyalt elméletnek a jelentősége többek között abban áll, hogy ez az egyes szemcsoportok mennyiségét külön-külön nem köti meg, csakis a modulus és a fajlagos fiktív felület számértékét, és így az ezen az elven történő szemszerkezetjavítás az 5 mm-nél kisebb átmérőjű sziták, illetve rosták alkalmazását rendszerint nem kívánja.

Például: Megjavítandó 40 mm max szemnagyságú, F- szemszerkezetű [7] tehát a rostátalan dunai homokoskavics szemszerkezetét megközelítő, rossz szemeloszlású homokoskavics úgy, hogy az a D, vagyis az igen jó szemszerkezettel [7] legyen egyenértékű.

Az F- és a D- szemszerkezetek adatainak a 6.1 és 7.1 jelű egyenletekbe való behelyettesítése és a megoldás után azt kapjuk, hogy 1 rész eredeti, szitátalan F-szemszerkezetű anyaghoz 2 rész 5—40 mm-es, vagy ugyancsak 2 rész 10—20 mm-es frakciót kell hozzákevernünk. A javított szemszerkezeteket a D- és F-szemszerkezettel együtt a 15. ábrán tüntettük fel.

A két javított, továbbá a D- szemszerkezettel, ellenőrző betonszilárdsági vizsgálatot végeztünk.



15. ábra. »F« szemszerkezetű adalék megjavítása »D« minőségre

Cementadagolás:  $300 \text{ kg/m}^3$  tatai 500-as cement.

Vízcementényező: 0,50.

Konzisztencia: mindhárom szemszerkezet mellett azonosan képlékeny.

Bedolgozhatóság: mindhárom szemszerkezet mellett jó.

Betonfajtanként 3—3 db 20 cm élhosszúságú kockát készítettünk és törtünk a MNOSz 934. vonatkozó pontjai szerint.

Törés: 7 napos korban.

A IV. táblázatban a térfogatsúlyok és a kockaszilárdságok átlagértékeit tüntettük fel.

IV. táblázat

Szemszerkezet	Térfogatsúly töréskor $\text{kg/m}^3$	Nyomószilárdság $\text{kg/cm}^2$
D	2420	285
1 rész F + 2 rész 5—40 mm-es anyag	2410	279
1 rész F + 2 rész 10—20 mm-es anyag	2410	260

A legkisebb és legnagyobb szilárdsági érték között az eltérés kevesebb, mint 10%, úgyhogy a 3 féle szemszerkezet gyakorlatilag a beton szilárdsága szempontjából csakugyan egyenértékű. A 3 féle szemszerkezettel készült betonstruktúrát a 16. ábra mutatja.

Hasonlítsuk össze most a szemszerkezet racionális javítását az eddig megszokott szétszítalásos eljárással.

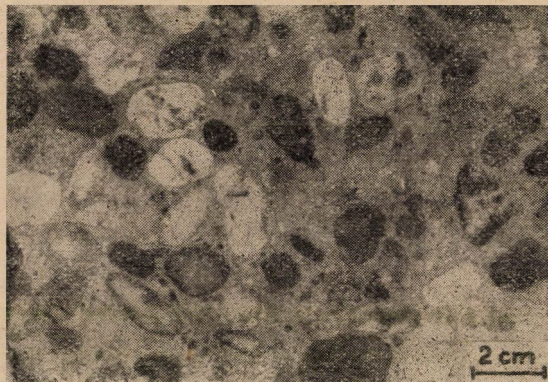
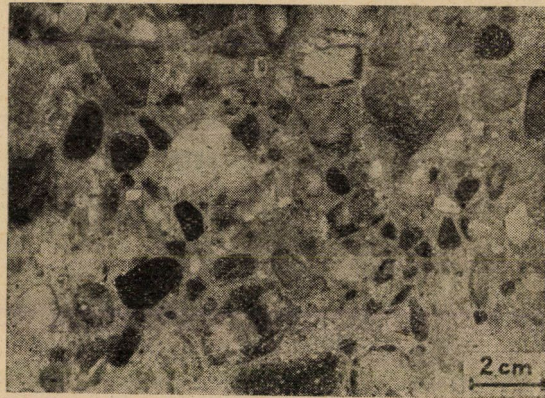
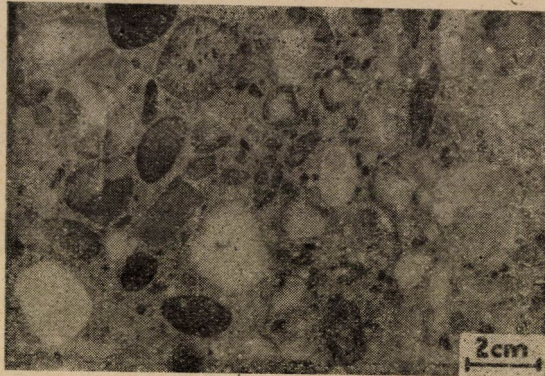
Ha F-szemszerkezetű homokoskavicsból a régi módszerrel, tehát mondjuk 3 frakcióra való szétszítalással, majd ezeknek megfelelő arányban való kimérésével és összekeverésével D-szemszerkezetű anyagot akarunk előállítani, akkor a következő mennyiségek adódnak:

V. táblázat

Adalék frakció	1000 kg F-szemszerkezetű anyagban van: kg	D-szemszerkezetű anyaghoz kell: kg	Visszamarad: kg
0—1 mm-es rész.....	560	51	509
1—5 " ".....	190	62	128
5—40 " ".....	250	250	—
Összesen.....	1000	363	637

Vagyis 1000 kg D-szemszerkezetű adalék előállításához 2760 kg F-szemszerkezetű homokoskavicsot kell átszítálni az 1,5 és 40 mm-es szitán, illetve rostán. Ebből a szemszerkezet összeállítása után 1402 kg 0—1 mm-es és 353 kg 1—5 mm-es, tehát összesen 1755 kg anyag marad vissza.





16. ábra. A 15. ábrán feltüntetett a), b), illetve c) jelű szemszerkezettel készült betonok struktúrája

Ha viszont az F-szemszerkezetű anyag feljavítása a tárgyalat racionális módon történik, azaz 1 rész F-szemszerkezetű szítálatlan anyaghoz 2 rész, ugyancsak az F-anyagból szítálással előállított 5—40 mm-es javító anyagot adunk, akkor megint 250 kg 5—40 mm-es anyagot véve

$$125 + 250 = 375 \text{ kg}$$

javított anyagot kapunk.

1000 kg javított anyaghoz tehát 2670 kg F-szemszerkezetű homokos-kavicsot kell átszítálni, de csak az 5 mm-es és a 40 mm-es rostákon. Ebből az anyagból a szemszerkezet összeállítása után 2000 kg 0—5 mm-es homok marad vissza.

Ha a szemszerkezetjavításhoz szükséges anyagot nem dunai homokból állítjuk elő, hanem megfelelő szemnagyságú zúzott adalékot használunk erre a célra, akkor a szítálási munka még jobban csökkenthető.

A fentieket tekintetbevéve a szemszerkezet racionális javításának előnyei — párhuzamba állítva a régebbi eljárással — a következőkben foglalhatók össze :

#### *A régebbi, szétszításon alapuló eljárás*

- 1.) az 1 mm-es szita beiktatása is szükséges. Ezért jelenleg ipari méreteken kellő pontosságú adalékosztályozás ugyszólván nincs éppen az említett bonyolult külföldi berendezés hiánya miatt. De még ha ez a berendezés meg is lenne akkor is az 5 mm-nél kisebb sziták alkalmazása az adalékosztályozást nagy mértékben drágítja.
- 2.) a visszamaradó anyag tömegében 0-1 mm-es finomhomok. Ennek felhasználási területe kicsi és így az osztályozó telepén csak értéktelen felesleg és elszállítandó mellékterméket jelent. Mennyi ége, amint a példában láttuk a javított szemszerkezetű adalék tömegének kb. 1—1.5-szerese.
- 3.) amint láttuk 1000 kg D-szemszerkezetű adalék előállításához 2760 kg F-szemszerkezetű adalékanyagot kell átszítálni.

#### *A racionális szemszerkezetjavítás*

- 1.) az 5 mm-nél kisebb sziták és rosták alkalmazása általában felesleges. Ezért az adalékosztályozás sokkal egyszerűbb berendezéssel pontosabban nagyobb mennyiségben és főleg olcsóbban történhetik. Az 1 mm-es szitán való osztályozás ugyanis többszörösen drágább, mint az 5 mm-es rostán történő szítálás.
- 2.) a visszamaradó anyag 0—5 mm-es homok. Ennek hasznosítására már tág tér nyílik. Pl. jó betonadalékot kapunk zúzott követ adva hozzá, természetesen ugyancsak a racionális szemszerkezetjavítás elvei szerint.
- 3.) 1000 kg D-szemszerkezettel egyenértékű anyag előállításához 2670 kg F-szemszerkezetű adalékot kell átszítálni tehát kb. 3—4 % -kal kevesebb anyagot kell mozgatni, mint a másik eljárásnál.

A racionális szemszerkezetjavítás elvileg ugyan zúzott adalék esetén is használható, tekintve azonban azt, hogy ugyanazon kőből származó zuzalék szemcsék alakja általában kedvezőtlenebb, mint a nagyobb szemcséké, az elmélet érvényességi határait zuzalék alkalmazásakor kísérletekkel még ellenőrizni kell.

#### 10. *A finom részek számításba vétele*

Az ismertetett kísérleteket 2—3 térfogat% iszaptartalmú folyami adalékkal végeztük, ahol hidrometrálással megállapítva a szemnagyságok alsó határa kb. 0,01 mm úgy, hogy a 0,2 mm-nél kisebb átmérőjű részek számított fajlagos felülete nem egészen 20 m<sup>2</sup>/kg volt. Ha az adalékanyag finom szemcséket még

kevésbé tartalmazott, pl. a 0,2 mm-nél kisebb szemcséket eltávolítottuk, a kísérleti eredmények az elméletet akkor is igazolták.

Más a helyzet akkor, ha az adalék apróbb szemcséket, — pl. agyagot — is tartalmaz. A finomsági modulus elsősorban a nagyobb szemnagyságok mennyiségére, az  $s$  a finomrészek jelenlétére érzékeny. Ez utóbbit a *II. táblázaton* túlmenően mutatja az alábbi, 5.11 képlet alapján készített összeállítás, amely az azonos  $d$  szemnagyságú gömbökből álló halmaz fajlagos felületét adja az átmérő függvényében :

$d$	10	1	0,1	0,01	0,001	mm
$s$	0,23	2,26	22,65	226,5	2265	$m^2/kg.$

Ezek szerint, ha a szemszerkezet 0,01 mm nagyságú részében csak 0,5 súly% változás áll be, ez a fajlagos felület értékében több mint  $1 m^2/kg$  eltérést okoz. Ez annyit jelent, hogy ha az egészen finom, pl. a 0,01 mm-nél kisebb szemcsék felületét teljes értékükben vennénk számításba, akkor már 1 súly% agyagos iszap hozzáadásával az alábbi szemszerkezetet megfelelővé varázsolhatjuk :

0— 2,5 mm-es rész	0	súly%
2,5—5	«	« 80
5—40	«	« 20
		100 súly%.

Ekkor ugyanis az  $m \approx 5,5$ ,  $s \approx 2,5$ , vagyis a finomsági modulus és a fajlagos felület értéke is megfelelő számszerűleg. A szemszerkezet betontechnológiai szempontból mégis nyilvánvalóan rossz, mert az olyan adalék, amelyből a 2,5 mm-nél kisebb szemcsék 1 súly% híjján hiányoznak, szilárd, tömör beton készítésére a gyakorlatilag szóbajóvő cementadagolások mellett nem alkalmas.

Az egészen finom szemcsék felületét tehát erősen csökkentve kell tekintetbe venni. Amíg a csökkentés pontos mértékére kísérleti adatok nem állnak rendelkezésre, addig közelítőleg úgy lehet eljárni, hogy a 0,2 mm-nél kisebb szemcsék fajlagos felületét egyöntetűen a kísérletekhez használt dunahomok szemszerkezetének megfelelő, kb.  $20 m^2/kg$  értékkel vesszük számításba.

Ilyenkor a tényleges szemszerkezetnek figyelmenkívül hagyása kétségkívül pontatlanságot jelent, de ez a közelítés gyakorlatilag megengedhető, mert

a) minden, betonadaléokra vonatkozó előírás a megengedett agyag- és iszaptartalmat igen kis mennyiségben szabja meg, tehát a finom részek mennyisége erősen korlátozott ;

b) ha a 0,2 mm-nél kisebb részek szemeloszlása a feltételezettől lényegesen eltér, akkor ez abban mutatkozik meg, hogy az egész adalék vízigénye megváltozik ugyan, de éppen a finom részek kis mennyiségénél fogva csak kis mértékben.

A finomsági modulus és fajlagos felület együttes alkalmazhatóságának tehát szintén vannak határai, mert bármennyire is jellemző érték az átlag és



a szórás, két momentummal betontechnológiai szempontból sem határozható meg tökéletesen valamely szemeloszlás. Újabb momentum, illetőleg momentumok bevezetésével természetesen a szemszerkezet számszerű jellemzése még pontosabban történhetik.

### 11. Építéshelyi tapasztalatok

Hogy a hiányos szemszerkezetű betonadalék szigorúan műszaki szempontból sem kifogásolható már eleve, és hogy a nem »szabályszerűen« folytonos szemszerkezettől túlzottan félni felesleges, azt az alábbi néhány kiragadott, 15–20 évre visszatekintő kedvező építéshelyi tapasztalat is mutatja.

Olyan esetet, ahol az adalék szemszerkezetének — helyesen megválasztott — lépcsős volta bajt okozott volna, sem a hazai, sem a külföldi irodalomból nem ismerek.

a) Lépcsős szemszerkezetű betonadalékok nagyobb mérvű hazai alkalmazásáról nem tudok. Készült azonban 1930. körül Debrecenben, Bánhidán, Esztergom megyében, stb. útburkolás ú. n. cementmakadással. Ez csupán a készítési módban különbözik az útbeton burkolattól. A kész cementmakadám ugyanis tulajdonképpen olyan betonnak tekinthető, amelynek adalékanyaga általában a kb. 5–30 mm-es szemcséket nem tartalmazza.

Több évre terjedő megfigyelés azt mutatta, hogy szakszerű készítéssel a cementmakadám burkolat kifogástalanul viselkedik.

b) Ausztriában a Dobra am Kamp völgyzárógátjának építésekor 100 mm maximális szemnagyság mellett a 0,2 mm-en aluli szemcsék és az 1–3 mm nagyságú szemcsék hiányoztak a betonadalékból. Az erről szóló irodalmi közlés [8] kiemeli, hogy ez a szemszerkezet a hasonló folytonos szemszerkezetekkel szemben nemcsak a cementtartalom csökkentését tette lehetővé, hanem mindenek előtt a jobb és megbízhatóbb tömörítést és ezzel a beton minőségének minden szempontból való javulását. A beton nagyobb szilárdsága a gáttest újszerű kialakítását és számítását eredményezte, aminek következtében az építési költség jelentékenyen csökkent.

c) Érdekes adatokat találhatunk a VIII. hágai nemzetközi útkongresszus betonutakról szóló beszámolójában [9] a lépcsős szemszerkezetek alkalmazásáról.

Az osztrák betonutakról szóló jelentés [10] szerint hiányos szemszerkezettel a következő fontosabb betonutak épültek :

Az útszakasz megnevezése :	Építési éve :
Amstetten—Bildenmarkt .....	1933.
Attnang—Schwanenstadt .....	1935.
Anif—Hallein—Vignun .....	1935.

Ezekhez az útbetonokhoz alkalmazott adalékok 3–8 mm-es, illetve 3–15 mm-es részeket nem tartalmaztak.

A jelentés szerint ezeken a betonútszakaszokon semmiféle hátrányos tapasztalatot nem szereztek a folytonos szemszerkezetű adalékkal készített betonburkolatokkal összehasonlítva, ezzel szemben lépcsős szemszerkezet alkalmazásánál kisebb vízcementtényező volt használható, a friss beton szétkeveredési hajlama csökkent, továbbá a szilárdsági vizsgálati eredmények szórása kisebb volt.

A francia útbetonjelentés [11] elsősorban gazdasági szempontból tartja indokoltnak a lépcsős szemszerkezetek alkalmazását.

Belgiumban többek között a következő szemszerkezetű útbetonadalékokat alkalmazták: [12]

0—3	mm-es folyami homok .....	20	súly%
2—10	« zuzalék .....	32	«
20—40	« zúzottkő .....	48	«
		<hr/>	
		100	súly%.

375 kg/<sup>3</sup> nagyszilárdságú cementadagolás mellett a kész burkolatból kivágott próbatestek 56 napos korban egyenként 512, 516, 576, 537, 564 és 519, átlagosan 537 kg/cm<sup>2</sup> kockaszilárdságot, továbbá egyenként 62,3, 64,2 és 62,4, átlagosan 63 kg/cm<sup>2</sup> számított hajlító-húzószilárdságot adtak.

A fentebb tárgyalt néhány kiragadott példa is mutatja, hogy a nem folytonos szemszerkezetekkel készült betonok a gyakorlati életben is beváltották a hozzájuk fűzött várakozásokat és a kedvező laboratóriumi eredményeknek megfelelően beépítésük után minden jogos igényt kielégítettek.

*Készült az Építéstudományi Intézet Anyagvizsgáló Laboratóriumában.*

#### IRODALOM

1. Dr. Palotás: »Az Abrams-féle finomsági modulus gyakorlati jelentősége«. Anyagvizsgálók Közlönye 1933. 9—10. szám.
2. Részletesen lásd pl. Dr. Palotás: »A beton«. Építési Zsebkönyv 1938.
3. Popovics: »Betonadalék szemszerkezetének elbírálása«. Építéstudományi Közlemények 1950. 3—4. szám.
4. Részletesen lásd pl. Rényi: »Az aprítás matematikai elméletéről«. Építőanyag 1950. 9—10. szám.
5. Lásd pl. Pfletschinger: »Der Einfluss der Grobzuschläge auf die Güte von Beton«. Zement 1929. Nr. 31—34.
6. Dr. Palotás: »Minőségi Beton«. 1952.
7. Vasbetonszabályzat 1949. 29. §.
8. Dr. J. Fritschl: »Der heutige Stand der Massenbetontechnik«. Österreichische Bauzeit-schrift. Nr. 11. 1950.
9. Internationaler ständiger Verband der Strassen-Kongresse. VIII. Kongress-Haag 1938. Abteilung 1. Frage 1.
10. A. Fetzmann, K. Franz, L. Heinlein és O. Stern jelentése.
11. Genet, Carmouche, Allavene és Berengui jelentése.
12. C. Debaedts, F. Campus, E. van Hauwermeiren és H. Hondermarq jelentése.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Annak kimutatásával, hogy a finomsági modulus a szemnagyságok logaritmusának átlagára, a fajlagos felület pedig az eloszlás szórására jellemző érték, indoklás adódik arra, hogy a finomsági modulus önmagában általában csak a folytonos szemszerkezetek megítélésére ad megbízható támpontot mégpedig azért, mert a szórás kellő nagysága éppen a folytonosság következtében ezeknél rendszerint biztosítva van.

A továbbiakban a tanulmány más módon is megokolja azt, hogy a finomsági modulus csupán önmagában miért nem ad a szemszerkezetek megítélésére biztos alapot. A hiányosság kiküszöbölésére szükség van újabb számszerű szemszerkezeti jellemzőnek, az ú. n. fajlagos fiktív felületnek a bevezetésére. Ezáltal a szemszerkezetre 3 feltételi egyenlet írható fel:

$$\begin{aligned} a_1 m_1 + a_2 m_2 + \dots + a_n m_n &= m_0 \\ a_1 s_1 + a_2 s_2 + \dots + a_n s_n &= s_0 \\ a_1 + a_2 + \dots + a_n &= 1 \end{aligned}$$

ahol

- $a_i$  = az egész keverékben az  $i$ -edik frakció súlyaránya;
- $m_i$  = az  $i$ -edik frakció finomsági modulusa;
- $s_i$  = az  $i$ -edik frakció fajlagos fiktív felülete;
- $m_0$  = a finomsági modulus előírt értéke;
- $s_0$  = a fajlagos fiktív felület előírt értéke.

A finomsági modulus meghatározásának ismert módjait érintve a tanulmány numerikus és grafikus eljárást is közöl a fajlagos fiktív felület nagyságának meghatározására.

A 8. pont a rendelkezésre álló kísérleti anyagot (5—16. ábra) ismerteti. Ebből a következők tűnnek ki:

a) Az azonos finomsági modulusú adalékok a habarcs, illetve beton nyomószilárdsága, tömörsége és konzisztenciája szempontjából fajlagos felületük alapján jól rangsorolhatók.

b) Az azonos finomsági modulusú és azonos fajlagos felületű adalékok betontechnológiai szempontból egyenértékűek.

c) A finomsági modulus és a fajlagos felület együttesen alkalmasnak látszik a különféle, akár folytonos, akár lépcsős jellegű szemszerkezetek kielégítő megítélésére.

d) Előírt finomsági modulus mellett van egy, az adott körülményektől függő olyan legkedvezőbb felületi érték, amely mellett a nyomószilárdság a legnagyobb. Különösen jelentős a fajlagos felület nagyságának szerepe a cementben takarékos betonok esetén.

Számszerű összefüggéseket e kísérletek kis terjedelme miatt közölni még nem lehet.

A zárófejezetben a lépcsős szemszerkezetek alkalmazásáról van szó. A példaként említett néhány laboratóriumi és építészeti tapasztalat szerint a lépcsős szemszerkezetű betonadalékok alkalmazása az adott esetekben műszaki, de főképpen gazdasági szempontból kedvezőnek bizonyult.

A szemszerkezetnek a fajlagos felületet is tekintetbe vevő értékelésére elsősorban előre-gyártó telepen kerülhet sor, ahol megfelelő gépi berendezés az adalék gazdaságos osztályozását és pontos kimérését lehetővé teszi, a cementtel való okszerű takarékoskodás pedig megköveteli a szemszerkezet gondos megválasztását.





# BARNASZENEINK HAMUJÁNAK ÖSSZETÉTELE ÉS OLVADÁSI VISELKEDÉSE. A SALAKOSODÁSI NEHÉZSÉGEK MEGAKADÁLYOZÁSÁNAK MÓDJAI

GÁL ERNŐ

Beérkezett 1951. július 27-én.

Szeneink hamujának összetételére és olvadási viselkedésére vonatkozó vizsgálatokkal foglalkozik jelen tanulmány.

A felszabadulás előtt Gábris Zoltán, Hankiss Szilárd, Móry Béla, Zsoldos László és mások foglalkoztak szénhamuink vizsgálatával. Töretlen úton jártak, értékes adatokat szolgáltatottak az ipar számára. Ma már mélyebbre kell hatolnunk szeneink salakosodásának vizsgálatában, mert ez a jelenség elviselhetetlen károkat jelent a népgazdaságnak. A kazánok teljesítményének állandó fokozódása, alapszenekben való szegénységünk szükségessé teszi, hogy gyenge minőségű, salakosodásra hajlamos szeneinket is jó hatásfokkal tüzeljük el. Ez pedig csak úgy érhető el, ha felderítjük a salakosodás kémiai mechanizmusát és elérjük nem salakosodó szénkeverékek, nemesített szénfajták előállítását.

Vizsgálataimat a súlyos salakosodási nehézségeket okozó délnógrádi szén vizsgálatával kezdtem.

A vizsgált délnógrádi dara és egy haricai dara hamuösszetétele:

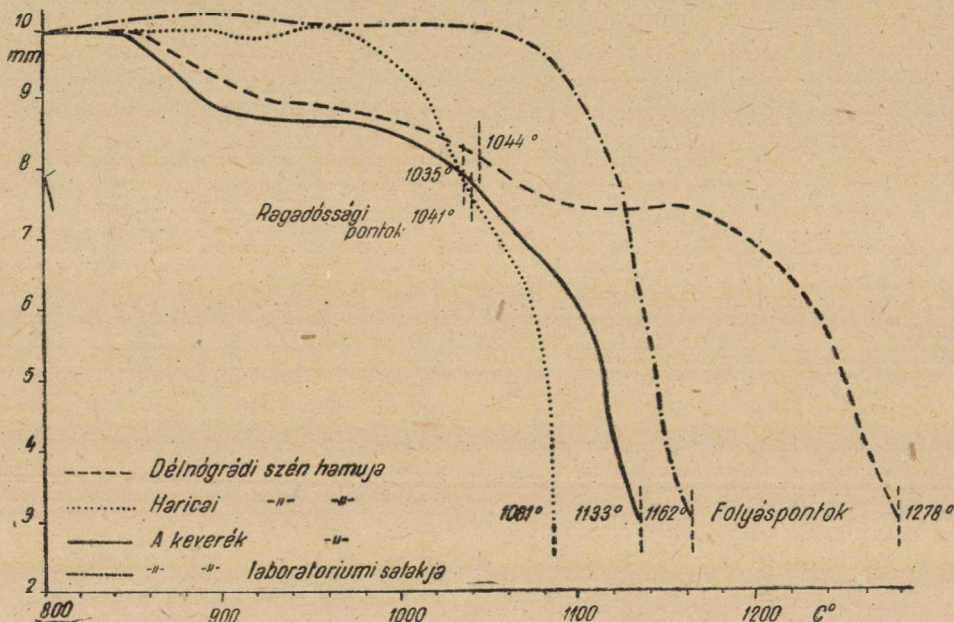
	Délnógrádi dara	Haricai dara
SiO <sub>2</sub> .....	62,0 %	40,8 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	9,7	20,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	19,6	7,5
CaO .....	1,8	13,0
MgO .....	2,9	3,4
SO <sub>3</sub> .....	2,0	13,2

Az 1. ábra e két szén és a belőlük 2 : 1 arányban készített keverék Bunte-Baum szerinti hamuolvadási görbéit és a keverék salakolvadási görbéit mutatja. A délnógrádi hamuösszetételt a nagy SiO<sub>2</sub>-, kis CaO-, MgO-, SO<sub>3</sub>-tartalom jellemzi, a haricai, általában a borsodi hamuösszetételt a jóval nagyobb CaO-, MgO-, SO<sub>3</sub>- tartalom.

A délnógrádi görbe első szakaszában, 860 C°-tól kb. 1000°-ig zsugorodás közben szilárd fázisban kalciumszilikátok, vasszilikátok, főleg fayalit, alumínátok

képződnek.  $1000^{\circ}$ -on valamivel felül már részeutektikum olvad meg, ez a lágyulás kezdete. Ezt az ú. n. ragadóssági pontot Gábris Zoltán módszerével határoztuk meg. Fokozatos lágyulás után  $1278^{\circ}$ -on kezdődik a folyás. A lágyulás tehát hosszú hőfokintervallumban, fokozatosan történik, mint az üvegeknél. E hamuösszetétel nagy  $\text{SiO}_2$  tartalmával valóban közel van az üveg összetételéhez. A ragadóssági és folyási pont között  $234^{\circ}$  a különbség.

Ezzel szemben a haricai hamu olvadási görbéje egészen más jellegű, sokkal közelebb van valamely egységes kémiai individuum olvadási görbéjéhez.



1. ábra. Délnógrádi és haricai szén és keverékük hamu- és salakolvadási görbéi.

$1000^{\circ}$ -ig alig van változás a próbatest magasságában; a lágyulás  $1041^{\circ}$ -on kezdődik, a folyáspont  $1081^{\circ}$ . A lágyulás tehát részeutektikumok képződése nélkül folyik le, a hamu egész tömegében hirtelen olvad meg. Salaklepenyek nem keletkeznek, a salak kristályos, rögös, törékeny.

Ha e hamu olvadási viselkedését a folyási pontok számszerű értékéből kívánnók megállapítani, ahogy az sok helyen ma is történik, akkor olvadt salak képződése lenne várható a haricai szénél, amelynek folyáspontja  $1081^{\circ}$  és feltehető, hogy a délnógrádi szén  $1278^{\circ}$ -os folyáspontjára tekintettel, salakosodási nehézségek nélkül eltűzelhető. A valóságos viselkedése e szénnek a tüzelésben közismerten fordított. Az olvadási viselkedés megállapítására tehát elsősorban nem a folyási pont mértékadó, hanem az olvadási görbe egész jellege, különösen az első zsugorodási szakaszok. Rosszindulatú, üvegszerű salakot kapunk,



ha az üvegehez hasonló összetétel esetén a zsugorodás és lágyulás részautektikumok képződése közben, lassan, fokozatosan, nagy hőfokintervallumban történik.

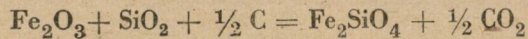
Az ilyen, fent közölt összetételű, nagy  $\text{SiO}_2$  tartalmú salakoknak, amelyen a délnógrádi szén salakja is, nemcsak a lágyulása történik lassan, hosszú hőfokintervallumban, hanem viszkozitásuk változása magas hőfokon szintén ugyanilyen lefolyású. Salakok viszkozitásmérésének kidolgozása körül magas hőfokon szovjet kutatók, *Kozakevics*, *Selivanov*, *Volarovics*, szereztek elévülhetetlen érdemeket, ezenkívül *Endell* és *Zaulek*. Selivanov állapította meg először, hogy a viszkozitás erősen emelkedik az  $\text{SiO}_2$ -tartalommal. Folyós salakok viszkozitásának nagyságrendje 0–1000 Poise, könnyen folyik az 50 Poise viszkozitású salak. Endell megállapította, hogy a különböző kationok ömlesztő hatása annál nagyobb, minél kisebb az ionrádiusz és minél nagyobb a vegyérték. A nagy viszkozitás nehezíti az alkotóknak ionrácsokba rendeződését, ezek a salakok tehát amorf módon, üvegesen szilárdulnak. A nagy  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalmú salakok viszkozitása a hőfokkal lassan, folyamatosan változik, amint ezt a 2. ábra kihúzott vonala mutatja. A viszkozitásnak ez a folyamatos, lassú változása jellemző a szilikátüvegekre. Ezeket a salakokat ferroszilikátok, kalciumszilikátok jelenléte jellemzi. Az ilyen salakokat a kohászatban »hosszú salakok«-nak nevezik. Ez az elnevezés e salakok folyóssági viselkedését jellemzi. Megállapíthatjuk azonban, hogy ugyanezen salakok lágyulási viselkedése ugyanilyen karakterű, tehát ez az elnevezés, hosszú salak, a salakosodási viselkedés jellemzésére is alkalmas. A rövid salakokat kisebb  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalom, nagyobb CaO tartalom jellemzi, ilyenek borsodi salakjaink, pl. a haricai. A vasoxid nem fayalit, hanem feltehetően kalciumferrit alakjában van jelen. Az olvadási görbe (1. ábra) rövid, közeledik valamely egységes kémiai individuum olvadási görbéjéhez. Ilyen salakoknál Endell szerint a viszkozitás bizonyos hőfokon hirtelen csökken (2. ábra, szaggatott vonal). A még folyó salak viszkozitása kicsi, a megdermedéskor rendezett ionrácsok képződnek, az eredmény nem üvegszerű, hanem kristályos salak. Ez a salak rögös, könnyen törik. Ezt a törékenységet nyilván az is elősegíti, hogy a  $\beta$ -dikalciumszilikát  $670^\circ$ -on térfogatnövekedés közben alakul  $\gamma$ -dikalciumszilikáttá. Ez a térfogatnövekedés szétfeszíti a salakrögöket.

Fentiek alapján érthetővé válik, hogy haricai, általában borsodi szeneink jóval alacsonyabb olvadási pontjuk ellenére kristályos, törékeny salakot adnak és salakosodási nehézségek nélkül tüzelhetők, ellenben például délnógrádi szénünk, magasabb olvadáspontja ellenére már  $1000\text{--}1200^\circ$  között nagy viszkozitású, üvegszerű, rosszindulatú salakot ad.

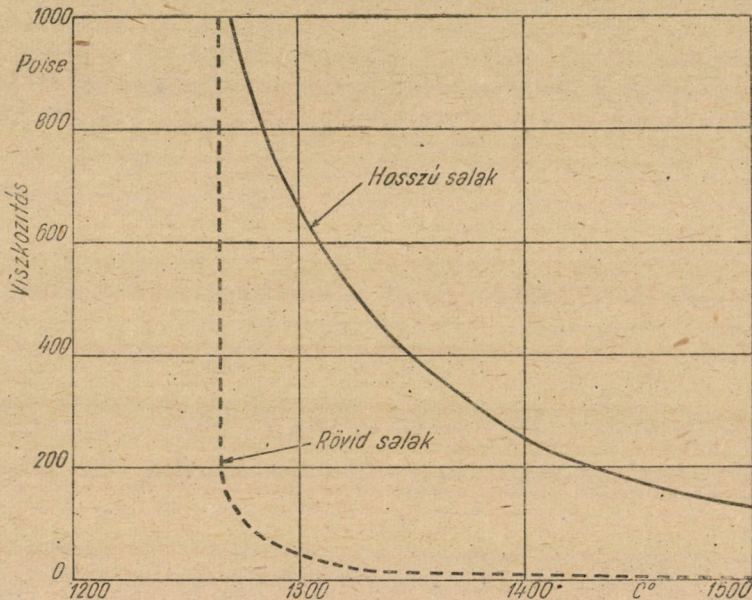
Tüzelési kísérleteink, amelyeket Müller László és Zágon Pál kartársak végeztek, igazolták, hogy 33% borsodi szén bekeverése elegendő ahhoz, hogy a délnógrádi szén salakosodási nehézség nélkül lehessen eltüzelní. Amint az 1. ábra mutatja, az üvegszerű, hosszú salak helyett kristályos, rövid salak

keletkezik. Fentiek alapján érthető, hogy miért lehet 1278 C° folyáspontú salak olvadási viselkedését 1081 C° hamufolyáspontú szén bekeverésével gyökeresen megjavítani.

Hosszú salakoknál, 850—950 C° között, az első zsugorodási szakaszban fayalit keletkezik:



üvegszerű, nagy viszkozitású salakalkotórész. Nagyobb mennyiségű CaO jelenlétében Zinzen szerint a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  redukciója sokkal kisebb mértékben megy



2. ábra. Hosszú és rövid salak hőfok-viszkozitás görbéje, Endell szerint

végbe; ő és Endell feltételezik, hogy kalciumferrit keletkezik. Ha kalciumferrit keletkezését nem is tesszük fel, nagy CaO-tartalomnál a kalciumferroszilikát ternér rendszerrel állunk szemben, fayaliton kívül egyéb olivinek,  $2(\text{CaFe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  összetételű keverék-kristályok, wollastonit  $(\text{Ca,Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  van jelen.

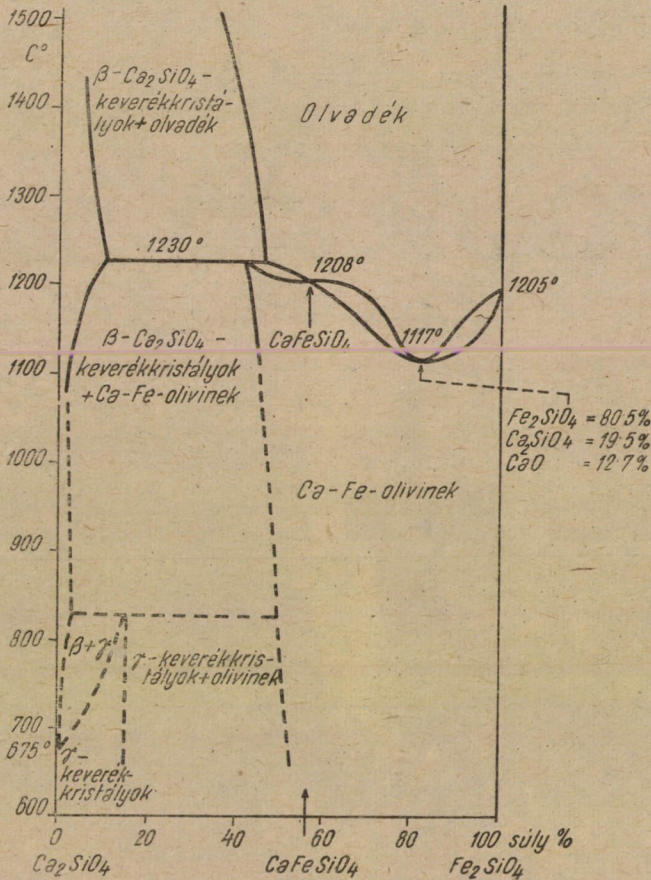
Ha megtekintjük a  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4\text{-Fe}_2\text{SiO}_4$  rendszer állapotgörbáját (3. ábra), akkor azt látjuk, hogy kb. 12,7%-on felüli CaO-tartalom emeli az olvadáspontot. Zinzen is megállapítja, hogy a CaO, bár ömlesztő anyag és a főolvadék hőfokát csökkenti, az olivinolvadék olvadási pontját emeli. Magasabb hőfoknál indul tehát a zsugorodás és a lágyulás, az olvadási görbe kezdeti szakasza kiegyenesedik. A folyási pont viszont csökken, a görbe elveszíti a hosszú salak jellegét.

E viszonyok igazolására délnógrádi dara hamujához 2, 5 és 10% CaO-t kevertem és felvettem az olvadási görbéket. (4. ábra.) A görbék egyértelműleg



mutatják, hogy ily módon a délnógrádi hosszú salak veszélytelen, rövid salakká alakul.

Ha a  $\text{CaO}$ -t délnógrádi dara üzemi salakjához adagolom (5. ábra), a ragadósági pont  $1050^\circ$ ,  $1066^\circ$ , illetve  $1128^\circ\text{C}$ -ra emelkedik, a lágyulás kezdete tehát magasabb hőfokok felé eltolható.

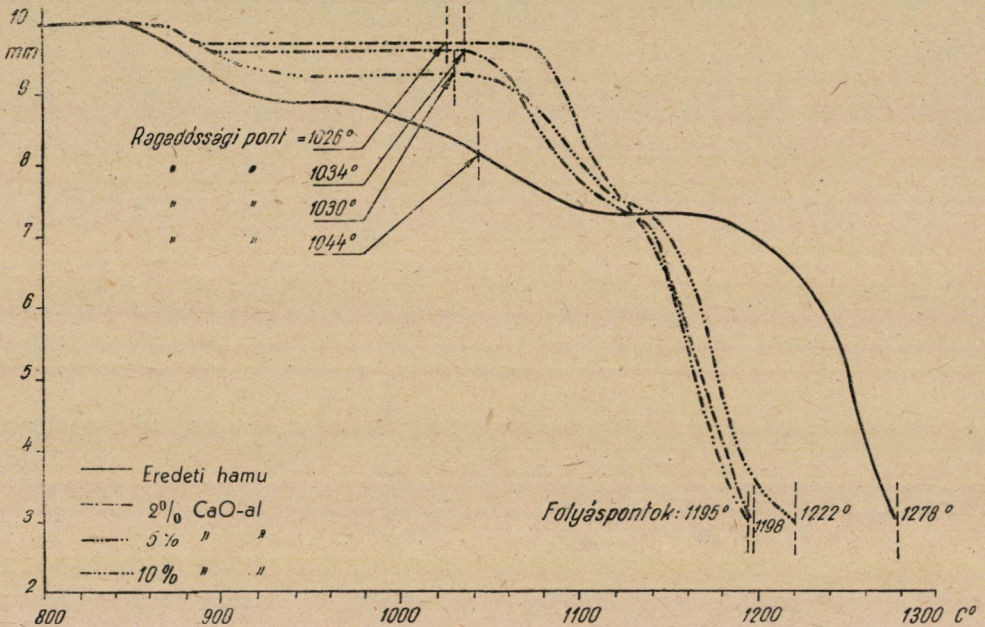


3. ábra.  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ — $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  rendszer mészvasolivinnel Bowen, Schairer és Posnjak szerint

Jóval e kísérletek befejezése után érkezett Barrett közleménye (6. ábra). Az ábra szerinti hamu összetételét  $3,1\%$   $\text{CaO}$ -ról  $\text{CaO}$  bekeverésével  $13\%$ -ra emelte. Az ábra mutatja az eredeti és a mesterséges hamu olvadási görbéjét. A hatás azonos, mint fenti kísérleteinknél. Az első zsugorodási szakasz eltűnik, a lágyulás jóval magasabb hőfokon kezdődik. A különbség a mi kísérleteinkkel szemben mindössze az, hogy Barrett hamuja, amint az az összetételből látszik, már eredetileg is elég nagy  $\text{CaO}$ -tartalmú rövid hamu, szemben a mi délnógrádi hamunkkal és így a  $\text{CaO}$  adalék a főolvadék hőfokát is emeli. Mi ellenben kifejezetten hosszú salakot alakítottunk át rövid salakká  $\text{CaO}$  adagolással.



A fentiekben hallgatólagosan feltételeztük, hogy a vizsgált hamuminták homogének. Ha nagy  $\text{SiO}_2$ -tartalmú, üvegszerű az összetételük, akkor a lágyulás, mint az üvegnél, fokozatosan, lassan történik. Azonban éppen délnógrádi hamuinknál azt látjuk, hogy az olvadási görbének vízszintes szakasza, lépcsője van, ami azt jelenti, hogy ezen intervallumokban új vegyületek keletkeznek, amire főleg akkor van lehetőség, ha az eredeti hamu nem volt homogén összetételű. Az alábbiakban látni fogjuk, hogy délnógrádi hamuink igen különböző összetételűek, aszerint, hogy melyik fajsúlyfrakcióból, vagy szemcseosztályból



4. ábra. Délnógrádi hamu. Mészadagolás hatása

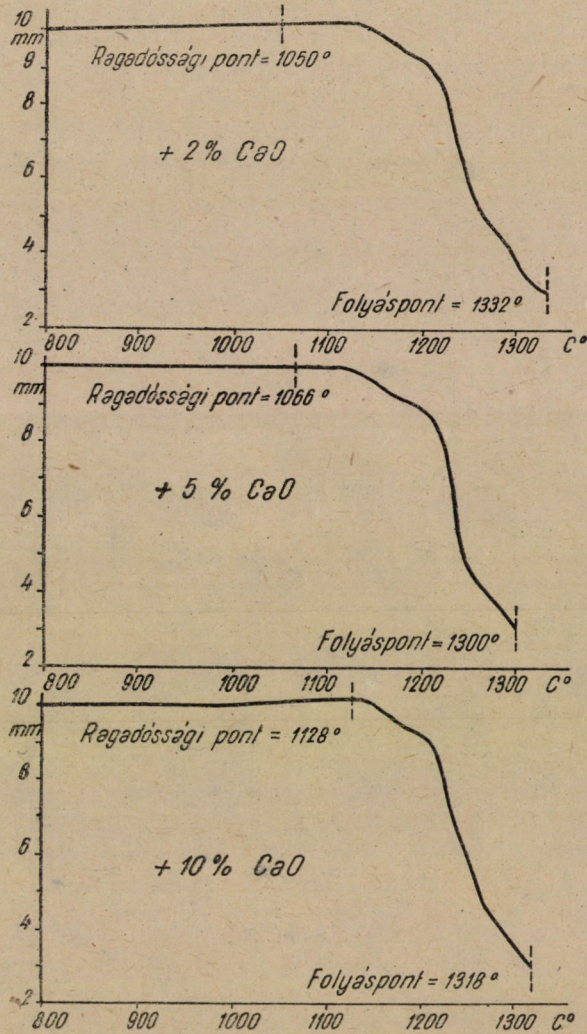
származnak. Ez az inhomogenitás fontos jellemzője délnógrádi hamuinknak és hozzájárul az olvadási görbe lépcsős karakterének kialakításához.

Erre a kérdésre egyetlen futólagos utalást találók az irodalomban *Wilfrid Francisnál*, aki ezt írja: »Még nem eléggé tisztázott kérdés a hamuösszetétel megoszlása a különböző szemcsenagyságokban. Alacsony olvadáspontú, de homogén jellegű hamu sokszor kevesebb salakosodási nehézséget okoz, mint magasabb olvadáspontú, de heterogén jellegű hamu.«

Ez a megállapítás pontosan jellemzi egyfelől délnógrádi, másfelől borsodi hamuinkat. Amint alább látni fogjuk, délnógrádi hamunknál a hamu összetételének különbözősége a szemcseosztályokban és a fajsúlyfrakciókban nagy mértékben jelentkezik.



A fentiekben jellemeztem példaképpen egy délnógrádi és egy borsodi hamu kémiai összetételét, olvadási viselkedését, a folyós hamu viszkozitásának alakulását. Megállapításaink jelentősége azonban általános érvényű, általános

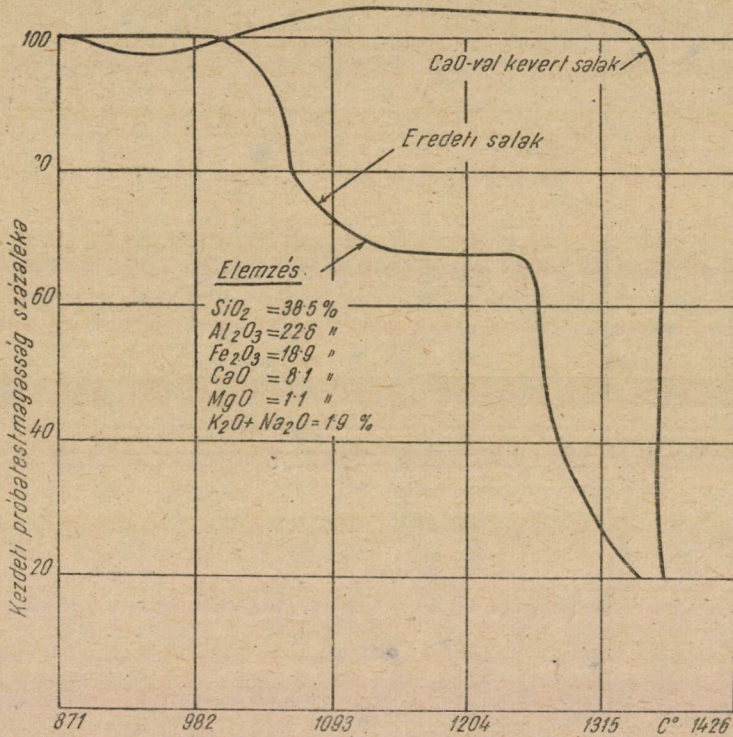


5. ábra. Délnógrádi szén üzemi salakja. Mészadagolás hatása

rendező elv van a kezünkben, amelynek segítségével megállapíthatjuk, hogy valamely szénhamu mikor ad és mennyire hosszú vagy rövid salakot. Egyes borsodi szeneink apró szemnagyságairól pl. megállapítottuk, hogy azok hamui délnógrádi karakterűek, hosszú salakot adnak és így meg tudtuk magyarázni az eltűzelésüknél mutatkozott salakosodási nehézségeket.



Ezen kívül meg kell állapítanunk, hogy helytelen az eddigi eljárás, amikor valamely szénfajta kiválasztásánál főleg a szén organikus alkotórészeinek tüzelés-technikai jellemzőit vették figyelembe. Amint az mindenütt történik, nekünk is az eddiginél sokkal nagyobb figyelmet kell szentelnünk szeneink anorganikus alkotóira. A hamuösszetétel és a hamuolvadási viselkedés megállapítása a fent elmondottak fényében módot ad arra, hogy szeneinket, amennyiben azok salakosodó jellegűek, úgy keverjük, hogy üvegszerű salakleplenyek helyett kristályos, rögös, törekeny, rövid salakot kapjunk. Mindaddig, míg salakosodó szeneinkből az alanti eljárás segítségével nemesített, nem salakosodó szén-



6. ábra. Mészadagolás hatása Barrett szerint

fajtat állíthatunk elő, illetőleg salakosodó szeneink eltüzelésére alkalmas kazánok készülnek, tehát az átmeneti időben a fenti keverési eljárás segítségével, hosszú salakjaink rövid salakká való átalakításával salakosodó szeneink nehézség nélkül tüzelhetők el, amint azt Zágón Pál kartársam irányításával folytatott tüzelési kísérletek igazolják.

A következőkben rátérek délnógrádi szeneink hamuösszetételének közelebbi vizsgálatára. A délnógrádi szeneink közül a legalacsonyabb olvadáspontú tiribesi I. főtelepi aknaszenet vizsgáltuk részletesen.



A szemcseosztályok fajsúlyfrakcióinak hamuösszetétele a következő:

*Tiribesi I. főtelepi aknaszén szemcse- és fajsúlyosztályainak hamuösszetétele*

0—5 mm-es szemmagyság

	1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
SiO <sub>2</sub> .....	33,4	39,8	47,4	52,4	58,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	27,2	23,7	18,0	14,5	10,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	21,0	23,2	24,7	24,6	26,4
CaO .....	7,4	2,9	2,0	1,0	1,0
MgO .....	1,8	1,6	1,7	1,7	1,7
SO <sub>3</sub> .....	5,9	3,4	2,2	1,7	1,3

5—20 mm-es szemmagyság

	1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
SiO <sub>2</sub> .....	35,7	44,9	51,7	56,6	58,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25,3	20,9	15,5	12,5	10,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,1	22,6	23,8	25,9	24,5
CaO .....	5,8	3,8	2,2	0,8	1,5
MgO .....	2,2	2,1	2,0	2,0	2,4
SO <sub>3</sub> .....	7,5	2,5	2,4	2,0	1,8

20—40 mm-es szemmagyság

	1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
SiO <sub>2</sub> .....	36,7	53,0	55,6	56,1	59,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	25,7	14,6	12,4	12,5	8,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	22,0	22,8	23,6	24,4	23,8
CaO .....	4,6	2,6	1,9	0,6	1,2
MgO .....	1,9	1,4	1,5	1,7	1,8
SO <sub>3</sub> .....	5,2	2,7	3,0	3,7	2,1

40—80 mm-es szemmagyság

	1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
SiO <sub>2</sub> .....	39,1	54,4	62,1	57,9	57,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	24,8	6,6	7,2	9,9	11,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	20,7	29,0	24,6	26,5	25,8
CaO .....	4,4	2,1	0,7	0,6	0,3
MgO .....	2,5	2,1	1,8	1,5	1,6
SO <sub>3</sub> .....	3,8	2,7	2,5	1,2	1,4

80 mm-en felüli szemmagyság

	1,3	1,3—1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
SiO <sub>2</sub> ...	45,2	44,1	62,3	63,0	69,1	73,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	16,2	19,9	7,0	7,5	8,9	5,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	21,5	21,6	22,5	22,5	14,8	14,1
CaO ...	4,9	3,5	2,0	1,0	0,8	0,8
MgO ...	2,2	2,0	1,6	1,9	1,6	1,6
SO <sub>3</sub> ...	4,8	3,7	2,2	1,0	1,5	1,0

Az a feltűnő törvényszerűség mutatkozik: akár valamely szemmagyságnál haladunk a kisebb fajsúlyfrakcióktól a nagyobb fajsúlyfrakciók felé, akár pedig ugyanazon fajsúlyfrakció hamuösszetételét vizsgáljuk az apróbb szemmagyságoktól, a nagyobb szemmagyságok felé haladva:

az  $\text{SiO}_2$ -tartalom állandóan emelkedik  
 a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ -tartalom állandóan csökken  
 az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - és  $\text{MgO}$ -tartalom kevésbé változik.

A szélső értékek:

$\text{SiO}_2$	=	33,4	—	73,6%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	=	27,2	—	5,4%
$\text{CaO}$	=	7,4	—	0,3%
$\text{SO}_3$	=	5,9	—	1,0%

A fayalitképződést okozó  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  megoszlása a következő:

*$\text{Fe}_2\text{O}_3$  megoszlása tiribesi I. főtelepi aknaszén szemcse- és fajsúlyosztályaiban*

	1,4	1,4—1,5	1,5—1,6	1,6—1,7	1,7-en felül
0—5 mm .....	27,2	23,7	18,0	14,5	10,4
5—20 mm .....	25,3	20,9	15,5	12,5	10,0
20—40 mm .....	25,7	14,6	12,4	12,5	8,7
40—80 mm .....	24,8	6,6	7,2	9,9	11,7
80 mm-en felül.....	19,9	7,0	7,5	8,9	5,4

Az alacsony olvadáspontot okozó legnagyobb  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - és  $\text{CaO}$ -tartalom a legapróbb szemcseosztályokban és a legkisebb fajsúlyfrakciókban található.

A 7. ábra a tiribesi I. főtelepi aknaszén 0—5 mm-es szemcseosztályú fajsúlyfrakcióinak hamuösszetételét mutatja példaképpen. A vízszintes tengelyre az egyes frakciók hamutartalmát vittem fel kumulatív, a függőleges tengelyre a hamu százalékos összetételét.

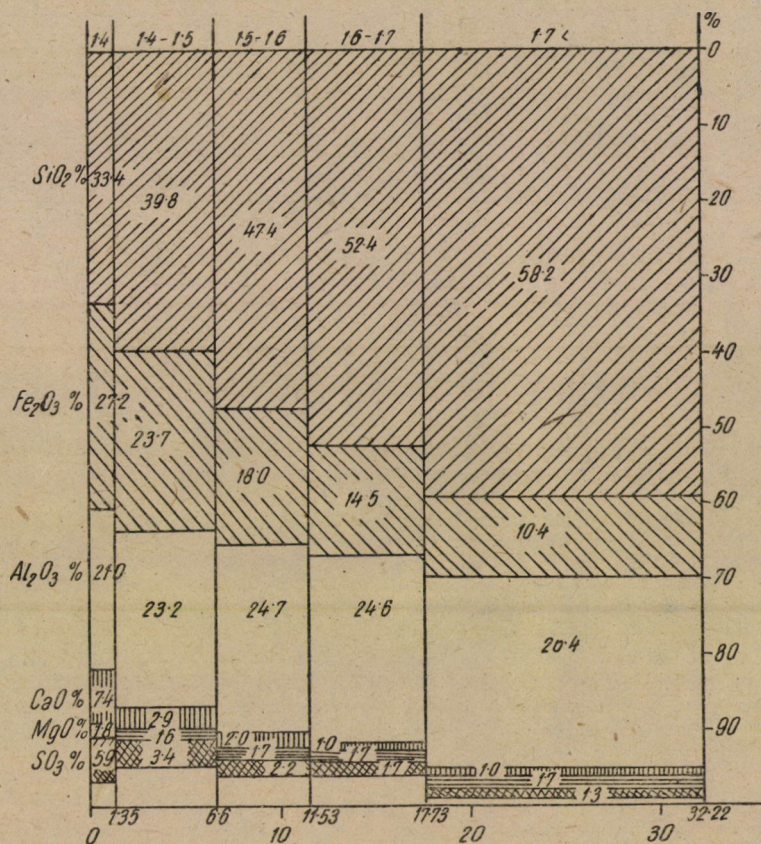
A 8. ábra ugyanezen szemcseosztály hamuinak moláris összetételét mutatja és pedig a 10 mol  $\text{SiO}_2$ -re eső bázisos és  $\text{CaSO}_4$  molok számát.

A hamuk különböző összetételéből következik, hogy azok fajsúlyai is különbözők. A fajsúly additív tulajdonság lévén, az elegyfajsúly az elegyrészek fajsúlyaiból kiszámítható. Ha pl. a  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  fajsúlyát sorban 2,65, 5,25, 3,87, 3,4, 3,29, 2,3-nak veszem fel, akkor a 0—5 mm-es szemcseosztály fajsúlyfrakciói hamuinak fajsúlyai sorban 3,28, 3,22, 3,15, 3,09, 3,06-nak adódnak.

Természetesen a szénben nem hamu, hanem attól eltérő összetételű anorganikus alkatrész van jelen. A hamuk fajsúlyainak változása azonban első közelítésben nyilván tükrözi az eredeti ásványos alkatrészek fajsúlyainak válto-

zását is. Ha az alkáliáktól eltekintünk, a legkisebb fajsúlyú hamualkatrészt a  $\text{SiO}_2$ . A nagyobb fajsúlyú frakciókban tehát a nagyobb  $\text{SiO}_2$ -tartalom okozza a hamu kisebb fajsúlyát.

Azonos fajsúlyú, de különböző szemnagyságú szemcsék hamujának összetétele, amint fentebb láttuk, különböző. A nagyobb szemcseosztályokban

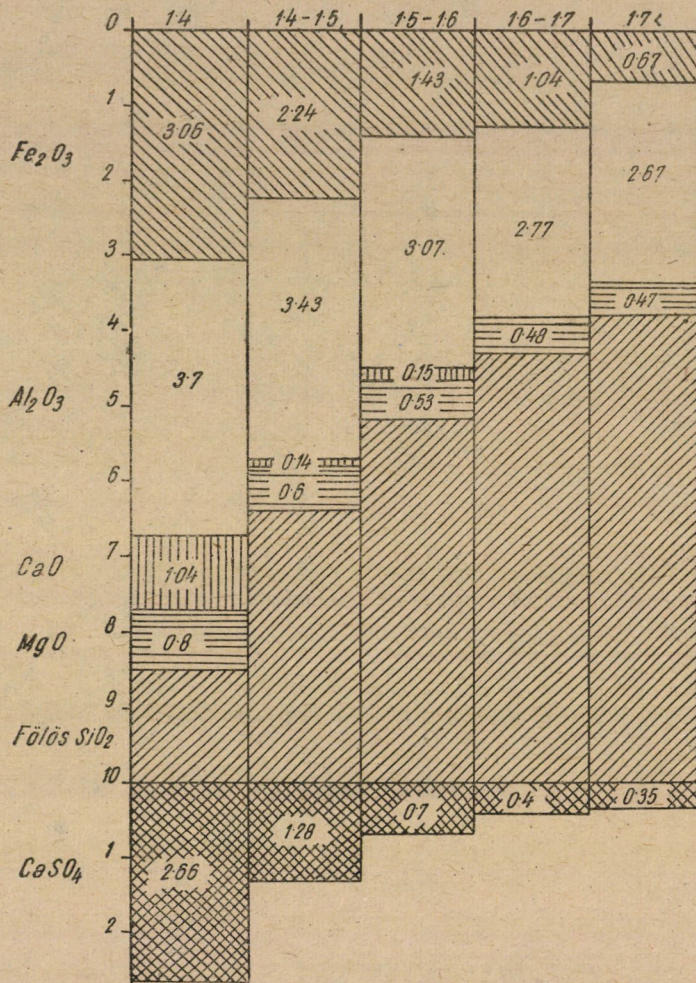


7. ábra. Tiribesi I. főtelevi aknaszén 0-5 mm szemcseosztálya fajsúlyfrakcióinak százalékos hamuösszetétele

nagyobb  $\text{SiO}_2$ -tartalmú, tehát könnyebb hamuk vannak. A különböző nagyságú szemcsék azonos fajsúlya csak úgy lehetséges, ha azon frakciókban, ahol a hamu fajsúlya kicsi, nagyobb mennyiségű hamu van jelen, más szóval a hamu könnyebb fajsúlyát a hamu nagyobb mennyisége kompenzálja.

A tiribesi szemcseosztályok és fajsúlyfrakciók hamuinak  $\text{SiO}_2$ -tartalma és a hamu %-os mennyisége a szénben a következő:





8. ábra. Tiribesi I. főtelepi 0-5 mm szemcseosztály fajsúlyfrakcióinak moláris hamuösszetétele. A bázikus és a CaSO<sub>4</sub>-molek száma pro 10 mol. SiO<sub>2</sub>

### SiO<sub>2</sub>-tartalom a hamuban és hamutartalom a szénben

#### Tiribesi I. főtelepi aknaszén szemcse- és fajsúlyosztályai

##### 1,4 fajsúlyfrakciók

	0-5 mm	5-20 mm	20-40 mm	40-80 mm	80 mm-en felül
SiO <sub>2</sub> % a hamuban ...	33,4	35,7	36,7	39,1	44,1
Hamu % a szénben...	9,1	12,61	15,11	16,71	18,81

1,4—1,5 fajsúlyfrakciók

	0—5 mm	5—20 mm	20—40 mm	40—80 mm	80 mm-en felül
SiO <sub>2</sub> % a hamuban ...	39,8	44,9	53,0	54,4	62,3
Hamu % a szénben...	18,86	22,19	27,11	28,70	26,99

1,5—1,6 fajsúlyfrakciók

	0—5 mm	5—20 mm	20—40 mm	40—80 mm	80 mm-en felül
SiO <sub>2</sub> % a hamuban ...	47,4	51,7	55,6	62,1	63,0
Hamu % a szénben...	28,47	33,74	37,77	38,08	36,42

1,6—1,7 fajsúlyfrakciók

	0—5 mm	5—20 mm	20—40 mm	40—80 mm	80 mm-en felül
SiO <sub>2</sub> % a hamuban ..	52,4	56,6	56,1	57,9	69,1
Hamu % a szénben..	38,05	42,45	47,21	44,23	50,06

1,7-en felüli fajsúlyfrakciók

	0—5 mm	5—20 mm	20—40 mm	40—80 mm	80 mm-en felül
SiO <sub>2</sub> % a hamuban ..	58,2	58,0	59,3	57,4	73,6
Hamu % a szénben..	61,41	66,43	67,65	58,05	68,61

Látható, hogy a SiO<sub>2</sub>-tartalom emelkedésével emelkedik a hamutartalom, tehát világos összefüggés állapítható meg a hamu mennyiségi és minőségi megoszlása között. Ezenkívül a hamu SiO<sub>2</sub>-tartalma és a *szén hamutartalma azonos fajsúly mellett a különböző szemcseosztályokban nagyon különböző.*

Dr. Tarján Gusztáv komlói mosási kísérleteinél ugyanazon pl. 1,45 fajsúlynál 19,0 és 28,5 % között változó hamutartalmakat talált különböző szemnagyságú részekben.

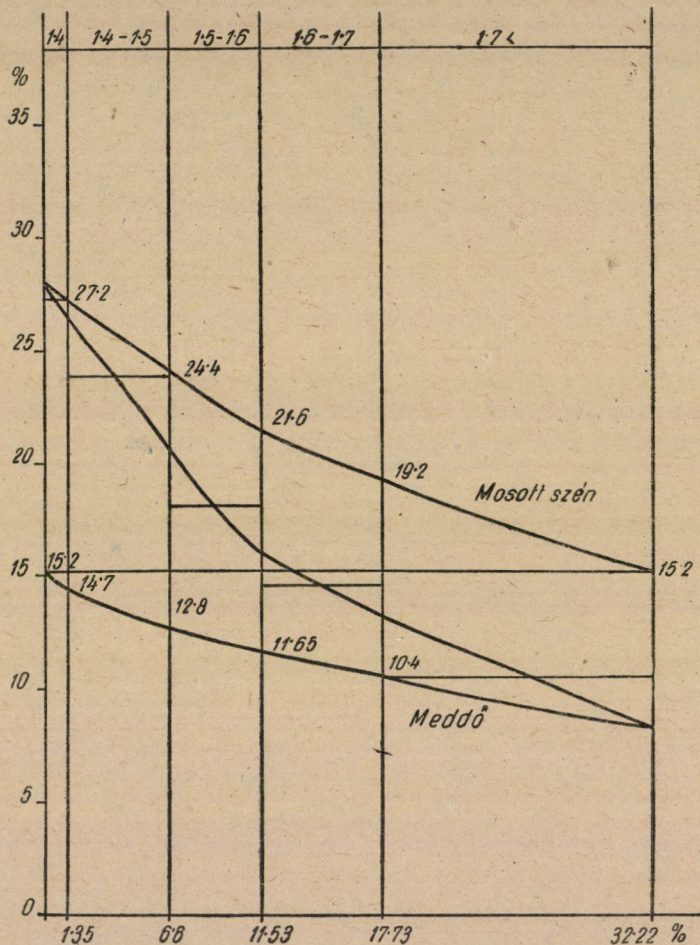
A jelenség teljesen azonos azzal, amelyet fent a tiribesi szénre nézve megállapítottam. A jelenség magyarázata pedig a különböző hamuk különböző összetétele és fajsúlya. Ugyanazon elegyfajsúlyú szén szemcsének több hamut (helyesebben eredeti ásványos alkatrészt) kell tartalmaznia, ha ez az eredeti ásványi alkatrész nagy SiO<sub>2</sub>-tartalmú és fajsúlya kicsi.

Ez a jelenség és ez a magyarázat azonban igen erősen érinti a szénelőkészítés eddigi alapelvét. Ez az eddigi alapelv röviden úgy fogalmazható, hogy azonos fajsúlyhoz azonos hamutartalom tartozik. Ez az alapelv csak akkor helyes, ha a hamu, illetve az eredeti ásványi alkatrészek kémiai összetétele is változatlan.



A különböző frakciók hamujának összetételében mutatkozó ezt a nagy különbséget szegregációnak nevezem. Ha a szegregáció nagy, az átlaghamu nagy mértékben heterogén, az olvadási görbék lépcsős jellegűek.

Abból a célból, hogy megállapíthassam, vajjon rostálás és fajsúlyszerinti elválasztással a szemcseosztályokban, a mosott szénben és a meddőben milyen



9. ábra. Tiribesi I. főtelepi aknaszén 0-5 mm szemcseosztályának kémiai mosási görbéje Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> százalékok a hamuban

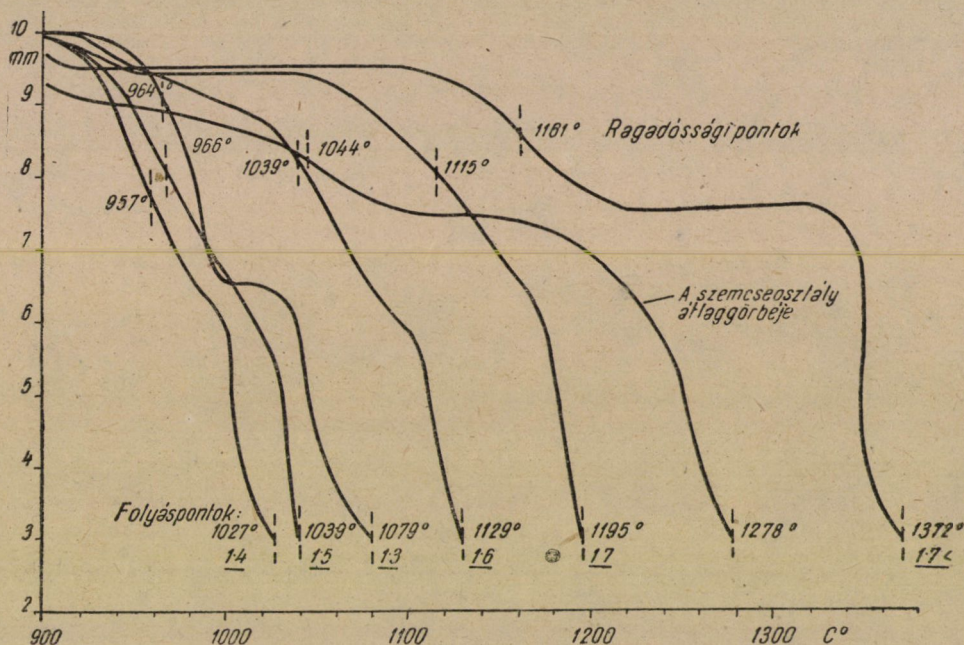
összetételű hamu várható, »kémiai mosási görbéket« szerkesztettem. Ilyen jellegű mosási görbék tudomásom szerint az irodalomban ismeretlenek. E görbék megszerkeszthetők a hamuk bármelyik alkatrészére.

A 9. ábra a tiribesi I. főtelepi aknaszén 0—5 mm szemcseosztályának kémiai mosási görbéje ferrioxidra vonatkozólag. A vízszintes tengelyre a kumulatív hamuszám egyszázadrészét vittem fel, a függőleges tengelyre a vasoxid százalékos



tartalmát. A függőleges vonalak a fajsúlyhatárokat jelzik. Az eddigi »fizikai« mosási görbék szerkesztési elveinek megfelelően szerkeszthető meg az alapgörbe, a mosott szén hamujának kumulatív görbéje és a meddő hamujának kumulatív görbéje. A kumulatív görbék megmutatják, hogy bizonyos fajsúlyhatárnál való elválasztás után mennyi lesz a mosott szén és a meddő hamujának vas-oxidtartalma.

Az észlelt szegregációs jelenségekből következtetni lehetett, hogy a különböző frakciók hamuinak olvadási viselkedése is különböző.



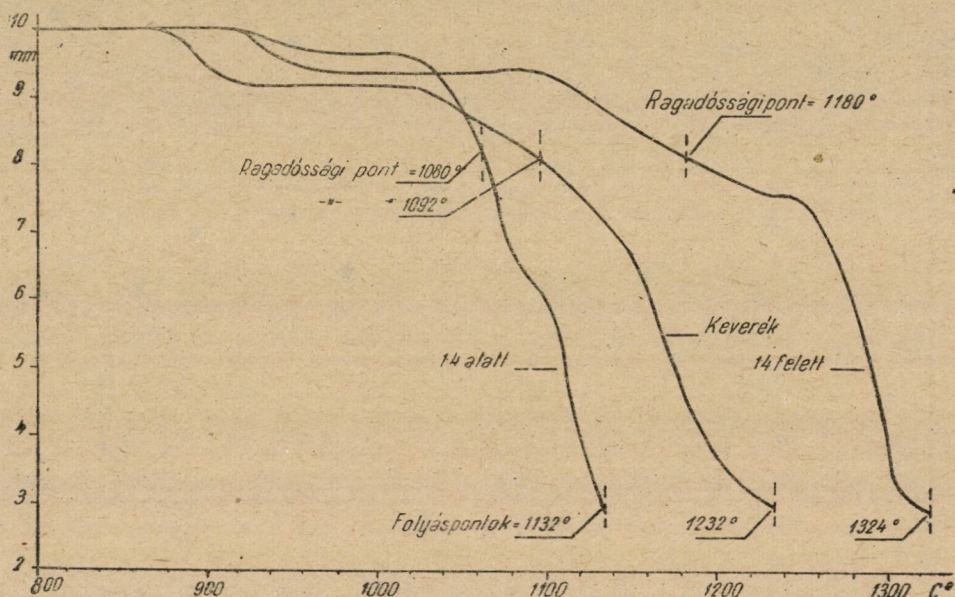
10. ábra. Tiribesi I. főtelepi 0-5 mm szemcseosztály fajsúlyosztályainak hamuolvadási görbéi és a szemcseosztály átlaggörbéje

A 10. ábra a tiribesi I. főtelepi aknaszén 0-5 mm-es szemcseosztálya fajsúlyfrakcióinak olvadási görbéit mutatja. Nyíllal megjelöltem a szemcseosztály átlagának olvadási görbéjét. A várakozásnak megfelelően a frakciók olvadási görbéi a különböző hamuösszetételeknek megfelelően nagy mértékben különböznek. A legkisebb fajsúlyú frakciók ragadóssági pontjai 950-960° körül vannak. Igen feltűnő, hogy az átlaggörbe ragadóssági pontja 1044°, összeesik a legkisebb fajsúlyú frakciók folyáspontjaival (1027°, 1039°, 1079°). Nyilvánvaló, hogy a legkisebb fajsúlyú frakciók nagy  $Fe_2O_3$ -tartalmú hamuinak korai olvadása okozza az átlagszén alacsony ragadóssági pontját. Következik ebből, hogy délnógrádi szeneink hamuolvadási viselkedése fajsúly szerinti elválasztással befolyásolható.



Ennek igazolására keveréket készítettünk délnógrádi aknáink szeneiből olyan arányban, ahogy az egyes aknák termelése 1954-ben alakulni fog, a keveréket 0–20 mm-re törtük és nehéz fajsúlyú folyadékban 1,4 fajsúlyhatárnál két frakcióra választottuk szét.

Az eredeti szén és a frakciók hamuolvadási görbéit a 11. ábra tartalmazza. A nemesített frakció ragadóssági pontja 88 C°-al, folyási pontja 192°-al haladja meg az eredeti szénét. A Hőgazdálkodási Tudományos Egyesület véleménye szerint a ragadóssági pontnak ez az eltolása lehetővé teszi a tüztérhőfoknak



11. ábra. Délnógrádi 0-20 mm szénkeverék és fajsúlyosztályainak hamuolvadási görbéi

10%-kal és a hőátadásnak 45%-kal való növelését, azaz a beruházási költségeknek megfelelő csökkentését.

Vizsgálataink alapján lehetővé vált salakosodó szeneink eltüzelése veszteség nélkül és nemesített, nem salakosodó szénfajta előállítására.

Vizsgálataink során a következő általános összefüggés bontakozik ki: Ha egy szemcseosztály kémiai mosási görbéje a fajsúlyfrakciók hamuinak összetételében nagy szegregációt mutat, azaz a hamuösszetételek fajsúlyfrakcióról fajsúlyfrakcióra haladva nagy mértékben különböznek, akkor ezzel a minőségi szegregációval együtt jár a mennyiségi szegregáció, a hamuk könnyebb fajsúlyát a nagyobb hamutartalom kompenzálja, a fajsúlyfrakciók hamutartalmai között nagy különbségek mutatkoznak, a hamutartalom fajsúlyfrakcióról fajsúlyfrakcióra lényegesen emelkedik, a fizikai mosási alapgörbe a rosszul

mosható szén karakterét mutatja. A szemcseosztály átlagának olvadási görbéje lépcsős karakterű, megfelelően a szegregált, heterogén összetételű hamunak.

Vizsgálataink alapján lehetővé vált salakosodó szeneink eltüzelése veszteség nélkül és nemesített, nem salakosodó szénfajta előállítására. Hiszem, hogy a vizsgálatok hozzájárulnak 5 éves tervünk maradéktalan végrehajtásához.

Hálás köszönetet mondok a Magyar Tudományos Akadémiának és a Bányászati Kutató Intézetnek azért az értékes támogatásáért, amellyel a vizsgálatok elvégzését lehetővé tették.

### IRODALOM

1. *Kozakevics*: Tension superficielle et viscosité des scories synthétiques. Revue de Métallurgie 1949. Aug. Sept.
2. *Zinzen*: Neue Forschungsergebnisse über die Ursachen der Aschenansätze an Kesselheizflächen. Zeitschrift des V. D. I. Nr-13/14. 1. April. 1944.
3. *Endell u. Zauleck*: Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Zähigkeit flüssiger Kohlschlacken in Schmelzkammerfeuerungen. Bergbau und Energiewirtschaft 1950. Nr-2. u. 3.
4. *Endell*: Chemische Zusammensetzung, Mineralaufbau und Flüssigkeitsgrad geschmolzener Braunkohlschlacken bei hohen Temperaturen. Braunkohle, Wärme und Energie, 1950. Heft 19/20.
5. *Eitel*: Physikalische Chemie der Silikate.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Barnaszének hamujának olvadási viselkedését elsősorban nem az olvadási görbe végső szakasza, a folyáspont környéke, hanem az első zsugorodási szakasz, a ragadósági pont környéke jellemzi. Nagy  $\text{SiO}_2$ - és kis  $\text{CaO}$ -tartalmú hamu lágyulása lassan, fokozatosan történik, az olvadási görbe lépcsős, a viszkozitás a hőfokkal fokozatosan, lassan változik, üvegszerű, veszélyes salakleplenyék keletkeznek. Ezek a »hosszú salakok«. A »rövid salakok« jóval kevesebb  $\text{SiO}_2$ -t s jóval több  $\text{CaO}$ -t tartalmaznak, a lágyulás és olvadás hirtelen történik, a viszkozitás a hőfokkal hirtelen változik, a salak nem üvegszerű, hanem kristályos. törékeny.

Hosszú salakokat adó szének salakosodási viselkedése nagy  $\text{CaO}$ -tartalmú szének bekeverésével megjavítható, a hosszú salak rövid salakká alakítható. Így lehetővé válik salakosodó szeneink eltüzelése tüzelési nehézség nélkül.

A magyar barnaszének közül tipikus képviselője a hosszú salakú csoportnak a délnógrádi szén, amely szemcse- és fajsúlyosztályainak hamuösszetételében feltűnően törvényszerű szegregáció mutatkozik: nagyobb szemnagyságok és nagyobb fajsúly felé haladva, az  $\text{SiO}_2$ -tartalom emelkedik, a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -,  $\text{CaO}$ -,  $\text{SO}_3$ -tartalom csökken. A nagyobb fajsúlyú ásványi alkatrészek fajsúlya az  $\text{SiO}_2$  kis fajsúlya miatt kicsi; ebből a könnyű ásványi alkatrészből nagyobb mennyiség szükséges, hogy a nagyobb elegyfajsúly előálljon. A hamu, ill. eredeti ásványi alkatrészek összetételében fennálló minőségi különbségeket a hamumennyiség változása kompenzálja. Különböző szemnagyságok azonos fajsúlyú frakciói a hamuösszetételbeli különbségeknek megfelelően más-más hamumennyiséget tartalmaznak. A szénmosás eddigi alapelve tehát, hogy azonos fajsúlyhoz azonos hamutartalom tartozik, csak korlátozottan érvényes, akkor, ha a hamu minőségi összetétele is azonos.

A hamuösszetételbeli szegregáció mutatkozik a lépcsős karakterű olvadási görbékben.



A délnógrádi szén fajsúlyfrakcióinak hamuolvadási görbéi a hamuösszetételekben mutatkozó különbségeknek megfelelően nagymértékben különböznek. A szemcseosztály átlagának ragadóssági pontja összeesik a legkisebb fajsúlyú frakciók folyáspontjával. A legkisebb fajsúlyú nagy  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - és  $\text{CaO}$ -tartalmú frakciók korai lágyulása okozza az átlagszén kis ragadóssági pontját. Kb. 1,4 fajsúlyhatárnál történő elválasztással a délnógrádi szén két frakcióra bontható. Ezek közül a nagyobb fajsúlyú nemesített frakciónak ragadóssági pontja  $88^\circ\text{C}$ -al, folyáspontja  $192^\circ\text{C}$ -al haladja meg az eredeti szénét. A ragadóssági pontnak ez az eltolása lehetővé teszi kazának tüztérhőfokának 10%-kal, a hőátadásnak 45%-kal való emelését, tehát a beruházási költségek megfelelő csökkentését.

»Kémiai« mosási görbék a frakciókban várható hamuösszetétel megállapítására. Általános összefüggés a hamu mennyisége (»fizikai« mosási görbe), minősége (»kémiai mosási görbe«) és olvadási viselkedése között.

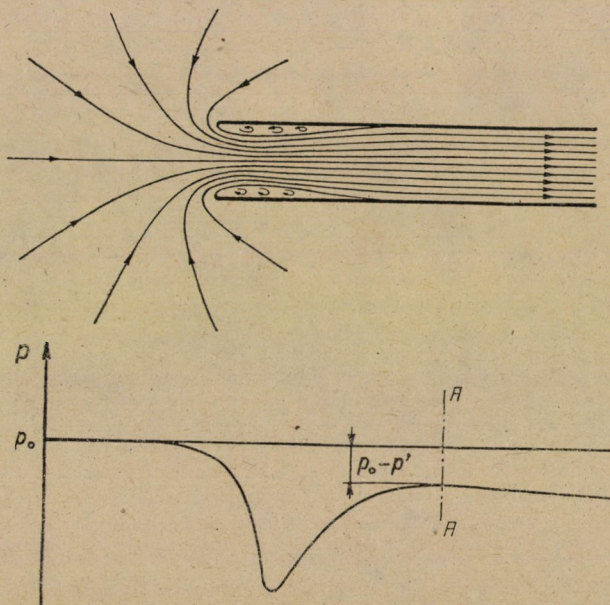
# KÚPOS SZÍVÓTÖLCSÉREK ELLENÁLLÁSTÉNYEZŐJE

HERZOG PÁL

Beérkezett 1951. október 4-én.

Nyugalomban levő közegből szívó csővég ellenállása nagymértékben függ a csővég alakjától.

Az egyenes, szabad csővégen át történő beszívásnál ugyanis a hirtelen keresztmetszetszűkülés következtében ú. n. Borda-Carnot veszteség keletkezik. Az áramlás képét az 1. ábra mutatja. Az áramló folyadék nem tölti ki a rendelkezésre



1. ábra

zésre álló keresztmetszetet, hanem annak csak egy hányadát. Szűkítési tényezőnek a rendelkezésre álló és az áramló folyadéksugár legszűkebb keresztmetszetének viszonyát:  $\mu = F_1/F$  nevezzük. A folyadéksugár és a csőfal között örvénylő folyadék van. A folyadéksugár ütközése miatt áramlási veszteség keletkezik.

Ugyancsak az 1. ábra mutatja a statikus nyomás változását a tengely mentén. A cső szájától elegendően messze, ahol a folyadék sebessége még el-



hanyagolható, a folyadék nyomása  $p_0$ . A csőhöz közeledve a dinamikai nyomásnak  $\left(\frac{\rho}{2} v^2\right)$  megfelelően csökken a nyomás a folyadéksugár legszűkebb keresztmetszetéig; ezután ismét növekszik addig a pontig, ahol a folyadéksugár kitölti a teljes csőkeresztmetszetet ( $A-A$ ). Tovább haladva a tengely mentén, a statikus nyomás a csősúrlódás következtében folyamatosan csökken.

Az  $A-A$  keresztmetszet helyén mérhető legnagyobb nyomás  $p'$  az ütközési veszteségek miatt kisebb, mint a Bernoulli egyenlet meghatározta nyomás

$$p_1 = p_0 - \frac{\rho}{2} v^2$$

A csővég okozta nyomásvesztéséget így a

$$p = p_1 - p'$$

nyomáskülönbség adja.

A gyakorlatban az abszolút nyomás mérése nehézkes és pontatlan, ezért a pontosabban mérhető  $p_0 - p'$  nyomáskülönbséget mérjük. A csövön keresztüláramló folyadék  $Q$  mennyiségét is megmérve, az átlagsebesség meghatározható és így:

$$\Delta p = (p_0 - p') - (p_0 - p_1) = (p_0 - p') - \frac{\rho}{2} v^2 = (p_0 - p') - \frac{\rho}{2} \left(\frac{Q}{F'}\right)^2.$$

Itt a jobb oldalon csak mérhető, illetőleg számítható mennyiségek állanak, így ennek alapján a csővég okozta nyomásvesztés meghatározható. A csővég ellenállását a csőszerelvényeknél és csőídomoknál szokásos veszteségtényezővel is kifejezhetjük a

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho}{2} v^2$$

összefüggés segítségével. A veszteségtényező<sub>1</sub> értékét kifejezve

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} v^2} = \frac{(p_0 - p') - \frac{\rho}{2} v^2}{\frac{\rho}{2} v^2} = \frac{p_0 - p'}{\frac{\rho}{2} v^2} - 1$$

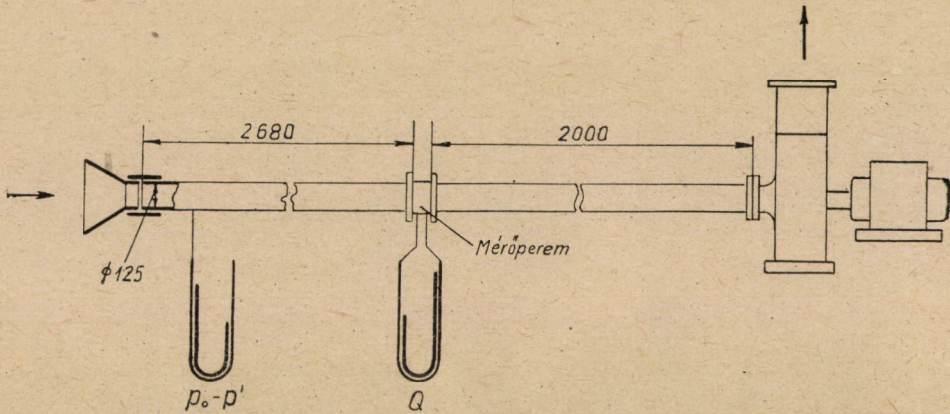
összefüggéshez jutunk.

Az egyenes, szabad csővég ellenállástényezője: mérések szerint 0,6.\*

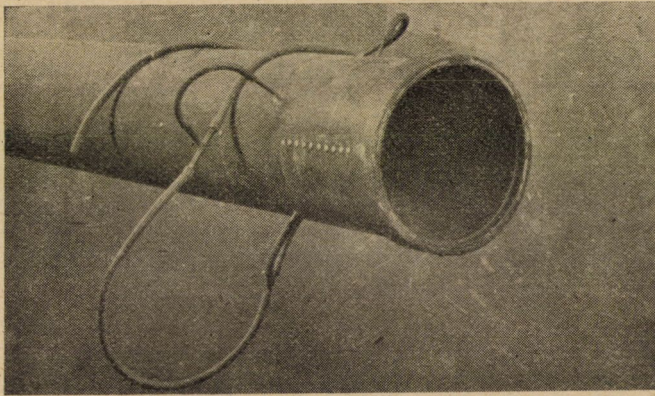
A beömlési veszteséget gyakorlatilag teljesen kiküszöbölhetjük, ha a csővég elé egy trombitatölcsér-szerű beszívószájat helyezünk. A gyakorlatban a trombitatölcsér alakú felület alkalmazásának az a fő akadály, hogy elkészítése igen nehézkes és költséges. Ezért ilyen szívószájat csak különösen indokolt esetben alkalmaznak.

\* Sz. E. Butakov: Ipari szellőzések aerodinamikai rendszerei, 26. old.

Így adódott annak szükségessége, hogy vizsgáljuk a könnyen elkészíthető csonka körkúp-palást alakú szívószáj (szívótölcsér) ellenállástényezőjét. A legkedvezőbb alak megállapítása végett különböző nyílásszögű kúpos beszívószájakat vizsgáltunk meg. A körkúp alakú szívószájakra vonatkozó mérési sorozatot a Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástani Tanszékének laboratóriumában a 2. ábrán vázlatosan ismertetett berendezéssel végeztük.



2. ábra



3. ábra

A 125 mm belső átmérőjű szívócső végét úgy alakítottuk, hogy arra a különböző méretű szívótölcséreket könnyen felfoghassuk. A csővéget egyik alkotója mentén furatokkal láttuk el, hogy a statikus nyomás változását megállapíthassuk. (A 3. ábrán a furatokat elzáró alumínium-szegecsek fejei láthatók). A szívócsőbe annak végétől 2,68 m-re, azaz az előírt 20 D-nél is nagyobb távolságra  $\varnothing$  88,3 mm nyílású éles mérőperemet iktattunk, amellyel az átömlő levegő mennyiségét mértük. A szívócső másik vége egyenáramú motorral hajtott



centrifugális ventilátor szívócsonkjához csatlakozott. A motor fordulatszámának szabályzásával a légsebesség 6–15 m/mp között változtatható volt.

A megvizsgált tölcéserek méreteit az I. táblázat tartalmazza. Anyagtakarékossági okokból a különböző nyílásszögű kúpokat csupán 30 mm hosszú alkotóval készítettük vaslemezről. A nagyobb alkotóhosszal bíró kúpok úgy készültek, hogy a vaslemez kúpokat kéregpapír-lemezzel meghosszabbítottuk. (4. ábra)

I. táblázat  
a megvizsgált kúpos szívótölcéserek méreteiről

Nyílásszög $\beta^\circ$	Alkotóhossz $\frac{a}{D}$ ( $D = 125$ )
125	0,24
	0,24
93,5	0,48
	0,72
	0,96
	1,2
	1,44
	1,52
72	0,24
	0,48
	0,72
	0,96
	1,2
	1,44
47,3	0,24
	0,48
	0,72
	0,96
	1,2
	1,44
30,8	1,52
	0,24
	0,48
	0,72
	0,96
	1,2
	1,44
	1,52

Annak ellenőrzésére, hogy a vaslemez kúpnak a papír felületéből kiálló éle befolyásolja-e a száj ellenállástényezőjét, a következő kísérleteket végeztük.

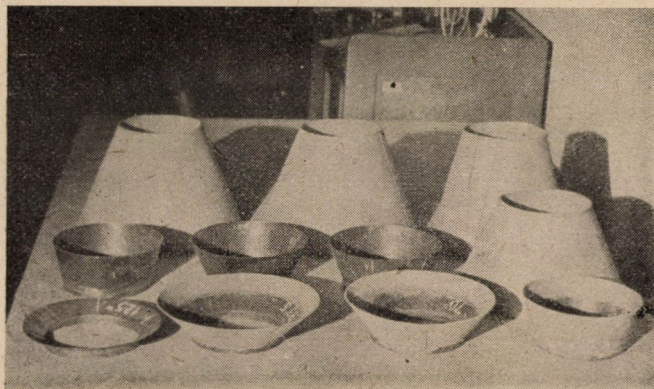
1. A papírkúp hosszát változtatlanul hagyva, a lemezkúp élet pasztillinnal kitapasztva, fokozatos átmenetet biztosítottunk, illetőleg nyersen, kitapasztatlanul hagytuk. Mindkét esetben az ellenállástényező azonos volt.

2. Két ugyanolyan nyílásszögű és hosszú kúp egyike 60 mm hosszú vaslemezről, a másik 30 mm hosszú lemezkúpra felhúzott 60 mm hosszú papírkúpból állott. A két száj ellenállástényezője a mérési pontosság határán belül megegyezett.

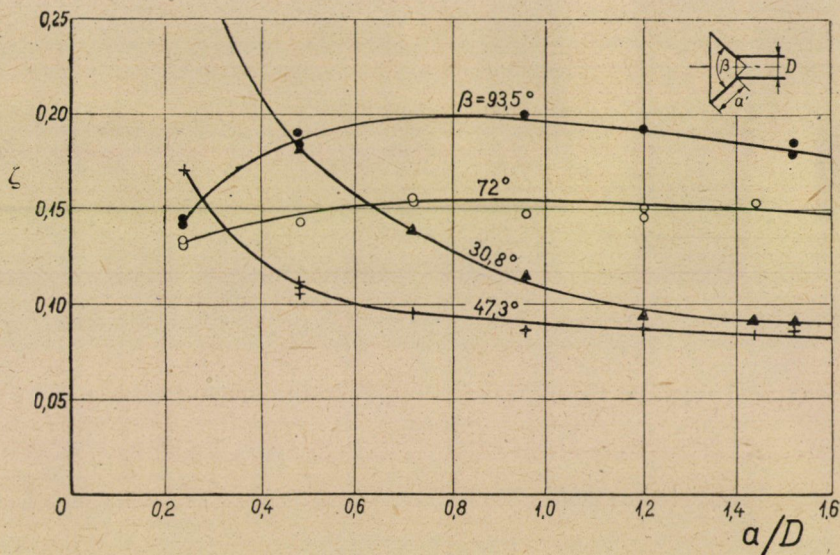
A  $p_0 - p'$  és a mérőperem előtti és utáni nyomáskülönbség méréséhez Fuess-féle mikromanométereket használtunk. A nyomás mérésén kívül a szájban keletkezett áramlás kvalitatív megfigyelésére fonalszondát is használtunk.



A méréssorozat eredményeit az 5. és 6. ábrák foglalják össze. A 5. ábra az ellenállástényezőt az alkotó hosszának függvényében, míg a 6. ábra a kúp nyílásszögének függvényében ábrázolja az ellenállástényező változását. Az alkotó hosszát az átmérő többszörösével fejeztük ki.



4. ábra



5. ábra

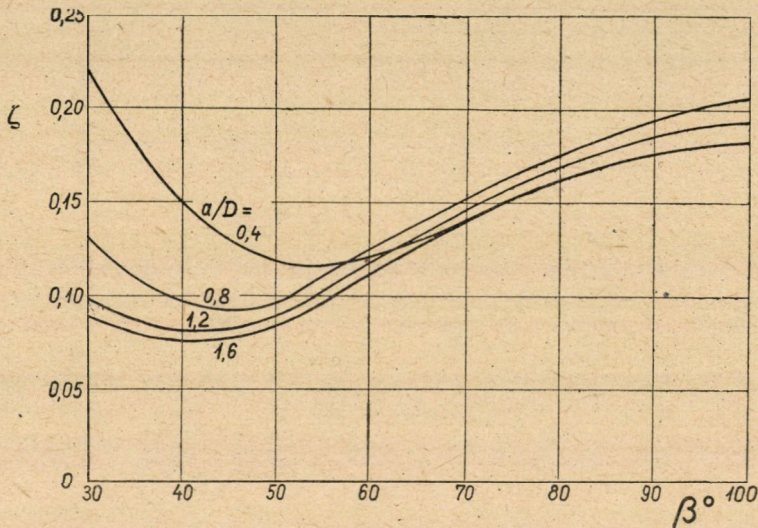
A mérési eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük:

1. Ha  $\beta \cong 70^\circ$ , úgy a leválás helye a cső elején van és a csőkeresztmetszetet szűkíti. Az ellenállástényező 0,13-nál nagyobb értékű. Ilyenkor az alkotó hosszának növelése a  $\zeta$  növekedését vonja maga után, vagy legjobb esetben ( $70^\circ$  körül) nem befolyásolja azt lényegesen.



2. Ha  $\beta < 70^\circ$ , a gyakorlatilag számbajöhető  $\frac{a}{D} > 0,5$  alkotóval bíró tölcser minimális ellenállástényezőjét az  $\frac{a}{D}$  viszonytól függően más és más  $\beta$ -nál éri el. A gyakorlatban alkalmazható  $\frac{a}{D} = 0,5 - 1,5$  között a minimális ellenállástényező  $\beta = 47^\circ - 42^\circ$  nyílásszögnél van. Itt a  $\zeta$  értéke 0,11–0,075 között változik.

A mérések folyamán a csőátmérővel számított Reynolds-szám 50 000 és 120 000 között volt. A Reynolds-számot ezen határok között változtatva, az egyes beszívó tölcserék ellenállástényezőiben nem tapasztaltunk változást.



6. ábra

A fentiek alapján megállapítható, hogy olyan szabad végű szívócsőnél, amelyre költséges trombitatölcser alakú szívószáj alkalmazása nem gazdaságos, könnyen előállítható olcsó szívótölcserrel a beömlési veszteség az egyenes, szabad csővéghez képest  $\frac{1}{8}$ -ára csökkenthető, ha a tölcser nyílása kb.  $40-42^\circ$  és alkotójának hossza 1,5-szerese a csőátmérőnek. Távolról sem ilyen arányú a veszteségsökkenés, ha a gyakorlatban gyakran előforduló  $\beta = 90^\circ$  nyílásszögű kúpot alkalmazunk, mert ez a síma csővég ellenállását csak  $\frac{1}{3}$ -ára csökkenti.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Szívóvezetékek szabad végét a gyakorlatban — ha visszacsapószelep, vagy szűrő alkalmazása nem szükséges — kétféleképpen alakítják ki: ha gondot fordítanak a belépési veszteség csökkentésére és az gazdaságos, úgy trombitatölcser-alakú költséges öntvényeket alkalmaznak, ha ez nem indokolt, többnyire  $90^\circ$  kúpnyílású lemeztölcser-t használnak. A lemezkúp méreteire vonatkozólag az irodalomban csak hézagos adatok találhatók. A lemezkúp legkedvezőbb alakjának megállapítására vonatkozó és a fentebbiekben ismertetett kísérletek azt eredményezték, hogy a legkedvezőbb kúp nyílása  $42^\circ$ , alkotójának hossza pedig a szívócső átmérőjének 1,5-szerese. A különböző méretű tölcserék veszteségtényezőjét a közölt diagrammok tartalmazzák.

# A POTENCIÁLÓS SÍKÁRAMLÁS VIZSGÁLATA ELEKTROLITOS KÁD ALKALMAZÁSÁVAL

NITS KÁROLY

Beérkezett 1951. október 4-én.

Az áramlástanban nagy jelentőségük van azoknak az áramlásoknak, amelyeknél a sebesség skaláris mennyiségből, az ú. n. sebességi potenciálból származtatható. Sűrűlódásmentes folyadékot feltételezve, a nyugvó térből eredő áramlás ugyanis mindig potenciálos. Valóságos — tehát viszkózus — folyadék áramlásánál szigorúan véve nem potenciálos ugyan az áramlás, de legtöbbször a folyadékáramlásba helyezett test vagy testek körüli egészen vékony réteget — az ú. n. határréteget kivéve — jó közelítéssel potenciálosnak tekinthetjük azt.

Gyakorlati szempontból különösen a potenciálos síkáramlások nagyfontosságúak, mert a repülőgépek szárnyai, vagy az ú. n. szárnylapátos áramlástanban gépek lapátjai körül keletkező áramlás első közelítéssel síkáramlásnak vehető. Nem véletlen tehát, hogy az áramlástanban ez a része van leginkább kifejlesztve.

Igen sok matematikai módszer ismeretes, amelyek közös célja a tetzőleges és igen változatos alakú szárnymetszetek körüli áramlások jellemzőinek meghatározása. Az áramlás jellemzőinek meghatározása azonban még összenyomhatatlannak feltételezett közegnél is igen fáradságos és hosszadalmas számoló munkát kíván.

Ismeretes, hogy a párhuzamos síkokkal határolt villamos vezetőrétegben — pl. egyenletes mélységű elektrolitban — keletkező villamos áramlás és potenciálos síkáramlás hasonló jelenségek, mert az áramlást és a villamos áramlást leíró differenciálegyenletek azonosak. Így a hosszadalmas számítások helyett a kérdéses szárnymetszet vagy lapát körüli áramlás villamos mérésekkel sokkal rövidebb idő alatt meghatározható.

A villamos hasonlóság felhasználása aránylag egyszerű eszközöket kíván. Az alábbiakban az Áramlástan Tanszéken létesített ilyen célra alkalmas berendezést ismertetjük, de először, teljesség kedvéért a működés lényegét képező alapelveket foglaljuk össze.

Potenciálos síkáramlásnál a sebesség  $v_x$  és  $v_y$  összetevői és a  $\varphi$  sebességi potenciál között a

$$v_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}$$



és

$$v_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

összefüggések érvényesek.

Tudjuk, hogy a forrásmentes síkáramlásnál az ú. n. áramfüggvény ( $\psi$ ) is bevezethető, amelyből a sebességösszetevőket a

$$v_x = -\frac{\partial \psi}{\partial y}$$

$$v_y = \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

egyenletek adják.

Állítsunk elő egységnyi vastagságú vezetőréteget olyan módon, hogy egy vízszintes és sík fenékkal bíró szigetelőanyagból készült lapos kádba egységnyi magasságig valamilyen vezető oldatot (elektrolitot) öntünk. Ebben a rétegben villamos síkáramlást úgy létesíthetünk, hogy az elektrolitba — annak egész mélységében — függőleges elektróda-lemezeket merítünk és a lemezeket valamilyen áramforrás sarkaival kötjük össze.

A villamos síkáramlás áramsűrűségének vektora az elektrolit felszínével egybeeső  $xy$  síkkal párhuzamos, és  $i_x$  valamint  $i_y$  összetevői a  $\Phi$  villamos potenciálból  $\sigma$  fajlagos ellenállás esetén a

$$i_x r = -\frac{\partial \Phi}{\partial x}$$

és

$$i_y r = -\frac{\partial \Phi}{\partial y}$$

összefüggésekkel határozhatók meg.

Ezeket

$$i_x = \frac{\sigma \left( -\frac{\Phi}{\sigma} \right)}{\partial x}$$

és

$$i_y = \frac{\sigma \left( -\frac{\Phi}{\sigma} \right)}{\partial y}$$

alakba is átírhatjuk.

A síkáramláshoz hasonlóan, a villamos síkáramlásnál is bevezethetjük a  $\Psi$  villamos áramfüggvényt, amelyből az áramsűrűség összetevői az

$$i_x = -\frac{\partial \Psi}{\partial y}$$

és

$$i_y = \frac{\partial \Psi}{\partial x}$$

összefüggésekkel határozhatók meg.



A differenciálegyenletek közti hasonlóság szembetűnő.

Első esetben nyilvánvaló, hogy ha a

$$\varphi = - \frac{\Phi}{\sigma}$$

és

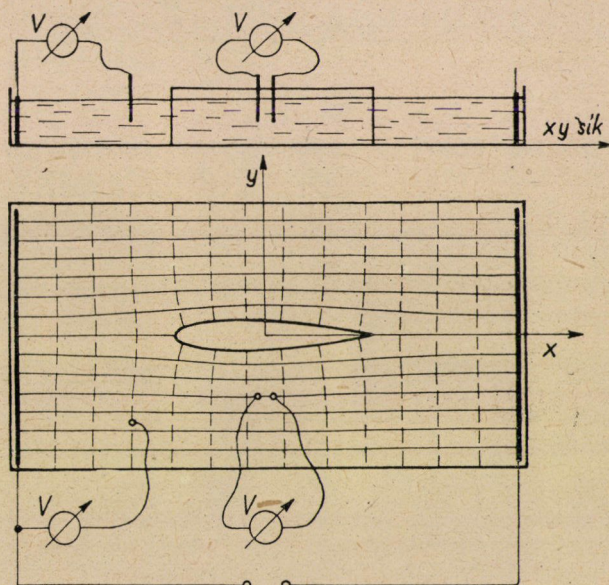
$$\psi = \Psi$$

összefüggéseknek eleget teszünk, akkor

$$v_x = i_x$$

és

$$v_y = i_y ,$$



1. ábra

vagyis a sebesség és az áramsűrűség összetevői azonosak lesznek. Ha pl. párhuzamos áramlásba helyezett zérus állásszögű szimmetrikus szárnymetszet körüli síkáramlás villamos analógiáját akarjuk előállítani, úgy az 1. ábra szerinti elrendezést választjuk. A szigetelőanyagból készített szárnymetszet körüli villamos áramvonalak a síkáramlás áramvonalaiival megegyeznek és a sebesség  $x$  és  $y$  menti összetevői az elektrolitban keletkező  $x$  illetve  $y$  egységnyi távolságra eső feszültségváltozással arányosak. A villamosan egyenlő potenciálú (szaggatott) vonalak is azonosak az egyenlő sebességű potenciálú vonalakkal.

A villamosan egyenlő potenciálú vonalakat az elektrolitba merített tű és hozzá csatlakozó voltmérő segítségével könnyen mérhetjük. A sebességgel arányos feszültséggradienst és annak összetevőit ugyancsak a voltmérőhöz



kapcsolt tűpárral határozzuk meg. A tűpár között levő távolságoknak természetesen kicsinek kell lenniök, ezért itt érzékeny voltmérőre van szükség. A tűpár függőleges tengely körül történő elforgatásával a feszültségkülönbség maximumának (áramvonalak) és minimumának (egyenlő potenciálú vonalak) irányát is könnyen meghatározhatjuk. A tűpárral a szárnymetszettől távol a zavartalan áramlási sebességnek megfelelő feszültségesést is lemérhetjük, mint vonatkoztatási alapot.

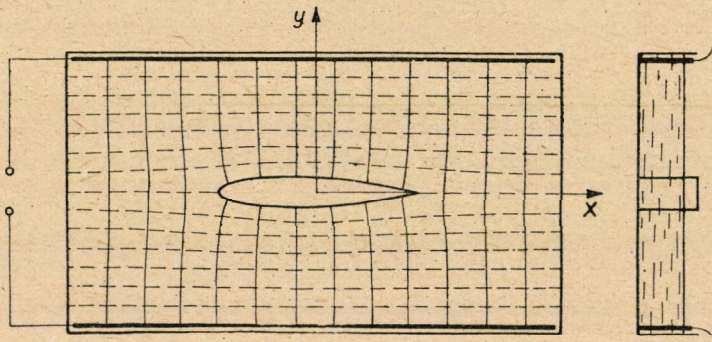
Nem ennyire kézenfekvő, de szintén belátható a differenciálegyenletek között fennálló hasonlatosság második esete is.

Ha a

$$\varphi = \Psi$$

és

$$-\psi = \left( -\frac{\Phi}{\sigma} \right)$$



2. ábra

összefüggéseknek eleget teszünk, úgy

$$v_x = i_y$$

és

$$v_y = -i_x.$$

Ebben az esetben a villamos áramvonalak az egyenlő sebességű potenciálú vonalaknak, a villamosan egyenlő potenciálú (szaggatott) vonalak pedig az áramlási áramvonalaknak felelnek meg. Ezt az analógiát a 2. ábrán látható elrendezéssel lehet megvalósítani.

A szárnymetszet kerülete a síkáramlásban áramvonal, így itt ennek villamosan egyenlő potenciálú vonal felel meg, tehát a szárnymetszet felületének vezetőanyagból kell készülnie. Ezt vagy fémből készült szárnymintával, vagy pedig alumíniumfólia bevonattal lehet megvalósítani.

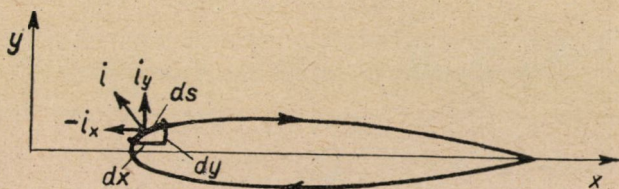
A sebesség  $x$  irányú összetevőjét az  $y$  irányú áramsűrűség összetevővel arányos  $y$  feszültségesésből, az  $y$  irányú összetevőjét pedig a  $-x$  irányú áram-



sűrűség összetevővel arányos  $-x$  irányú feszültségéséből határozhatjuk meg, a tűpár és a voltmérő segítségével.

A felületén vezető szárnymetszetből annak egész kerülete mentén kilépő áramok összegének zérusnak kell lennie, vagyis a 3. ábrán látható körüljárási irány mellett

$$I = \oint (-i_x dy + i_y dx) = 0.$$

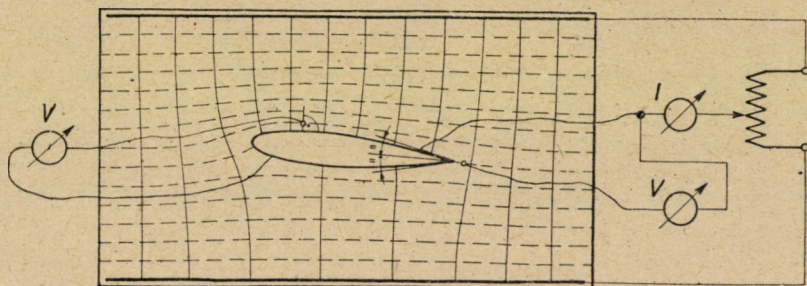


3. ábra

Behelyettesítve  $-i_x$  és  $i_y$  értékeit

$$I = \oint (v_y dy + v_x dx) = \oint \left( \frac{\partial \varphi}{\partial y} dy + \frac{\partial \varphi}{\partial x} dx \right) = \oint d\varphi = 0.$$

Az utóbbi kifejezés azonban nem más, mint a cirkuláció értéke. Ha a szárnymetszet vezetőfelületéből pl. potencióméter segítségével változtatható áramerősség lép ki, úgy a cirkuláció értékét ennek megfelelően változtatni



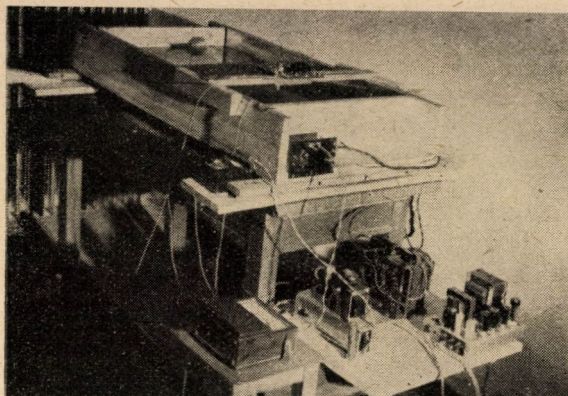
4. ábra

tudjuk (4. ábra) és a kilépőélen zérustól eltérő állásszögnél is megvalósíthatjuk a »sima leáramlást«. Ennek ellenőrzése célszerűen a kilépő élszög szögfelezőjének irányában, a kilépőtől kis távolságra elhelyezett segéd elektróda-tű és a szárnymetszet vezető felülete közé iktatott voltmérővel történhetik. Helyes »cirkuláció«-érték megvalósításánál a voltmérő nem ad kitérést.

A szárnymetszet kerülete menti sebességeloszlást a kerület mentén, arra merőleges állásban végigvezetett tűpár vagy a szárnymetszet kerületétől egyenlő (kis) távolságra végigvezetett tű és a szárny vezető felülete közötti feszültség-



méréssel könnyen meghatározhatjuk. Az alapul szolgáló zavartalan áramlási sebességet a szárnymetszettől távol az egyenlő villamos potenciálú vonalakra merőlegesen elhelyezett tűpárral mérhetjük.

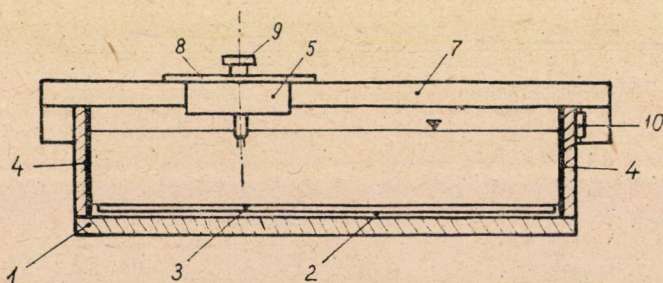


5. ábra

A berendezés összeállítását az 5. ábra szemlélteti.

Főrészei :

1. Kád a szondavezetővel.
2. Mérőszonda.
3. Erősítő és egyenirányító berendezés.
4. Kádat tápláló áramforrás.



6. ábra

1. A használt kád alapterülete  $500 \times 1000$  mm, magassága 150 mm. Metszetét a 6. ábra mutatja.

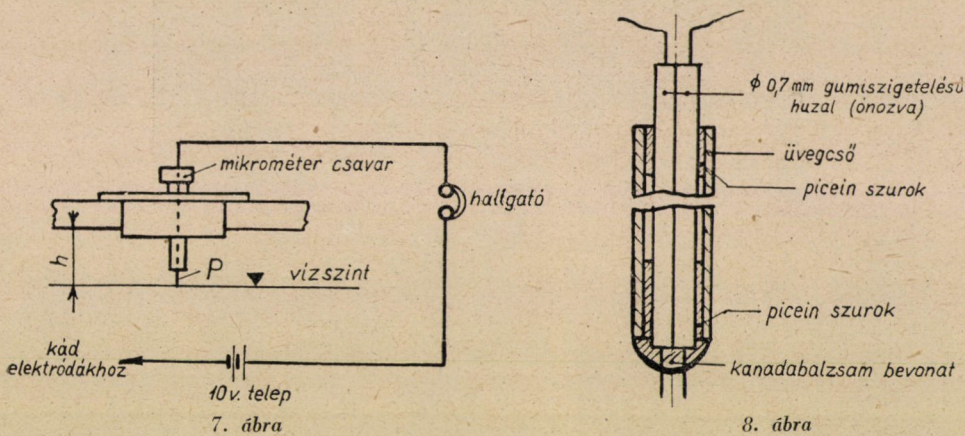
A kád oldalait és alját [1] gondosan illesztett, csónaklakkal bevont fenyőfából készítettük. A szivárgás teljes kiküszöbölése céljából a kád alján kb. 2 mm vastagságú méhviasz és paraffinbevonatot alkalmaztunk [2]. Erre a bevonatra került a  $998 \times 498$  mm méretű, 6 mm vastag tükörüveg [3]. A tükörüveg felületének tökéletesen síknak és párhuzamosnak kell lennie a kád felső élével.



Erre azért van szükség, hogy egyrészt a víztükör és az üveg közti távolság (a víztüreg magassága), másrészt a víztükör és a szondatartó közti távolság állandó maradjon, miután rendszerint vízszintesre állított káddal mérünk.

A víztükör és a kád felső éle közti távolságot legcélszerűbben egy a mérőszonda helyére szerelt platinacsúcs ( $P$ ) segítségével tudjuk ellenőrizni a 7. ábra szerint.

Ha  $h =$  állandó az egész víztükör felett, akkor mindig egy és ugyanazon mikrométer beállításnál fogjuk hallani a hallgatóban az érintkezés következtében az áram megindulását jelző koppanást. A kád oldalain találjuk az áramvezető elektródákat [4]. Ezek gondosan kiegyengetett 0,8 mm vastag ezüstözött



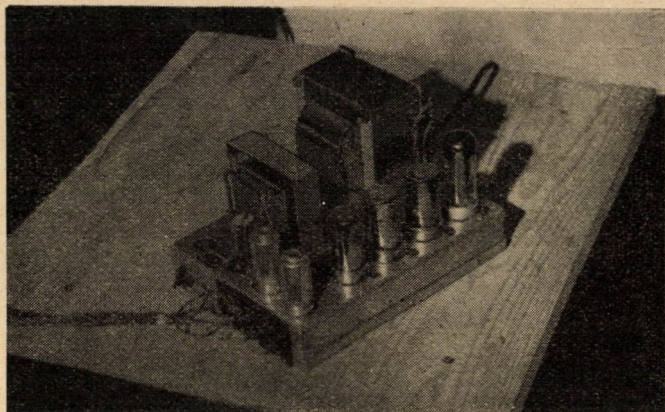
rézlemezről készültek. Itt felhívjuk a figyelmet arra, hogy egyes méréseknél a kád elektródjaira adott feszültség 200 V rendű is lehet, tehát ha a két elektróda közelében az elektrolitba kézzel nyúlunk, halálos áramütést kaphatunk. A kéz és az elektrolit közötti átmeneti ellenállás ugyanis nagyon kicsi, már aránylag kis feszültségeknél is létrejöhet az egyéneként változó halálos áramerősség.

A vezetőszerkezet [7] első kiviteli alakja fából készült kettős T alak, amelynek egyik szárára rúgót szereltünk [10], amely biztosítja a vezető sín merőlegességét a kád mellső oldalára. Ez a megoldás nem mindenkor biztosítja a szonda helyzetének nagy pontosságú reprodukálhatóságát, ezért fém vezetőszerkezet kidolgozását tervezzük. A kettős T hosszú szárán csúszik a szondatartó [5]. Ennek feladata, hogy a szondát tengelye körül elforgathatóan, a kád minden pontjára beállíthassuk. Az elfordulás mértékét szögskálán lehet leolvasni [8]. A szonda mélységét a [9] mikrométercsavarral szabályozzuk.

2. A mérőszonda üvegcsőbe forrasztott 2 darab 0,5 mm átmérőjű platina-huzal, amelyek 2,5 mm távolságban vannak egymástól. Nagy gondot kell fordítani a szonda centrikus befogására, hogy az pontosan az üvegcső tengelye körül forogjon, továbbá a platinahegyek erre a tengelyre pontosan szimmetrikusak

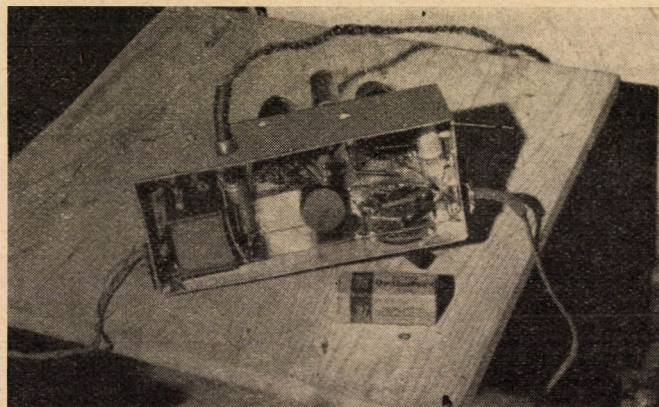


legyenek. A platina-üveg szonda előállítása nem könnyű és olcsó, ezért megpróbálkoztunk ónozott rézhegyű szondák alkalmazásával, amelyek kielégítő eredményt adnak, előállításuk pedig lényegesen gyorsabb és egyszerűbb. Ilyen szonda látható a 8. ábrán.



9. ábra

Tekintve, hogy a szondahegyek alkotta feszültségforrást a mérőerősítő bár csak kis mértékben, de mégis terheli, nem közömbös a szondahegyek bemerülésének mértéke, mert ez szabja meg a szonda belső ellenállását. Ezért a szondával



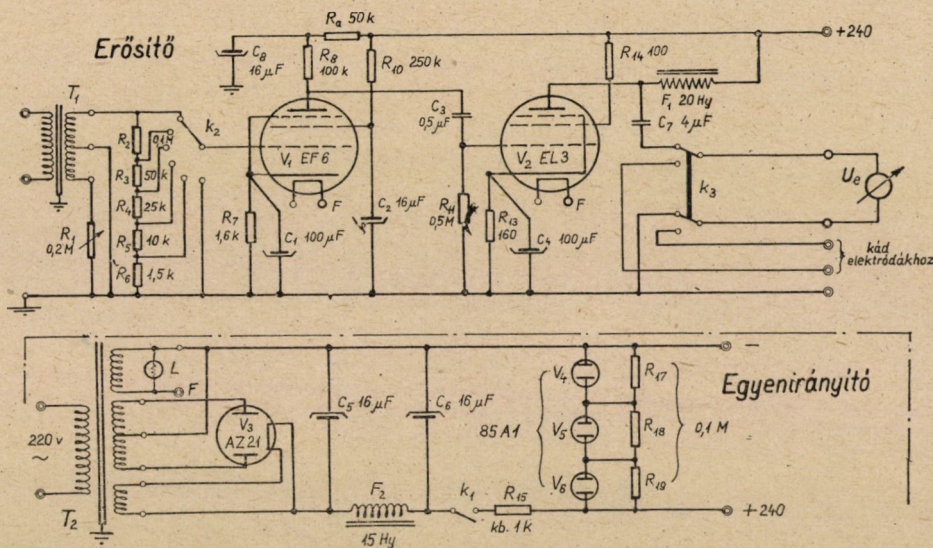
10. ábra

mindig úgy kell mérni, hogy az elektrolit szintje legalább 1 mm-rel magasabb legyen, mint a szondahegyek legfelső, még nem szigetelt darabja. Így a szondahegyek között mindig állandó nagyságú ellenállás van és a mérés nem kényes már a szondahegyek további süllyesztésére. Különleges feladatok megoldására

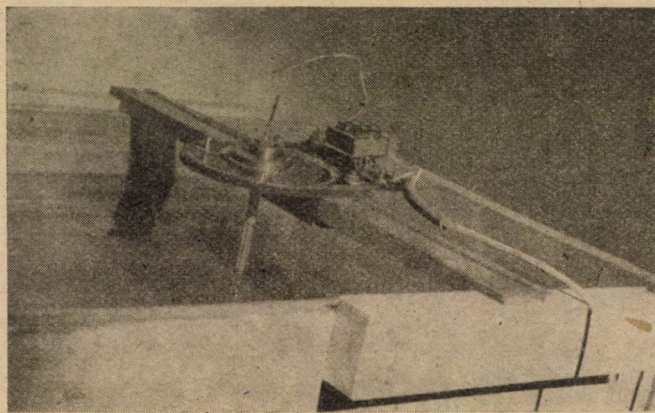


más kísérleti szondákat is alkalmaztunk. Ilyen szondát a mérések leírása során fogunk ismertetni.

3. Az erősítő feladata a szondahegyek között jelentkező feszültség lehetőleg fogyasztásmentes mérése. Gondoskodni kell arról is, hogy a gyakorlatilag mindig



11. ábra



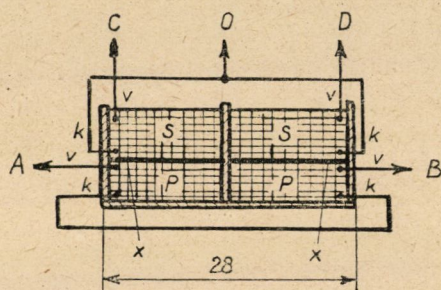
12. ábra

jelenlevő kapacitív, vagy induktív zavarok mérés hibát ne okozhassanak. Az erősítő fényképei és kapcsolási rajza a 9., 10. és 11. ábrákon látható. A  $T_1$  jelű bemenő transzformátor az erősítő-berendezés legkényesebb része. Rendeltetése az, hogy egyrészt az  $A-B$  pontokra kapcsolt szonda-feszültséget transzformálja, másrészt szimmetrikus kiképzésű szekundér tekercse segítségével zavarmentesen



vezesse az erősítő bemenetére. Mivel a szondavezetékeknek a lehető legrövidebbeknek kell lenniök, a  $T_1$  transzformátort a szondatartóra szereltük (12. ábra).

A  $T_1$  transzformátornál mutatkozó legnagyobb nehézség az, hogy rendszerint az  $A-B$  pontok és a föld (transzformátor vastest) közti kapacitás nem egyforma, aminek következtében kapacitív kiegyenlítő áramok folynak a primér tekercsen keresztül, amelyek meghamisítják a mérést. Ezért a transzformátor építésénél gondosan kell ügyelni a szimmetriára. A nálunk jelenleg használt bemenő transzformátor méretei és tekercseinek elrendezése a 13. ábrán látható.  $P'$  és  $S'$  tekercsek  $P$  és  $S$ -hez képest ellenkező menetiránnyal vannak gombolyítva. Az  $x$  jelű sztatikus árnyékolás és a vastest földelendő. Az ily módon készített



$P = P' = 2000$  menet  $\phi 0,08$  mm zománc

$S = S' = 4500$  " " " "

Vaskeresztmetszet  $16 \times 18$  mm

Permalloy köpenyvas

13. ábra

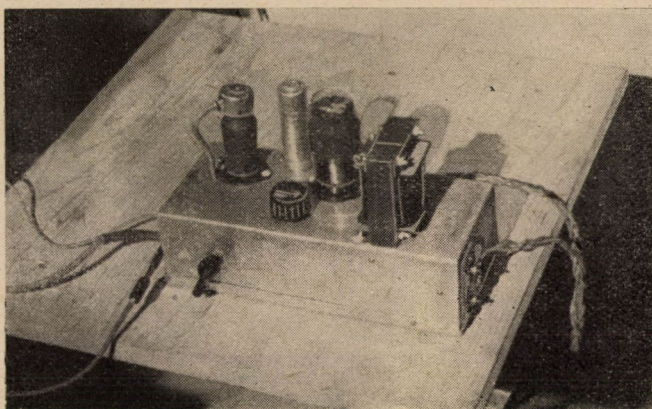
transzformátor még mindig kisméretű kapacitív aszimmetriát mutathat. Ilyenkor  $100$  pF nagyságrendű változtatható kondenzátorokat kell  $A-B$  és  $O$  pontok közé kapcsolni és azokat úgy beállítani, hogy a transzformátor kapacitív aszimmetriáját kompenzáljuk.

Helyes beállításnál az erősítő kimenetére kapcsolt voltmérő ( $U_e$ ) a kád bármely pontján álló szondánál ugyanazt a feszültséget mutatja, ha a szondát kezdeti helyzetéhez képest  $180^\circ$ -kal átforgatjuk, vagy a szondacsúcsokhoz menő vezetékeket egy a szondatartóra szerelt kapcsolóval kommutáljuk.

Az erősítés mértékét az  $R_2-R_6$ , Jaxley-tárcsával kapcsolt feszültségosztó segítségével szabályozzuk. Szokásos kivitelű szénpotencióméter itt nem használható, már csak a beállítás reprodukálhatóságának bizonytalansága miatt sem. Az erősítendő feszültség innen a  $V_1 = EF6$  cső rácsára kerül. Ez a cső a szokásos beállításban működik. Itt is — mint általában az egész erősítő felépítésénél — a tápláló egyenfeszültségeket igen gondosan kell szűrni, mert ellenkező esetben a kádat tápláló hálózati váltóárammal azonos jellegű zavarokat kaphatunk. A  $V_1$  csövet több példányból kell kiválogatni aszerint, hogy melyik csőnek

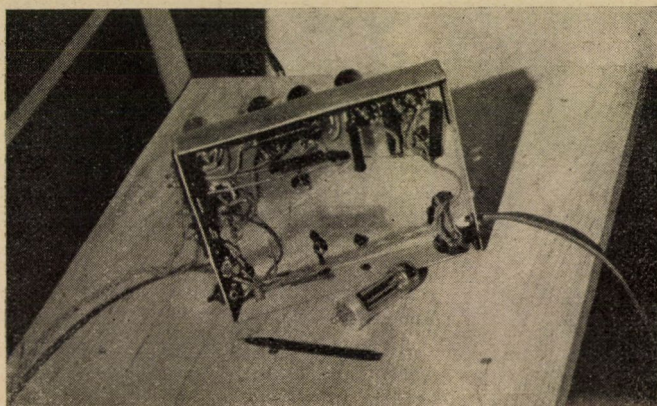


minimális, a hiányos katóda-fűtőszál közti szigetelésből eredő, alapmorgása.  $V_1$  anódjáról a  $C_3 = 0,5$  mikrofardos kifogástalan szigetelésű kondenzátorral csatlakozunk a következő  $V_2 = EL 3$  cső rácsára. Ez a cső is a katalógus adatoknak megfelelő A osztályú erősítő-kapcsolásban dolgozik.



14. ábra

Anódkörében egy, az előmágnesezés miatt légréssel ellátott jóminőségű fojtótekeresztet tettünk ( $F_1$ ). Az ezen keletkező anóдавáltófeszültséget a  $C_7 = 4$



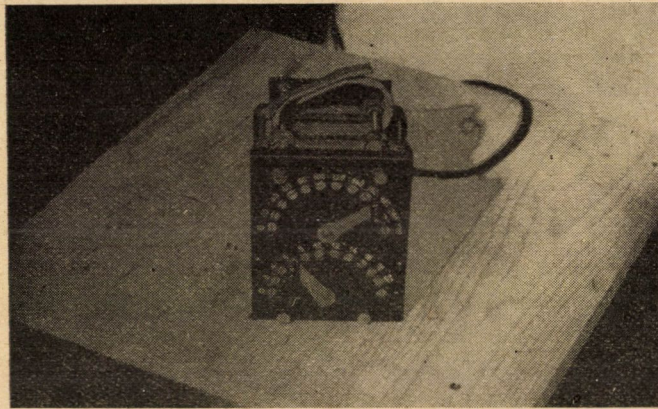
15. ábra

mikrofardos szintén kifogástalan szigetelésű kondenzátoron és a  $K_3$  átkapcsolón vezetjük az  $U_e$  több mérés határú precíziós váltóáramú műszerre. Ennek belső ellenállása minimálisan 300 Ohm/V.  $K_3$  kapcsoló lehetővé teszi azt, hogy ugyanazzal a műszerrel mérjük a kád elektródákon levő feszültséget is. A mérések során azonban bebizonyosodott, hogy ezt célszerű egy másik hasonló műszerrel mérni, a hálózati feszültség ingadozások következtében szükségessé váló korrekció



végrehajthatósága érdekében. A finom korrekció végrehajtására szolgál a 17. ábrán látható  $R_k$  ellenállás. Az erősítőt tápláló egyenirányítóegység fényképei a 14. és 15. ábrákon, kapcsolási rajza pedig a 11. ábrán látható. Az egységet külön fémvázra szereltük és hogy az erősítőbe induktív zavarok ne kerülhessenek, mérés közben ettől kb. 0,5 távolságra helyeztük el. A tápláló feszültség szűrését a  $C_5$ - $C_6$ - $F_2$  szűrőlánccal, a feszültségstabilizációt pedig 3 darab 80 V-os stabilizátor ködfényescsővel oldottuk meg.

A fokozottab stabilitás érdekében tervbe vittük a  $V_1$ - $V_2$  csövek fűtésének stabilizációját is, amelyet vashidrogén ellenállascsővel kívánunk megvalósítani.  $K_1$  kapcsoló segítségével az anódafeszültség külön lekapcsolható, miáltal rövid mérési szünetekben a csövek fűtése bekapcsolva marad.



16. ábra

4. A potenciál kádat az elektródák polarizációjának elkerülése miatt váltóárammal kell táplálni. Igen sokszor elegendő az 50 periódusú hálózati váltóáram. Bizonyos feladatok megoldására azonban célszerű növelni a tápláló áram frekvenciáját, ezért készülöben van kb. 60 Watt teljesítményű erősítőberendezés, amelyet hangfrekvenciás generátorral táplálva 10 000 periódusig mérhetünk. Hálózati árammal történő táplálásnál egy transzformátorral dolgozunk, amelynek szekundér oldala  $11 \times 20 + 10 \times 2$ , összesen tehát maximálisan 240 V feszültséget szolgáltat, 0,5 Amper terhelés mellett (16. ábra).

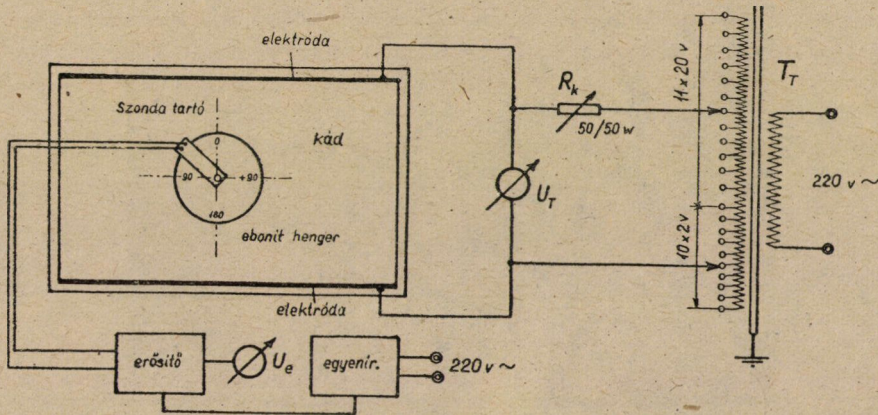
Igen fontos, hogy e transzformátor primér és szekundér tekeresei között levő szigetelés kifogástalan legyen, életvédelmi szempontok miatt.

Az alábbiakban a káddal történő mérés végrehajtásának szemléltetésére, bemutatjuk egy körhenger körüli sebességeloszlás felvételét. Az összeállítás vázlatos képe a 17. ábrán látható.

Ezen mérés az egész eljárás alkalmazhatóságának ellenőrzése céljából készült, mivel a mért értékek jól összehasonlíthatók a henger körüli sebességel-

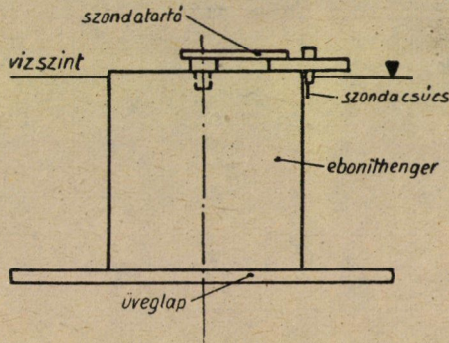


oszlás könnyen számítható szinuszos lefolyásával. Elektrolit gyanánt közönséges vízvezetéki vizet használtunk. Hogy a mérőszondával jól megközelíthessük a hengert, egy külön szondát szerkesztettünk, amelynek csúcsai a henger palástján fekszenek (18. és 19. ábra.) A henger felső lapját fok-beosztással láttuk el és e



17. ábra

lap furatában forog a szondatartó csapja. Méréseinkhez az első analógiát használtuk, tehát a henger szigetelő ebonitból készült. A henger alját gumiragasztóval bevontuk, hogy az hézagmentesen illeszkedjék a kád üveglapjához. A kád elektró-

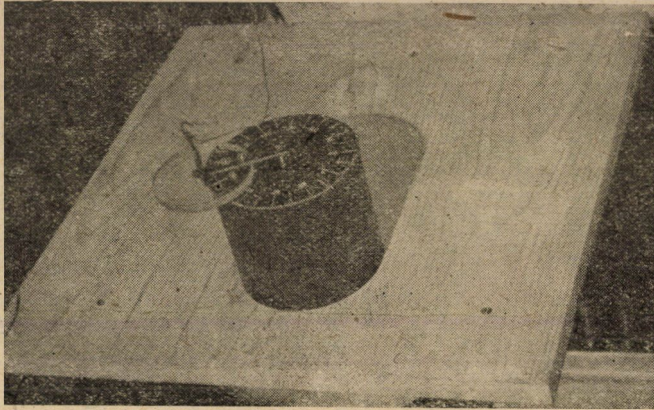


18. ábra

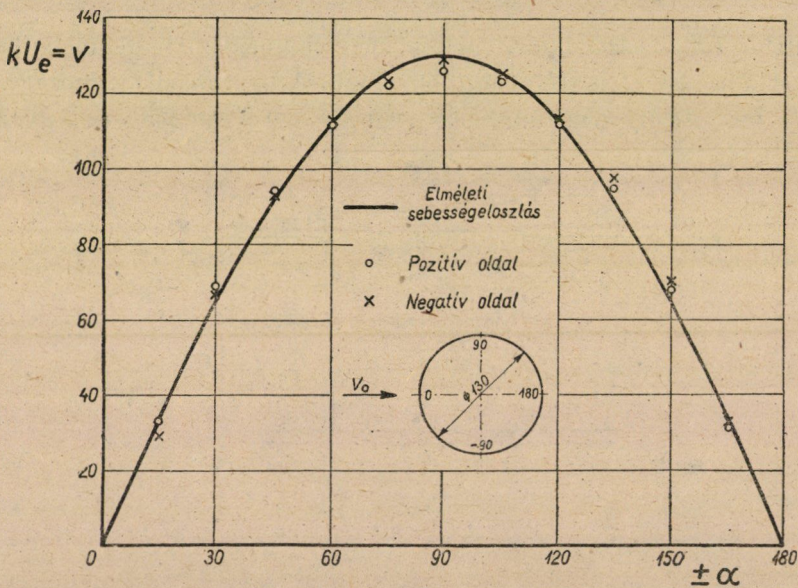
dákat 50 periódusú hálózati váltóárammal tápláltuk a  $T_t$  transzformátor segítségével.  $U_t$  műszer az elektródák közti feszültséget mutatja. Mérés előtt a henger skálájának  $0-180^\circ$ -os vonalát pontosan beállítjuk az elektródákra merőlegesen, majd a  $0$  villamos potenciálú  $= 0$  sebességű torlópontokat ellenőrizzük. ( $0^\circ$  és  $180^\circ$ -nál). Mérés előtt az erősítőt hitelesíteni kell, oly módon, hogy a modell nélküli kádban egy az előbbi irányba állított szondaállásnál felvesszük az  $U_e = f(U_t)$  összefüggést. A szonda csúcsain jelentkező feszültség,  $U_s = c U_t$



amely a szondacsúcsok egymásközti távolságától és az  $U_t$  feszültségtől függ. Ilymódon figyelembe vettük azokat a hibákat, amelyek az erősítőberendezés tökéletlen linearitásából és az  $U_e$  műszer esetleges hasonló hibájából erednek.



19. ábra



20. ábra

Ezután a szondát a henger körül forgatva ( $U_t = \text{const}$  mellett) felvesszük a sebességeloszlásnak megfelelő villamos potenciál eloszlást. A  $+90^\circ$  és  $-90^\circ$  pontokon a zavartalan áramlási sebesség, illetőleg villamos potenciál értékének kétszeresét kell kapnunk. Egy ilyen mérés eredményét tünteti fel a 20. ábra, ahol a teljes vonallal rajzolt szinusz-görbe a számított sebességeloszlást mutatja,

a körök, illetőleg kereszttek pedig a mért pontoknak felelnek meg. Az elméleti görbéhez képest kisebb eltérések észlelhetők. Ezeket a berendezés még meglevő mérési pontatlanságán kívül az okozza, hogy a kád méretei nem végtelen nagyok a henger méretéhez képest. Ennek ellenére a mérési eljárás az aerodinamikai gyakorlat számára igen használhatónak mondható és egyszerűségével, valamint sokoldalúságával kétségtelenül laboratóriumunk fontos eszközévé válik.

A jelentős külföldi kutatóintézetek és a repülőgépgyárak ezt az eljárást egyszerűségénél és gyorsaságánál fogva egyre nagyobb mértékben alkalmazzák. A feladatok megoldásaihoz ugyanis a számítós módszerekhez képest kb. tizedannyi idő szükséges. Természetesen a villamos mérés technika nagyarányú fejlődése nagyban hozzájárult az eljárás kifejlesztéséhez, úgyhogy míg régebben csupán egy szinkron egyenirányítóval ellátott galvanométerrel mértek, a mai korszerű elektrolitos kádokhoz villamos berendezések egész sora tartozik.

A szárny körüli áramlás tanulmányozása elektrolitos kád segítségével hazánkban először az Áramlástan Tanszék e cikkben ismertetett berendezésével történt.

Köszönettel tartozom Dr. Gruber József műegyetemi tanár úrnak, aki értékes tanácsaival nagy segítségemre volt mind a berendezés megvalósításában, mind pedig e cikk megírása során.

#### IRODALOM

*L. Malavard*: Application des Analogies Electriques à la solution de quelques problèmes de l'Hydrodynamique (Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air).

*L. Malavard*: Sur la solution rhéoelectrique de questions de représentation conforme et application à la théorie des profils d'ailes (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences).

*L. Malavard*: Application aérodynamique du calcul expérimental analogique (National de l'Aviation Française, April 1945).

*L. Malavard*: Calculateur d'ailes et réseau de résistances linéaire pouvant remplacer, dans certaines questions, le bassin électrique (Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences).

*J. Peres*: Les Methodes d'Analogie en Mécanique Appliquée-5th Int. Congress for App. Mechanics: Cambridge, Mass. 1938.

*E. F. Relf*: An electrical method of tracing streamlines for the two-dimensional motion of a perfect fluid (Aeron. Res. Com. and Mem. et Philos. Magazine, 1924).

*E. F. Relf*: An electrical method for tracing streamlines round bodies in a perfect fluid. R. & M. 905. 1924.

*G. I. Taylor and C. F. Sharman*: A Mechanical Method for Solving Problems of Flow in Compressible Fluids. R. & M. 1195, 1928.

*G. I. Taylor and C. F. Sharman*: Problems of flow in compressible fluids (Proc. Roy. Soc. of London, série A. t. 121, 1928.)

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektrolitos kád segítségével végrehajtott áramlástan vizsgálatok nagy segítséget jelentenek az aero- és hidrodinamikai laboratóriumok számára. A fentiekben ismertetett eljárás segítségével rövid idő alatt olyan mérési eredmények birtokába jutunk, melyeket egyébként csak bonyolult, hosszadalmas számítások útján kaphatnánk meg. Ezért az elektrolitos kádat méltán nevezhetjük az áramlástan villamos számológépének.





# A MANNESMANN-RENDSZERŰ CSŐLYUKASZTÓSORI HENGERÁLLVÁNY SZILÁRDSÁGTANI MÉRETEZÉSE

DÉVÉNYI GYÖRGY

Beérkezett 1951. október 22-én

A csőlyukasztósori hengerállvány a hengerosoroknak az a gépeleme, amely a hengereknek egymáshoz való térbeli helyzetét biztosítja és a hengerlésnél keletkező erőket a hengerektől átveszi. A szerkezet zárt, eltolható csomópontú, statikailag többszörösen határozatlan sokszögletű keret. A hengerállvány keresztmetszete és ennek másodrendű nyomatéka erősen változó, úgyhogy az ilyen keretben keletkező nyomatékok nagyságának pontos kiszámítása nehézségekbe ütközik. Bizonyos egyszerűsítő feltételek alkalmazásával azonban gyorsan közelítő képet alkothatunk magunknak a feszültségek nagyságáról és azok eloszlásáról, amikor is a kapott értékek a gyakorlat szempontjából feltétlenül használhatók lesznek.

A tervezendő csőhengerállvány alakját és anyagát úgy kell kiválasztani, hogy az céljának szilárdságtani szempontból meg tudjon felelni. Méretezésénél az egyes keresztmetszeteket tapasztalati képletek segítségével előre szokták megállapítani. A gyakorlati adatok alapján választott csőhengerállvány ellenőrzése során azt fogjuk vizsgálni, hogy a választott alakú és anyagú szerkezet szilárdságtani szempontból meg tud-e felelni céljának, figyelembevéve, hogy a szerkezetben a legnagyobb igénybevételnél sem szabad maradandó alakváltozásnak bekövetkeznie.

Az első felrajzolásához tájékoztatóul szolgálnak a következő összefüggések (1. ábra) :

$a = D$	$h = 2,5 D$	$k_1 = 0,42 D$	$o = 0,08 D$
$b = D$	$i = 2,1 D$	$k_2 = 0,54 D$	$p = 0,08 D$
$c = D$	$j = 0,2 D$	$k_3 = 1,1 D$	$r = 0,4 D$
$d = D$	$j_1 = 0,35 D$	$l = 2,1 D$	$s = 0,5 D$
$e = 1,2 D$	$j_2 = 0,5 D$	$m = 7 D$	$t = 1,6 D$
$f = 1,2 D$	$j_3 = 0,9 D$	$n = 3,1 D$	$z = 5,2 D$
$g = D$	$k = 0,3 D$		

A munkahenger átmérője :

$$D = D_{\max} + 300 \text{ mm.} \quad (1)$$



$D_{\max}$  = a hengerson hengerelhető legnagyobb nyerscső átmérője.

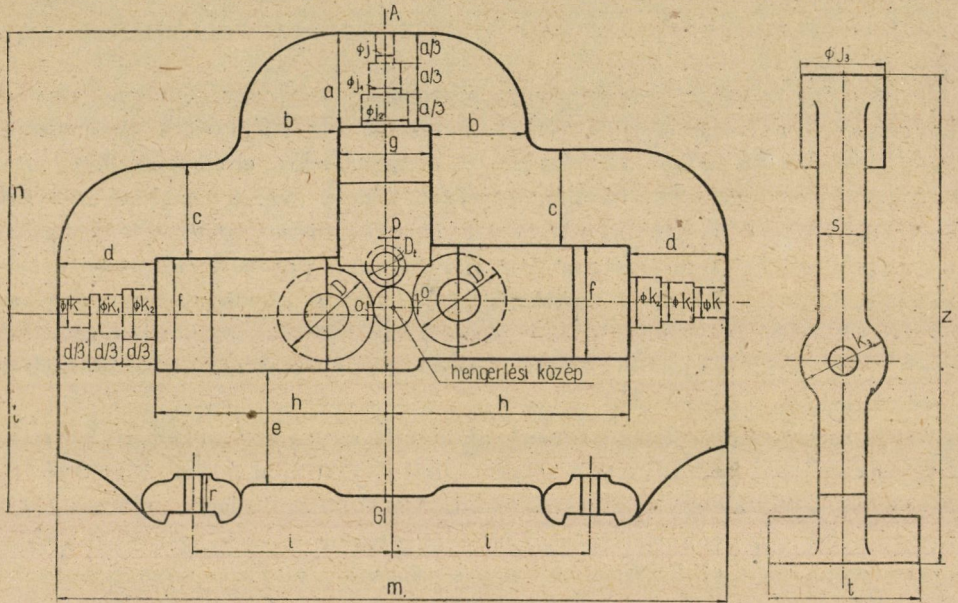
A támasztóhenger átmérője :

$$D_t = 0,4 D \text{ lyukasztóműveletnél} \quad (2)$$

$$D_t = 0,6 D \text{ csövek tágításánál} \quad (3)$$

Acélöntésű hengerállványnál :

$$\sigma_B = 50 - 60 \text{ kg/mm}^2. \quad (4)$$



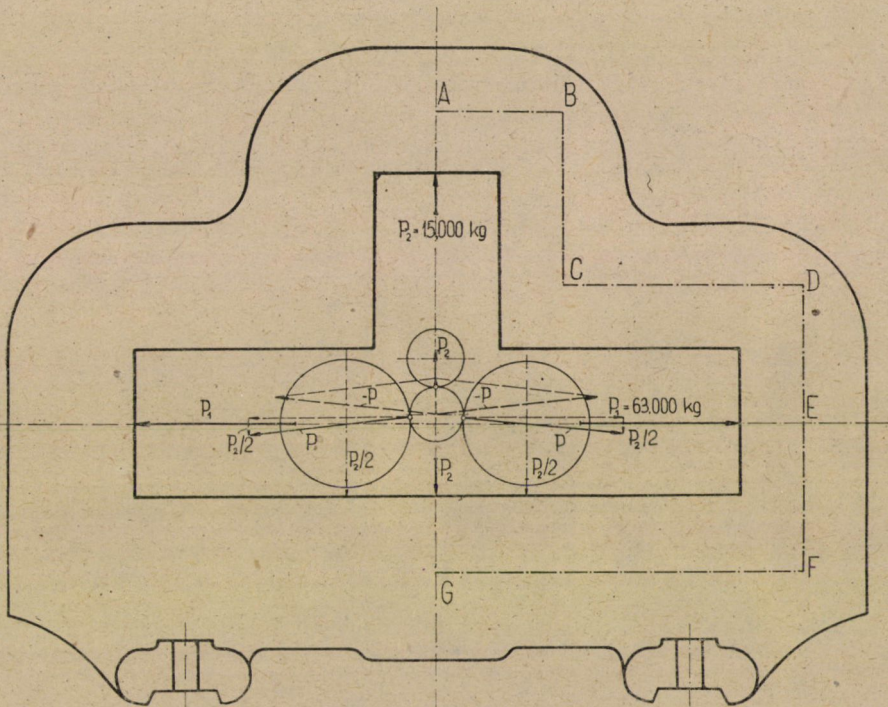
1. ábra

A statikailag többszörösen határozatlan tartók megoldása történhet tisztán számítással. A hengerlési munka a kerettartóban rugalmas feszültségeket ébreszt, illetve abban rugalmas alakítási munkát halmoz fel, vagyis az energiának csak egy része alakul át hasznosítható hengerlési munkává, a másik része pedig a hengerlés szempontjából elvesz. Hogy mekkora az elvesző energia, szorosan összefügg avval, hogy mekkora rugalmas feszültségek keletkeznek a kerettartóban. Az így felhalmozott rugalmas feszültségek nagyságának kiszámítása az alakváltozási munkából történik. Ez az eljárás bonyolult összefüggések, integrálási eljárások alkalmazását teszi szükségessé és ezért nem elég gyakorlati.

Statikailag határozatlan szerkezetek számítása történhet a nyomaték-osztásmódszer segítségével. Az eljárás alkalmazása akkor lehet indokolt, amikor a keret egyes keresztmetszetei és azok másodrendű nyomatékai állandók, mert ebben az esetben az általános és egyszerűnek mondható összefüggések érvényesek



és alkalmazásukkal gyorsan eredményhez juthatunk. A módszer a gyakorlatban jól használható, könnyen kezelhető s különösebb matematikai felkészültséget nem kívánó eljárás. Ha a keret egyes keresztmetszetei változnak, a fent említett általános és egyszerű összefüggések nem érvényesek és minden létező alakra bonyolult egyenleteket kell levezetni, ez pedig a gyakorlati célokat szem előtt tartó tervező álláspontjából fáradságos és időtrábló munka. Ez a körülmény vezetett bennünket, hogy a változó keresztmetszetek figyelembevételét egyszerű



2. ábra

grafikus eljárással kövessük. Mindenekelőtt szembetűnő az eljárás alkalmazta összefüggések egyszerűsége és áttekinthetősége. A levezetett eljárás minden tartóméret, keresztmetszetváltozás és terhelés mellett egyformán érvényes, tehát nem kell a képleteket újra levezetni, mert az ismertetett eljárás minden esetben érvényes.

Az 1. ábrán feltüntetett csőhengerállványt a 2. ábrának megfelelően átalakítjuk. Az állványnak az  $AG$  tengelytől jobbra eső részét a baloldalihoz viszonyítva szimmetrikussá alakítjuk. Ezen egyszerűsítés a kapott eredményt gyakorlati szempontból befolyásolni nem fogja, viszont a szimmetria kihasználásából eredő egyszerűsítések nagyon jelentősek. A hengerlési közepet a

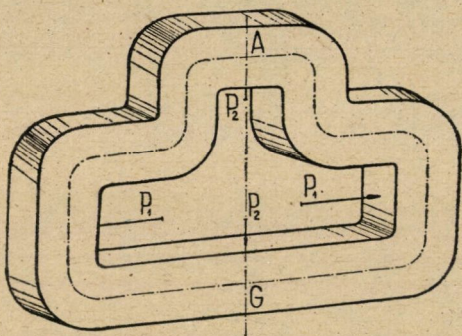


szimmetria-tengelybe toljuk, a munkahengereket pedig a 2. ábrán látható módon rendezzük el.

A munkahengerekre ható erők nagysága a gyártandó cső függvénye, számításuk képletek segítségével történik. A támhengerre ható erő reakcióerő és nagyságát azon feltevésből kapjuk, hogy az erők a darab tengelyére merőleges síkban egyensúlyban vannak.

Vizsgálatainknál az egyszerűség kedvéért úgy vesszük, mintha a tartót csak négy erő terhelné, amelyek közül kettő-kettő egy egyenesbe esik.

A továbbiakban az állványt csak a semleges vonallal fogjuk jelölni. A zárt keret a  $AG$ -vel jelzett tengelyre szimmetrikus, ennek folytán a szimmetria-tengelyt metsző gerendák szimmetrikusan kénytelenek deformálódni. Ezért a



3. ábra



4. ábra

következőekben elég a zárt keretnek csak az  $AG$ -ig terjedő felét vizsgálatunk tárgyává tenni.

Az előbbieket szem előtt tartásával a méretezés a következő lépésekben történik :

#### A) tehetetlenségi nyomaték állandó :

- 1.) csak a függőleges irányú terhelést vesszük figyelembe és számítjuk a befogási nyomatékok nagyságát,
- 2.) csak a vízszintes irányú terhelést vesszük figyelembe és erre nézve is megállapítjuk a befogási nyomatékokat,
- 3.) az 1. és 2. pontban kapott ábrákat egy eredő ábrában összegezzük.

#### B) tehetetlenségi nyomaték változó :

- 1.) a 3. pont eredő nyomatéki ábrája alapján az új változó tehetetlenségi nyomatékokra érvényes nyomatéki ábrának megszerkesztése.

A feladat első részében, amelyet számítással fogunk megoldani, feltesszük, hogy a keresztmetszet az egész keret mentén állandó (3. ábra).

A függőleges  $P_2/2$  erők, amelyek a keret  $AC$  szimmetria tengelyében működnek, a keretet deformálják és az egyes keresztmetszetekben kezdeti befogási nyomatékokat hoznak létre. A továbbiakban a kezdeti befogási nyomatékokat — a szokásos előjelszabálytól eltérően — akkor tekintjük pozitívnak, ha a rúd vége, a rúd meggörbült szilárdsági tengelye, a végérintőhöz képest az óramutató előrehaladásának irányában tér el, negatív nyomaték esetén pedig ellenkező irányban (4. ábra). Az állványfelet  $B$  és  $F$  pontjaiban megtámasztjuk, azaz elmozdulás ellen kellőképpen biztosítjuk. A  $P_2/2$  erők a  $B$ , illetőleg  $F$  csomópontban kezdeti befogási nyomatékokat létesítenek (5/a. ábra), amelyek nagysága:

$$M_B = P_2/2 \cdot l_1/2 \quad (5)$$

$$M_F = -P_2/2 \cdot l_5/2. \quad (6)$$

A megtámasztás helyén reakcióerők keletkeznek:

$$R = R_1 + R_2, \quad (7)$$

ahol

$R_1$  a kezdeti stádiumban, tehát a közbenső csomópontokon mereven befogott, és képzelt megtámasztásokkal rögzített szerkezeten a külső terhelésekből és az általuk létesített kezdeti befogási nyomatékokból azonnal meghatározható, mint a képzelt megtámasztásokban keletkező reakcióerő, amely a  $B$  végén befogott tartóra:

$$R_1 = -\frac{P_2/2 \cdot l_1}{l_1} = -\frac{P_2}{2} \quad (8)$$

$R_2$  a folytonosság következtében a tényleges szerkezeten keletkező reakcióerő.

Ha a  $B$  pontban odaképzelt megtámasztást eltávolítjuk és működtetjük  $R_1$  erő ellentettjét  $+P_2/2$  eltolóerőt, ez a keretnek  $B$  és  $C$ -vel jelölt csomópontját  $\eta$  távolsággal eltolja (5/b ábra):

$$\eta = \frac{P_2/2 \cdot l_3^3}{12 \cdot EJ}, \quad (9)$$

$l_3$  = a  $CD$  rúdrész hossza,

$E$  = az anyag rugalmassági tényezője,

$J$  = a tehetetlenségi nyomaték.

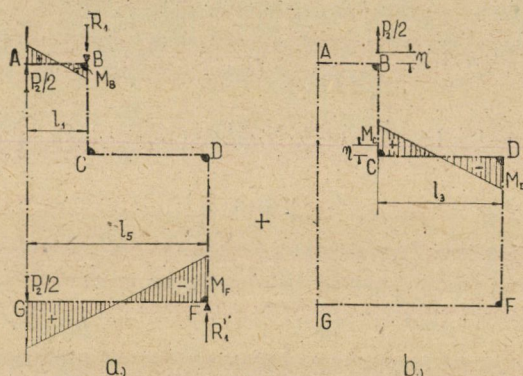
Az eltolódás következtében a  $CD$  rúdon kezdeti befogási nyomatékok keletkeznek (5/b ábra).

$$M_{C,D} = +\frac{P_2/2 \cdot l_3}{2} \quad (10)$$



Az ismertetendő eljárásban azt az egyszerűsítést vezettük be, hogy a  $CD$  rúdrészre ható  $P_2/2$  eltoló erőt s az ennek következtében keletkező kezdeti befogási nyomatékot előre meghatároztuk és ezek a további számításban a külső terhelésekből kapott kezdeti befogási nyomatékokkal együtt vesznek részt, míg a folytonosságból keletkező megtámasztó erők hatását a nyomatékosztással párhuzamosan lépésről lépésre vettük tekintetbe.

A kezdeti befogási nyomatékok megállapítása után a befogási nyomatékok nagyságát a számpéldában ismertetett különleges egyszerűsített számítási eljárással határozzuk meg, amely a nyomatékosztás alapgondolatából indul ki és az állványfelet, mint eltolható csomópontú keretet számítja. Az eljárással



5. ábra

kapott befogási nyomatékok nagyságát, továbbá a rugalmas vonal deformált alakját a 6. ábra tünteti fel.

A következő lépésben csak a vízszintes irányban ható  $P_1$  erőt vesszük számításba. A keretet kellő támasz bevezetésével, elmozdulás ellen biztosítjuk.  $P_1$  erő hatása alatt a  $D$  és  $F$  csomópontokban kezdeti befogási nyomatékok keletkeznek (7/a. ábra), amelyek nagysága :

$$M_D = - \frac{P_1 \cdot a^2 \cdot b}{l_4^2} \quad (11)$$

$$M_F = + \frac{P_1 \cdot a \cdot b^2}{l_4^2} \quad (12)$$

Ezután számítjuk a  $D$  pontban fellépő  $R$  reakcióerő nagyságát :

$$R = R_1 + R_2 \quad (13)$$

$R_1$  és  $R_2$  jelentését az előzőekben már megállapítottuk.



$R_1$  reakcióerő nagysága  $D$  és  $F$  csomópontokban alátámasztott, a koncentrált  $P_1$  erővel terhelt tartórészre:

$$R_1 = - \left( \frac{P_1 a}{l_4} + \frac{M_D - M_F}{l_4} \right), \quad (14)$$

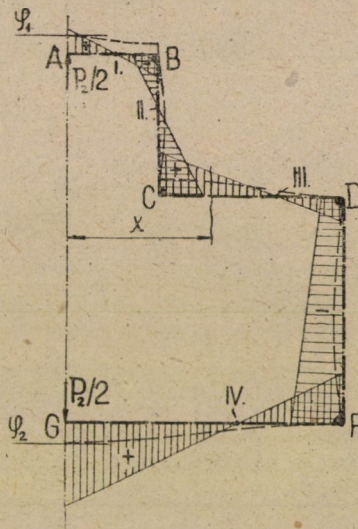
ahol

$P_1$  = a  $DF$  tartórészre ható erő,

$a$  = az erőnek  $F$  alátámasztási ponttól való távolsága,

$l_4$  = a  $DF$  tartórész hossza,

$M_D$  és  $M_F$  a  $D$ , ill.  $F$  csomópontban keletkező kezdeti befogási nyomatékok nagysága.



6. ábra

Ha a  $D$  pontban odaképzelt megtámasztást eltávolítjuk és működtetjük az  $R_1$  erő ellentettjét, a  $P$  eltolóerőt, akkor a szerkezetet az eltolóerőnek megfelelően a csomópontok feltételezett merev befogása következtében oly formán gondoljuk kilengeni, hogy

1. a tartó  $C$  illetve  $D$  csomópontjai csupán vízszintes irányú eltolódásokat szenvednek, elfordulásokat nem, azaz ezekben a pontokban a végérintők függőlegesen maradnak,

2. a vízszintes  $CD$  rúd alakját nem változtatja, csupán — ugyanebben a vízszintes síkban a  $C$ , illetve  $D$  kilengésének megfelelően — eltolódik,

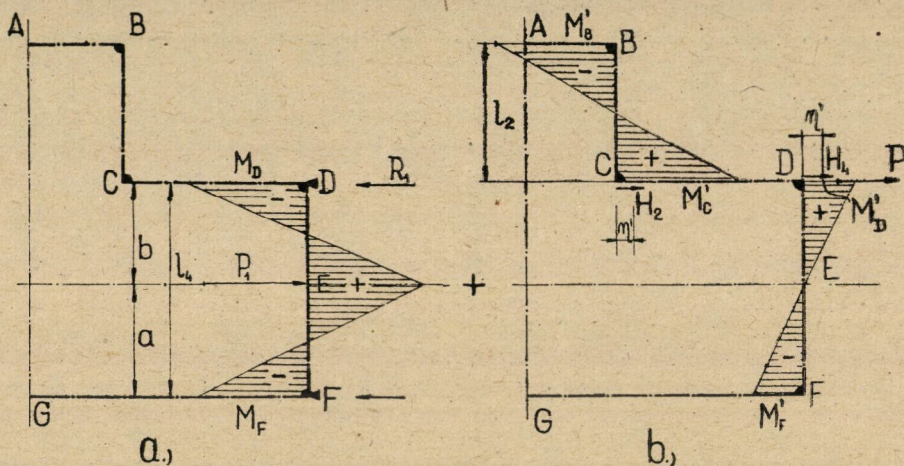
3. a  $C$  és  $D$  pontok vízszintes eltolódása  $\eta'$  egyforma. Ezen eltolódások következtében kezdeti befogási nyomatékok keletkeznek (7/b. ábra).

A  $C$  és  $D$  csomópontok a fent tárgyalt eltolással szemben ellenállást tanúsítanak. Ezen ellenállóképességet a  $P : \eta'$  viszonzyszámmal, vagy ennek



valamely állandó többszörösével fogjuk jellemezni. Esetünkben e célra a  $P : \eta'$  viszonyszám  $\frac{1}{12 E}$ -szeresét fogjuk használni s az így kapott értéket ellenállástényezőnek  $y$  fogjuk nevezni. Az ellenállástényező értéke az egyik végén tökéletesen befogott rúd esetében:

$$y = \frac{J}{l^3_x} \quad (15)$$



7. ábra

A  $BC$  és  $DF$  rudak a ható  $P$  tolóerőn ellenállástényezőik arányában osztoznak. Ha tehát a  $BC$  rúd ellenállástényezője  $y_2$ , a  $DF$  rúdé pedig  $y_4$ , akkor az illető rudakra jutó tolóerők:

$$H_2 = \beta_2 \cdot P \quad (16)$$

ahol

$$H_4 = \beta_4 \cdot P, \quad (17)$$

$$\beta_2 = \frac{y_2}{y_2 + y_4} \quad (18)$$

$$\beta_4 = \frac{y_4}{y_4 + y_2} \quad (19)$$

Az itt szereplő  $\beta_2$  és  $\beta_4$  tényezőket, minthogy ezek a  $P$  tolóerőn való osztozkodást szabályozzák, erőosztóknak nevezzük, a  $H_2$ ,  $H_4$  erőrésztetek meghatározását pedig erőosztásnak nevezzük.

Ha a  $D$  pontbeli képzelte támaszt eltávolítjuk, akkor a  $CD$  rúd a tengelyébe eső  $P$  tolóerő hatására eltolódik, de vele együtt eltolódnak a  $C$  és  $D$  csomópontok is, mégpedig mindegyik ugyanazzal a  $\eta'$  értékkel.

Az eltolódást létesíteni gondolt  $H_2$  és  $H_4$  erők, illetve ezen erők okozta  $M$  nyomaték és az eltolódás közt a következő összefüggések írhatók fel: Pl. a  $C$  csomópontra

$$\eta' = \frac{1}{6E} \cdot M_c \cdot \frac{l_2^2}{J} \quad (20)$$

és mivel

$$M_c = H_2 \cdot \frac{l_2}{2} \quad (21)$$

$$\eta' = \frac{1}{12E} \cdot H_2 \cdot \frac{l_2^3}{J} = C \frac{H_2}{y}, \quad (22)$$

amely összefüggésben

$E$  = az anyag rugalmassági tényezője.

$H_2$  = a  $BC$  tartórészre ható eltolóerő

$l_2$  = a  $BC$  tartó hossza

$J$  = a tehetetlenségi nyomaték

$y$  = ellenállástényező

Ugyanennyivel tolódik el a  $D$  csomópont is.

A  $H_2$ , illetve  $H_4$  tolóerők kezdeti befogási nyomatékot létesítenek, amelyek értéke a meggörbült rúttengely inflexiós pontjának helyzetétől függ. A  $BC$  és  $DF$  tartóknál az inflexiós pont középen lesz és a kezdeti befogási nyomatékok (7/b ábra) a  $BC$  tartórészre :

$$M'_{B,C} = - \frac{H_2 l_2}{2} \quad (23)$$

a  $DF$  tartórészre :

$$M'_{D,F} = + \frac{H_2 l_4}{2} \quad (24)$$

Megjegyzendő, hogy

$$M'_C + M'_D = H_2 l_2 \quad (25)$$

és

$$M'_D + M'_F = H_4 l_4 \quad (26)$$

A befogási nyomatékok számítását a példában végeztük el, a nyomatéki ábrát és a rugalmas vonal deformált alakját pedig a 8. ábrában tüntettük fel.

A 6. és 8. ábrákat síkba kiterítve és összegezve kapjuk a befogási nyomatékok nagyságát állandó tehetetlenségi nyomatéknál (9. ábra).

A változó keresztmetszetek, tehetetlenségi nyomatékok figyelembevétele grafikusán történik.



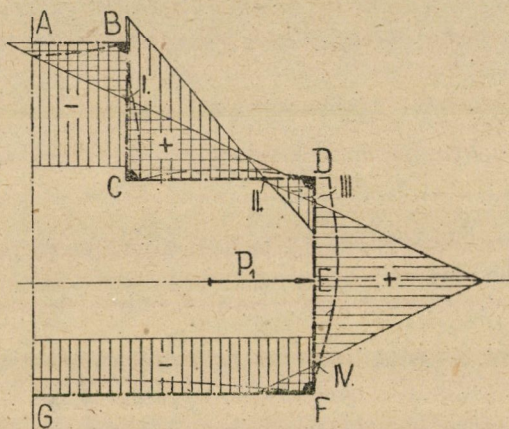
Mint a statikailag határozatlan szerkezetek szilárdsági vizsgálatánál általában, a rugalmas vonal egyenletéből indulunk ki:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \mp \frac{M}{J \cdot E} \quad (27)$$

mely összefüggésben

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\rho} = \frac{d\varphi}{dx} \quad (28)$$

$\rho$  a rugalmas vonal görbületi sugara,  $\varphi$  pedig a rugalmas vonal érintőjének hajlásszöge az  $x$  tengelyhez.



8. ábra

Az érintő szögének változása a  $dx$  elemi ív mentén:

$$d\varphi = \mp \frac{M}{J \cdot E} \cdot dx \quad (29)$$

Ha tehát egy tiszta rugalmas vonalhoz tartozó érintő szögének változását akarjuk meghatározni, a rugalmas vonal hosszúsága mentén, akkor a  $\varphi$  szög változását a következő egyenlet adja:

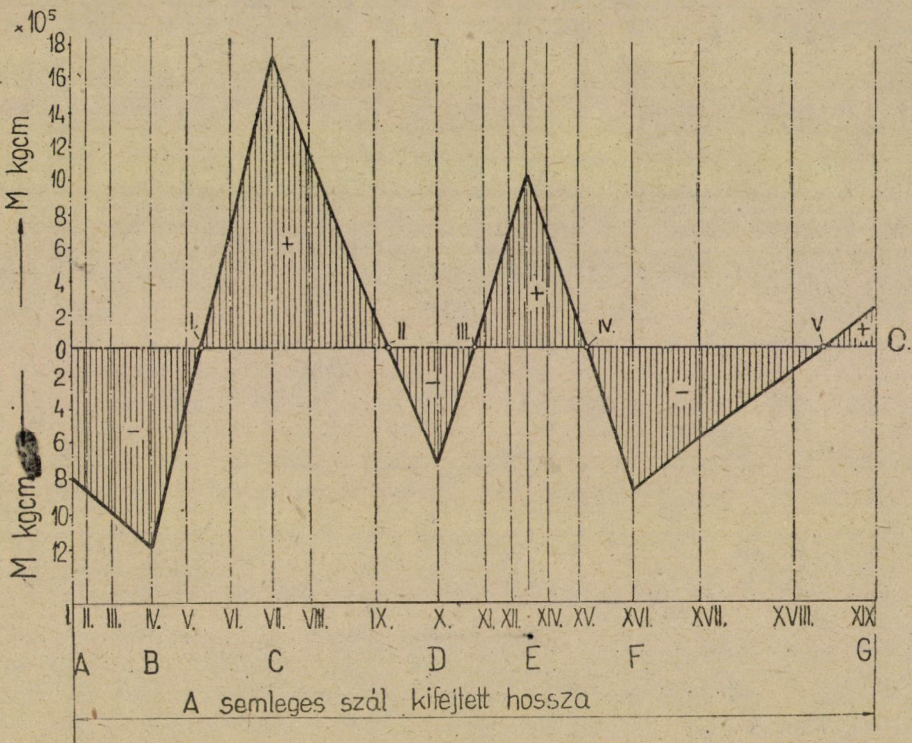
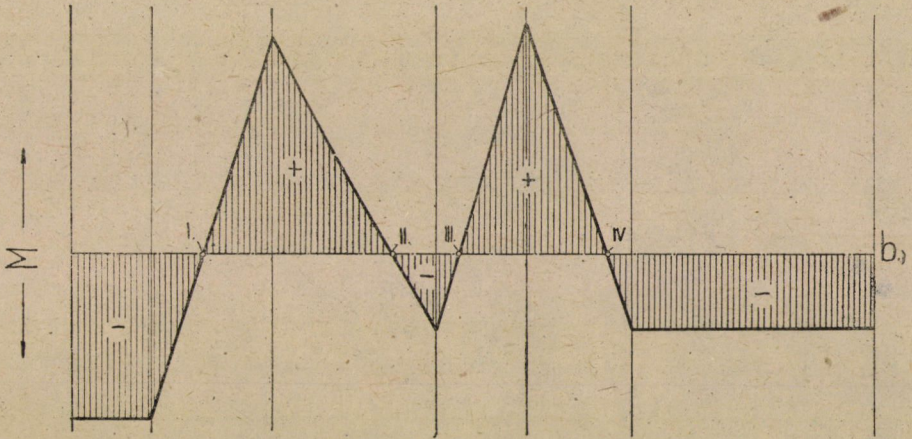
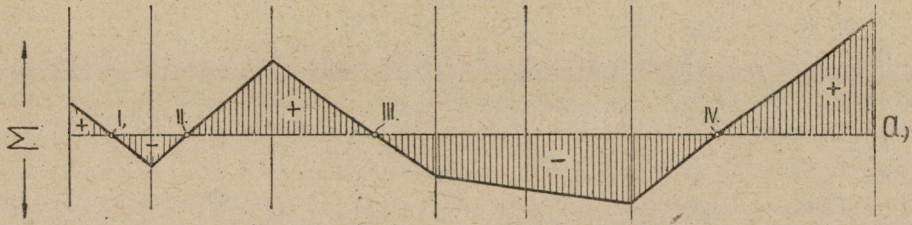
$$d\varphi = \int \frac{M}{J \cdot E} dx. \quad (30)$$

Ha az állvány felső és alsó tartóját csak  $P_2/2$  erő terheli, a rugalmas vonal alakja a 6. ábra görbe vonalaiból álló idom lesz.

A  $P_2/2$  erő a nyitott, eltolható csomópontú keret bármely keresztmetszetében a következő nyomatékot adja:

$$M = \frac{P_2}{2} \cdot x, \quad (31)$$





A semleges szál kifejtett hossza

9. ábra

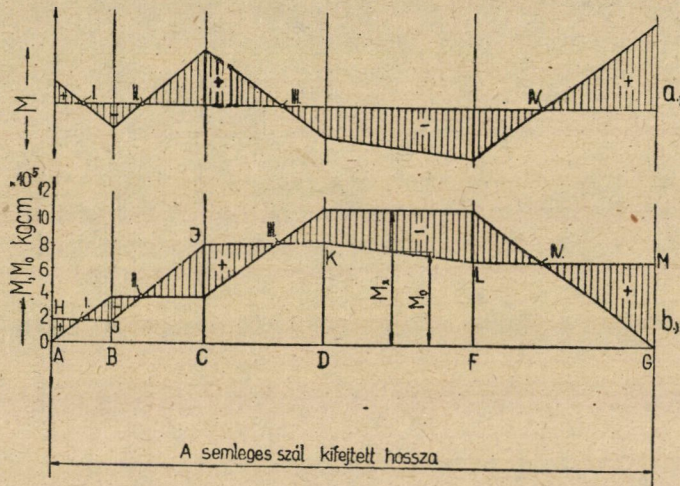


ahol  $x$  a kérdéses keresztmetszetnek az  $AG$  szimmetria tengelytől való távolsága. Ha a fél állványhoz tartozó  $ABCDEF$  rugalmas vonalat egy egyenesbe kiterítjük, s ennek minden egyes pontjába mint ordinátát felrakjuk a pontokhoz tartozó és annak keresztmetszetében működő nyomatékot (10/b ábra), akkor a sokszög területe arányos az érintő hajlásszögének változásával

$$(J \cdot E) \cdot d\varphi = \int_{l=AG} M \cdot x \cdot dx. \quad (32)$$

Ha  $J$  és  $E$  állandó, a rugalmas vonal érintőjének változása az  $A$  ponttól a  $G$

(33)



10. ábra

pontig arányos lesz az  $M_x$  nyomaték változásával, vagyis a sokszög területe arányos az érintő hajlásszögének változásával (6. ábra)

ahol:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

$\varphi_1 =$  az  $A$  pontban } a rugalmas vonal érintőjének a vízszintessel bezárt  
 $\varphi_2 =$  a  $G$  pontban } szöge.

A keret  $A$  és  $G$  pontjában az érintő vízszintes, vagyis a szög változása a rugalmas vonal mentén  $A-G$ -ig 0-val egyenlő. Ezek szerint a keret minden egyes keresztmetszetében  $M_0$  befogási nyomaték működik és pedig az  $M_x = \frac{P_2}{2} \cdot x$  nyomaték ellen. Ez eredményezi azt, hogy a  $\varphi$  szög összes változása  $A-G$ -ig nulla lesz. Ennek a befogási nyomatéknak a nagyságát a 10/a ábra alapján kapjuk, amely a 6-ik ábra síkban kiterítve. A  $M_0$  által létrehozott szögváltozást a 10/b ábra szerint, mely a 10/a ábrának 0 abszcisszára vonatkoztatott alakja, az  $AHJKLMG$  sokszöggel fejezzük ki, amelynek területe egyenlő a

nyomatéki ábra területével, vagyis a pozitív területek a negatív területeket kiegyenlítik.

A fentiek szerint a rugalmas vonal bármely pontjához tartozó keresztmetszetben működő eredő nyomaték mindenkor :

$$M = M_x - M_0 \quad (34)$$

Az előbb elmondottak érvényesek a vízszintes irányú terhelésre is, de a 8. ábrának átalakításától eltekintünk.

A 6. és 8. ábrának síkban kiterített alakját a 9. ábra c részében összegezzük, amely megadja állandó  $J$ -re az eredő befogási nyomatékok nagyságát. Tekintve, hogy a  $\varphi$  szög összes változása  $A-G$ -ig :

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 0 \quad (35)$$

következésképpen kell, hogy a terület kiegyenlítés szabálya fennálljon.

Az eddigiekben azzal a hallgatólagos feltétellel éltünk, hogy a  $AG$ -ig terjedő rugalmas vonal minden egyes pontjához tartozó keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka ugyanaz, illetve a  $J \cdot E$  szorzat mindenütt állandó. A cső-hengerállványnál ellenben nem ez az eset. A keresztmetszetek és a tehetetlenségi nyomatékok a tartó vonalazása mentén változnak.

Az érintő szögének változása a  $dx$  elemi ív mentén :

$$d\varphi = \mp \frac{M}{J \cdot E} \cdot dx \quad (36)$$

illetve :

$$(J \cdot E) \cdot d\varphi = \mp M \cdot dx \quad (37)$$

Az  $M \cdot dx$  szorzat arányos az érintők  $\varphi$  szögeinek változásával, ha az  $J \cdot E$  szorzat, illetve  $J$  a rugalmas vonal mentén nem változik. Ha az ív tehetetlenségi nyomatéka változó, akkor a fenti egyenlet mindkét oldalát meg kell szorozni  $J_0/J$  hányadossal :

$$(J_0 \cdot E) \cdot d\varphi = \pm M \left( \frac{J_0}{J} dx \right) \quad (38)$$

ahol

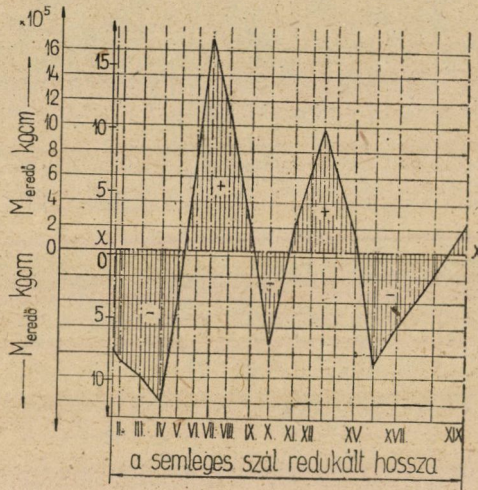
$J_0$  a keretben előforduló legkisebb tehetetlenségi nyomaték.

Ebben az esetben az egyenlet jobboldala változó  $J$  mellett is csak a  $\varphi$  szög változásával arányos. Ha tehát a feszültségek eloszlását nem az előzőekben tárgyalt ideális keretben akarjuk megállapítani, hanem változó  $J$  mellett, akkor itt is, mint ahogy fent tettük, egy egyenesben fejtjük ki az állvány rugalmas vonalát. A kifejtés ellenben olyan darabok mentén történik, amely darabokon belül a tehetetlenségi nyomaték állandónak vehető.

Ha a 14. ábra jobboldali részén a tényleges semleges vonalat vesszük fel, láthatjuk, hogy az az előzőekben vizsgált elméleti keret ideális semleges vonalát



majdnem fedi. Ha tehát az előbbi ideális keretre számított nyomatékot vonatkoztatjuk a tényleges keretre, gyakorlatilag hibát nem követünk el. Ezek után felbontjuk a keretet oly darabokra, amelyekben belül  $J$  állandó (14. ábra  $h$  hosszúságok). Ezek közéjébe bejelöljük a vizsgálandó keresztmetszeteket, amelyekhez tartozó nyomatékot a 9. ábra  $c$  részébe vannak bejelölve. Ezután az egyes hosszúságokat az  $J_0/J$  redukciós tényezővel beszorozzuk. Ezeket a hosszúságokat (redukált hosszúságok) egyenes mentén vízszintesen felrakjuk. A redukált hosszúságok közéjébe pedig az illető keresztmetszetekhez tartozó eredő hajlító nyomatéki értékeket bejelöljük. Mivel a nyomatéki ábra megint  $\varphi$  szög változásával



12. ábra

arányos, kell hogy a pozitív területek a negatív területeket kiegyenlítsék. A területgyenlőség ebben az ábrában nincs meg, ezért nyomatékterület-kiegyenlítést végzünk és kapjuk az  $xx$ -el jelzett kiegyenlítő vonalat (11. ábra). Az ebben az ábrában feltüntetett hajlítónyomatéki ábra lesz a végleges, mely változó  $J$  mellett is érvényes.

Ezekután kiszámítjuk a hengerállvány különböző szelvényeiben keletkező feszültségek nagyságát. A csőhengerállvány egyes keresztmetszeteit összetett igénybevétel (húzás és hajlítás) éri.

Minden keresztmetszetében tehát keletkezik :

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W}$$

feszültség, ahol  $P$  helyébe a megfelelő húzóerők helyettesítendőek. Ezek nagyságát a 9/a és 9/b ábra alapján tudjuk megállapítani.



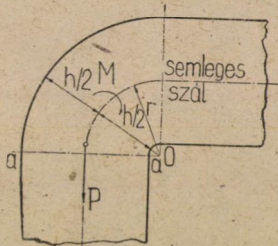
A sarkokban keletkező eredő feszültségeket (kis görbületi sugár mellett) módosítani kell. Ha a kerettartóban keletkező hajlítófeszültségeket a külső szálaban  $\sigma_k$ -val, a belső szálaban  $\sigma_b$ -vel jelöljük, akkor a  $\frac{M}{W}$  értéket még meg kell szoroznunk a külső szálaban  $(1 - m_k)$ , a belső szálaban  $(1 + m_b)$  tényezővel.

A 12. ábra jelölései alapján az  $m_k$  és  $m_b$  tagok értékei négyzetes keresztmetszetenél:

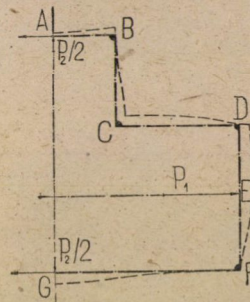
$$m_k = \frac{0,23}{r/h} \tag{39}$$

és

$$m_b = \frac{0,25}{r/h - 0,45} \tag{40}$$



12. ábra



13. ábra

úgyhogy az eredő feszültségek nagysága a sarkok 90°-os zónájában, a külső szálaban

$$\sigma_k = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} (1 - m_k) \tag{41}$$

a belső szálaban

$$\sigma_b = \frac{P}{F} - \frac{M}{W} (1 + m_b) \tag{42}$$

A 13. ábra a rugalmas vonal végleges alakját tünteti fel.

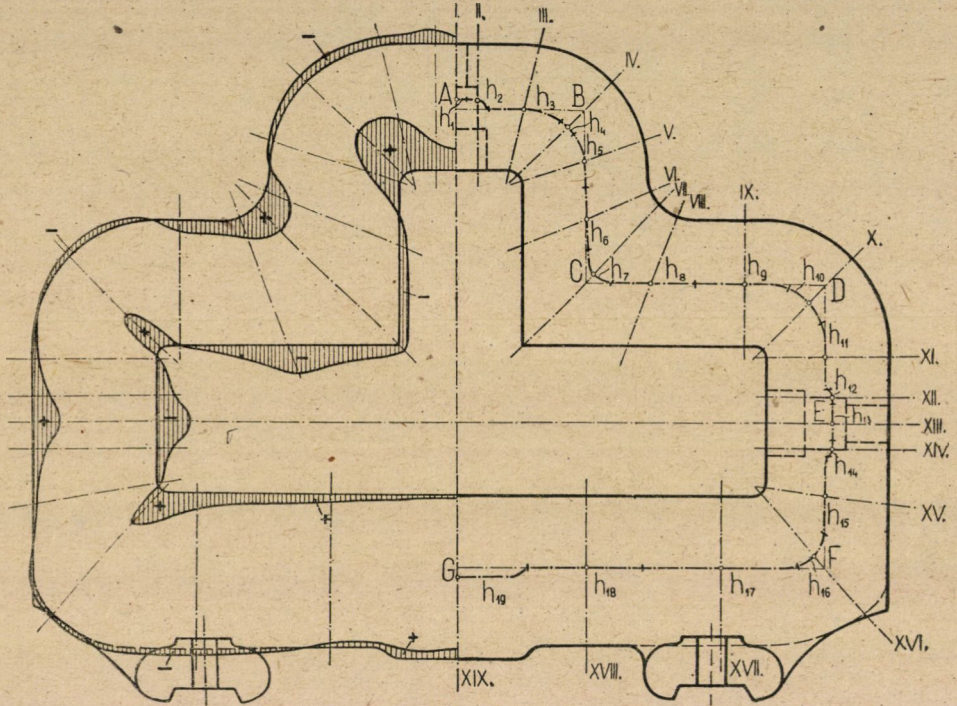
Az ilyen módon kiszámított feszültségeket a csőhengerállvány kerületére visszük fel, mégpedig a húzófeszültségeket az állvány körvonalától befelé, míg a nyomófeszültségeket kifelé (14. ábra).

Láthatjuk, hogy az eljárás folyamán elég egyenletes feszültségeloszlást kapunk. Feszültségcsúcsok az állványnak  $B, D, F$  sarokpontjaiban mutatkoznak, ezek viszont annak tulajdoníthatók, hogy ezekben a sarokzónákban a legömbölyítési sugarak nagyon kicsinyek.

A hengerállványok tervezésénél természetesen felvetődik a megengedhető feszültség kérdése. A hengerlésnél keletkező erők dinamikailag terhelik a csőlyukasztóhengerállványt, a terhelés megszűnése is hirtelen megy végbe, ezen felül minden ilyen terhelés ismétlődő is. Figyelemmel kell tehát lennünk, hogy a



dinamikai terhelés a szerkezetben kétszer akkora feszültséget hoz létre, mint az azonos nagyságú nyugodt terhelés, továbbá a hirtelen terhelés okozta feszültségállapot nem stabil, hanem csillapodó lengésekben nyilvánul a nyugodt terhelésnek megfelelő feszültségállapot körül. A hengerállványban keletkező feszültségi maximumok képződésében nagy jelentősége van az egyes erőt felvevő gépelemek alakjának. A terhelések ismétlődő volta csökkenti a szerkezet teherbíróképes-



14. ábra

ségét. A megengedhető igénybevételt tehát a hengerállványok szilárdsági méretezésénél az itt elmondottak figyelembe vételével kell megállapítanunk.

*Szám példa :* Megtervezendő egy csőlyukasztósori hengerállvány. A lyukasztósori hengerállvánnyal gyártott maximális csőméret 220/159 mm. A hengerek fordulatszáma 150/perc. A hengerek közül kifutó nyers cső hőmérséklete  $1100^{\circ}$ , a kiinduló tuskó átmérője 220 mm. A munkahengerek átmérője (1. egyenlet)

$$D = D_{\max} + 300 = 220 + 300 \cong 500 \text{ mm}$$

A támasztóhenger átmérője (2. egyenlet)

$$D_t = 0,4 D = 0,4 \cdot 500 \cong 230 \text{ mm}$$

A munkahengerre ható erő nagysága\*

$$P' = P + P_{II} = 128,000 \cong 130\,000 \text{ kg}$$

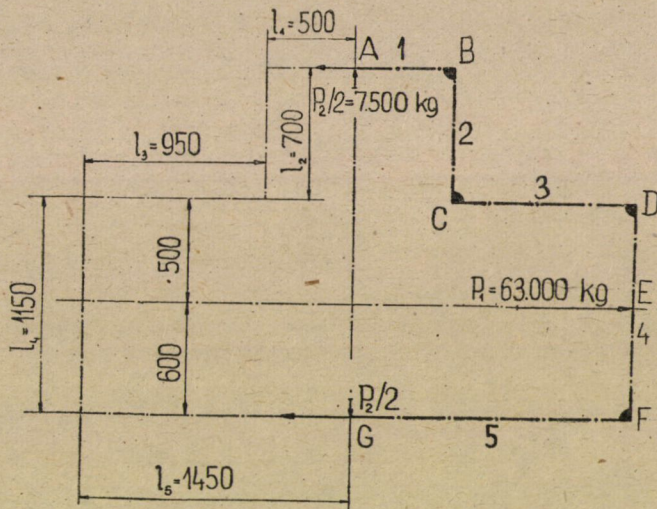
\* Dr. Geleji : Kohógéptan 1950. Tankönyvkiadó 416. oldal.



Ezután a dolgozatban megadott gyakorlati adatok segítségével felrajzoljuk az állványt (1. ábra). Szerkesztéssel meghatározzuk a támasztóhengerre ható erőt (2. ábra), amelynek nagysága  $P_2 = 15\ 000\text{ kg}$ . A munkahengerek orsóján keresztül átadódó erő nagysága szerkesztéssel  $P_1 = 63\ 000\text{ kg}$ .

Az állványt ideális keretnek tekintjük, amelynek vonalazása mentén a tehetetlenségi nyomaték állandó (3. ábra).

A számítás egyes lépéseiben szerkezetünk minden egyes csomópontját egymás után, de csak egyszer a merev befogás alól felszabadítjuk, nyomatékegyensúlyozást és átvitelt végzünk s az egyensúlyozott csomópontokat ismét mereven befogjuk. Ekkor az elmozduló tartók egyensúlyozó és átvitt nyomatékaiból, amelyeket nyomatékkülönbségnek fogunk nevezni ( $M''$ ) számítjuk az új megtámasztóerőket, azaz megtámasztóerő-különbségeket. Ezután — a csomópontok merev befogását megtartva — a képzelt támaszokat eltávolítjuk. Most a szerkezet a megtámasztóerők hatására alakját változtatta. Ezt az alakváltozást megszüntetendő, a szerkezetet ismét visszatolva képzeljük a  $R$  megtámasztóerőkkel ellentétes irányú új eltolóerők



15. ábra

( $P'$ ) segítségével. Ezeknek az új eltolóerőknek hatására természetesen újabb befogási nyomatékok lépnek fel az egyes rudakban ( $M'''$ ), melyeket mint új egyensúlyozatlan befogási nyomatékokat működtetünk. Az eljárásnak ezt a műveletét erőosztásnak fogjuk nevezni.

Először csak a függőleges irányú terhelést vesszük figyelembe:  $P_2/2 = 7\ 500\text{ kg}$ .

A számítást előkészítő lépések a következők:

1. Keretállandók számítása:

a) A rudakat a közbenső sarokpontokon mereven befogottnak tekintjük és meghatározzuk az egyes rudak merevségi tényezőit. A szimmetria tengely metszette gerendák (1 és 5) merevségi tényezőit  $K$  helyett  $0,5 K$  értékkel vesszük számításba. A merevségi tényezők értékei a 15. ábra alapján:

$$K_1 = 0,5 \frac{J}{2L_1} = 0,5 \frac{1}{2 \cdot 0,5} = 0,5$$

$$K_2 = \frac{J}{l_3} = \frac{1}{0,7} = 1,43$$

$$K_3 = 1,05; \quad K_4 = 0,87; \quad K_5 = 0,18$$

b) Meghatározzuk az egyes csomópontokban a nyomatékosztókat.



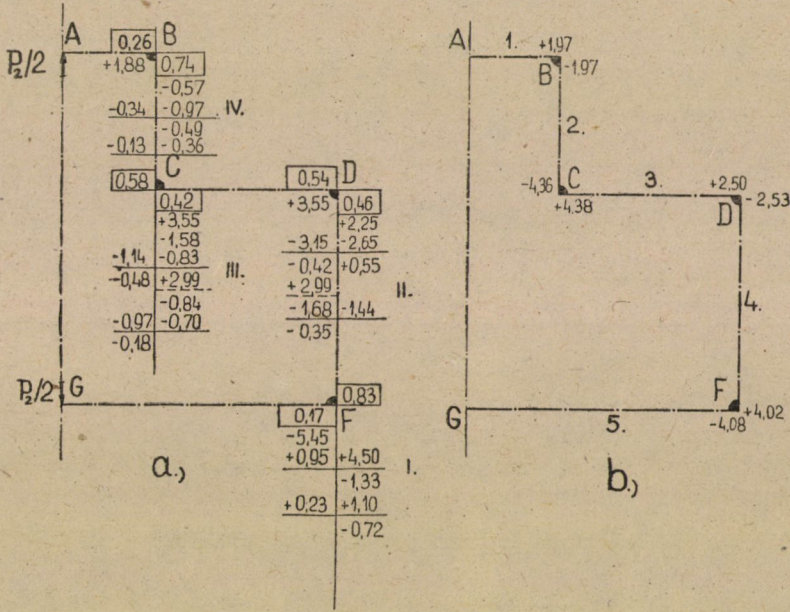
Táblázat

Kereszt- metszetek	h távolságok cm	F felületek cm <sup>2</sup>	x <sub>s</sub> súlypontok cm		I tehetetlenségi nyomatékok cm <sup>4</sup>	W ellenálló nyomatékok cm <sup>3</sup>		n redukciós faktorok	h' redukált hosszú-ágok cm	M eredő nyomatékok kgcm. 10 <sup>6</sup>	σ feszültségek kg/mm <sup>2</sup>	
			x <sub>sk</sub>	x <sub>sb</sub>		W <sub>k</sub>	W <sub>b</sub>				σ <sub>k</sub>	σ <sub>b</sub>
I.	4,50	1376	22,4	27,6	330,810	17,000	12,200	0,66	2,96	7,8	-0,24	+0,86
II.	9,00	1750	22,4	27,6	268,000	12,000	9,700	0,82	7,40	8,6	-0,55	+1,07
III.	30,00	1300	26	26	290,000	11,200	11,200	0,84	25,20	10	-0,34	+2,20
IV.	8,00	1320	26,5	26,5	312,000	12,800	12,800	0,78	6,23	11,9	-0,37	+2,48
V.	22,00	1280	25,5	25,5	280,000	11,000	11,000	0,78	17,10	3,2	-0,14	+0,70
VI.	24,00	1400	28	28	366,000	13,000	13,000	0,60	14,40	7,6	+1,03	-0,37
VII.	19,00	1980	39,5	39,5	1,040,000	26,400	26,400	0,21	4,00	17,0	+1,35	-0,30
VIII.	33,00	1380	27,5	27,5	346,000	12,600	12,600	0,63	20,80	11,0	+0,87	-1,22
IX.	19,00	1250	25	25	260,000	10,400	10,400	0,84	15,90	1,8	+0,41	+0,07
X.	21,00	1280	25,5	25,5	280,000	11,000	11,000	0,78	16,40	7,2	-0,17	+1,89
XI.	27,00	1250	25	25	260,000	10,400	10,400	0,84	22,60	2,0	+0,24	-0,14
XII.	7,00	1718	28	28	310,800	14,400	11,350	0,71	4,96	6,8	+0,64	-0,56
XIII.	16,00	1106	28,2	28,2	219,000	10,000	7,500	1,00	16,00	9,8	+1,05	-1,23
XIV.	7,00	1718	28	28	310,800	14,400	11,350	0,71	4,97	6,6	+0,50	-0,54
XV.	31,00	1280	25,5	25,5	280,000	11,000	11,000	0,78	24,20	1,5	+0,15	-0,20
XVI.	17,00	1610	32,5	32,5	570,000	17,500	17,500	0,38	6,48	8,9	-0,10	+1,75
XVII.	60,00	1500	30	30	450,000	15,000	15,000	0,49	28,40	5,9	-0,17	+0,61
XVIII.	46,00	1500	30	30	450,000	15,000	15,000	0,49	22,50	1,5	+0,12	+0,32
XIX.	28,00	1610	32,5	32,5	570,000	17,500	17,500	0,38	10,60	2,2	+0,33	+0,08

Ha egy csomópontra forgatónyomaték hat, akkor az egyes rúdrészek azon merevségi tényezőjük arányában osztoznak.

$$\alpha_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}; \quad \alpha_2 = \frac{K_2}{K_2 + K_1}$$

Az itt szereplő  $\alpha_1$  és  $\alpha_2$  tényezőket, minthogy ezek a nyomatékon való osztozkodást szabályozzák, nyomatékosztóknak nevezzük. Ezek értéke számfeladatunk esetében:



16. ábra

$$\alpha_B^1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,5}{0,5 + 1,32} = 0,26$$

$$\alpha_B^2 = 0,74$$

$$\alpha_C^2 = \frac{K_2}{K_2 + K_3} = \frac{1,43}{1,43 + 1,05} = 0,58$$

$$\alpha_C^3 = 0,42$$

$$\alpha_D^3 = 0,54$$

$$\alpha_D^4 = 0,46$$

$$\alpha_F^4 = 0,83$$

$$\alpha_F^5 = 0,17$$

B, C, D, F a szóbanforgó csomópontokat jelöli,

1, 2, 3 stb. az illető rudak, amelyekre a nyomatékosztók vonatkoznak.

A nyomatékosztók értékeit a 16/a ábra bekeretezett számai adják.

c) Ellenállástényező, erősítő. Az erősítő értéke:

$$\beta = 1$$

tekintve, hogy az egész  $P_2/2$  erő a CD rúdrészre hat.

d) Átviteli tényező.

Tekintve, hogy minden sarokponton merev befogást feltételeztünk, esetünkben az átviteli tényező értéke:

$$\gamma = 0,5$$



## 2. Kezdeti befogási nyomatékok számítása :

a) A külső terhelés hatására keletkező kezdeti befogási nyomatékok nagysága : (5. 6 egyenlet) (5/a ábra).

$$M_B = \frac{P_2/2 \cdot l_1}{2} = \frac{7,5 \cdot 0,5}{2} = 1,88 \text{ tm}$$

$$M_F = - \frac{P_2/2 \cdot l_5}{2} = - \frac{7,5 \cdot 1,45}{2} = - 5,45 \text{ tm}$$

b) A B pontban keletkező reakcióerő (8. egyenlet) :

$$R_1 = - \frac{P_2/2 \cdot l_1}{l_1} = - \frac{7,5 \cdot 0,5}{0,5} = - 7,5 \text{ tm}$$

Az eltolóerő pedig :

$$P = + 7,5 \text{ t}$$

c) Ezen eltolóerő okozta kezdeti befogási nyomatékok (5/b ábra) (10. egyenlet) :

$$M_{C,D} = + \frac{P_2/2 \cdot l_3}{2} = \frac{7,5 \cdot 0,95}{2} = 3,55 \text{ tm}$$

## 3. Nyomatékegyensúlyozás és átvitel.

Egyszer végezzük el minden csomóponton pl. az  $F$  csomópontot (16/a ábra) a befogás alól felszabadítjuk. A csomópont a reá jutó (6. egyenlet)

$$M_F = - \frac{P_2/2 \cdot l_5}{2} = - \frac{7,5 \cdot 1,45}{2} = - 5,45 \text{ tm}$$

kiegyensúlyozatlan kezdeti befogási nyomatékok hatására elfordul, miközben a  $DF$  és  $FG$  rudak meggörbülnek. A rudak a görbítésnek ellene szegülvén a csomópontra a kezdeti befogási nyomaték nagyságának megfelelő, de ellenkező előjelű egyensúlyozó nyomatékot

$$+ 5,45 \text{ tm}$$

gyakorolnak. A nyomatékok a csomóponton nyomatékosztóik arányában oszlanak meg :

$$\alpha_F^5 \cdot (-M_F) = 0,17 \cdot 5,45 = + 0,95 \text{ tm}; \quad \alpha_F^4 \cdot (-M_F) = 0,83 \cdot 5,45 = + 4,50 \text{ tm}$$

Az  $F$  csomópontból a  $D$  csomópontra :

$$\gamma \cdot 4,50 = 0,5 \cdot 4,50 = + 2,25 \text{ tm} \quad (\text{II. számoszlop})$$

nyomaték kerül át.

Ezután az  $F$  csomópontot ismét mereven befogjuk és áttérünk a  $D$  csomópontra stb. A csomópontok sorrendjét a 16/a ábrában a számoszlopok mellé írt római számok mutatják. Az egyensúlyozott nyomatékokat aláhúztuk.

4.  $M''$  nyomaték számítása.

A  $CD$  oszlopnál az egyensúlyozó és átvitt nyomatékok algebrai összegéből :

$$M'' = - 3,15 - 0,42 - 1,58 - 0,83 = - 5,98 \text{ tm}$$

5.  $P'$  eltolóerő számítása :

$$P' = -\frac{M''}{l_3} = \frac{5,98}{0,95} = 6,3 \text{ t}$$

6.  $M'''_{D,C}$  befogási nyomatékok számítása :

$$M'''_{D,C} = P' \cdot l_3 / 2 = 6,3 \cdot \frac{0,95}{2} = 2,99 \text{ tm}$$

Az előbb kapott nyomatékokat a megfelelő rúdvégekhez beírtuk (16/a ábra), majd szagatva aláhúztuk, annak jeléül, hogy ezek a nyomatékok az újabb nyomatékegyensúlyozásnál az átvitt nyomatékokkal együtt mint egyensúlyozandó nyomatékok tekintetbe veendők, de az újabb  $M''$  számításnál nem szerepelnek.

Ezekután megint a harmadik lépés következik. A számítás végeredményét a 16/b ábra, a szerkezet végleges nyomatéki ábráját pedig a 6. ábra adja.

A vízszintes irányú terhelésnél a számítási menet a következő :

1. Keretállandók számítása :

a) Ellenállástényezők

BC rúdrészre (15. egyenlet)

$$y_2 = \frac{I}{l_2^3} = \frac{1}{0,7^3} = 2,90$$

DF rúdrészre (15. egyenlet)

$$y_4 = \frac{I}{l_4^3} = \frac{1}{1,15^3} = 0,67$$

b) Erősítők :

BC rúdrészre (18. egyenlet)

$$\beta_2 = \frac{y_2}{y_2 + y_4} = \frac{2,90}{2,90 + 0,67} = 0,814$$

DF rúdrészre (19. egyenlet):

$$\beta_4 = \frac{y_4}{y_4 + y_2} = \frac{0,67}{0,67 + 2,90} = 0,186$$

2. Kezdeti befogási nyomatékok számítása.

a) A vízszintes irányban ható  $P$  erő a  $D$  és  $F$  csomópontokban kezdeti befogási nyomatékokat létesít, amelyek (11. és 12. egyenlet) (7/a. ábra)

$$M_D = -\frac{P_1 \cdot a^2 \cdot b}{l_4^2} = -\frac{63 \cdot 0,6^2 \cdot 0,55}{1,15^2} = -9,47 \text{ tm}$$

$$M_F = +\frac{P_1 \cdot a \cdot b^2}{l_4^2} = +\frac{63 \cdot 0,6 \cdot 0,55^2}{1,15^2} = +8,75 \text{ tm}$$

b) Ezen kezdeti befogási nyomatékok értékéből a reakcióerő nagysága a  $D$  pontban (14. egyenlet)

$$R_1 = -\left(\frac{P_1 a}{l_1} + \frac{M_D - M_F}{l_1}\right) = -\left(\frac{63 \cdot 0,6}{1,15} + \frac{9,47 - 8,75}{1,15}\right) = -33,62 \text{ t}$$



Most eltávolítjuk a  $D$  megtámasztást és működtetjük az  $R_1$  reakcióerő ellentettjét a  $P$  *eltolóerőt*

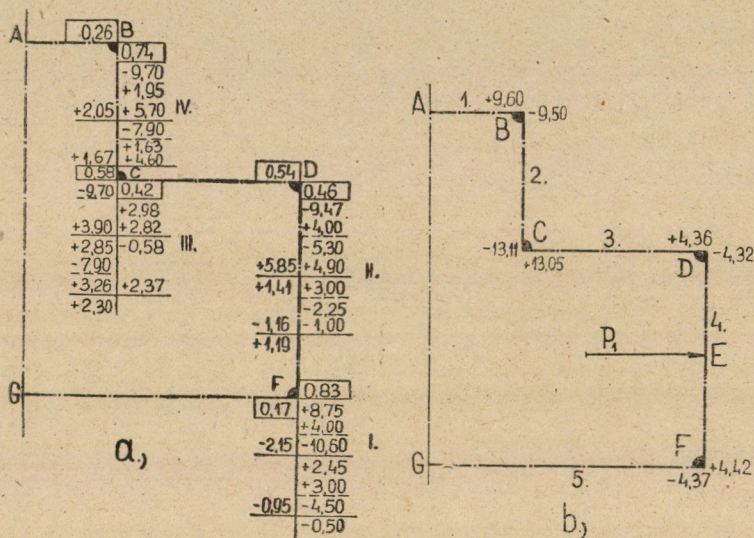
$$P = 33,62 \text{ t}$$

Ezen eltolóerőn a  $BC$  és  $DF$  rudak erőosztói arányában osztoznak.  
A  $BC$  rúdra jutó *tolóerő* nagysága (16. egyenlet)

$$H_2 = \beta_2 \cdot P = 0,814 \cdot 33,62 = 27,5 \text{ t}$$

A  $DF$  rúdra ható *tolóerő* nagysága (17. egyenlet)

$$H_4 = \beta_4 \cdot P = 0,186 \cdot 33,62 = 6,1 \text{ t}$$



17. ábra

c) Ezen eltolóerők következtében elmozdulások történnek, amelyek *kezdeti befogási nyomatékokat* létesítenek (7/b. ábra).  
 $BC$  tartórészre (23. egyenlet)

$$M_{B,C} = -\frac{H_2 \cdot l_2}{2} = -\frac{27,5 \cdot 0,7}{2} = -9,7 \text{ tm}$$

A  $DF$  tartórészre: (24. egyenlet)

$$M_{D,F} = +\frac{H_4 \cdot l_4}{2} = +\frac{6,1 \cdot 1,15}{2} = +4 \text{ tm}$$

A fent kiszámított *kezdeti befogási nyomatékokat* a 17/a. ábrán a megfelelő rúdvégekhez írtuk és megkülönböztetésül szaggatva aláhúztuk.

### 3. Nyomaték egyensúlyozás és átvitel.

A nyomatékegyensúlyozásnál a csomópontok sorrendjét a 17/a. ábrában a számoszlopok mellé írt római számok mutatják. Erre a műveletre érvényesek az előzőekben elmondottak.

4.  $M''$  nyomatékok számítása : az egyensúlyozó és átvitt nyomatékok algebrai összegéből sorra :

$$M''_{FD} = -10,60 + 2,45 - 5,30 + 4,90 = -8,55 \text{ tm}$$

$$M''_{BC} = +3,90 + 2,85 + 1,95 + 5,70 = +14,40 \text{ tm}$$

5.  $P'$  eltolóerő számítása :

$$P' = \frac{8,55}{1,15} + \left| \frac{14,40}{0,7} \right| = 27,9 \text{ t}$$

6.  $P'$  eltolóerők  $\overline{BC}$  és  $\overline{DF}$  tartórészre :

$$P''_{BC} = 0,814 \cdot 27,9 = 22,7 \text{ t}$$

$$P''_{DF} = 0,186 \cdot 27,9 = 5,2 \text{ t}$$

7.  $M'''$  nyomatékok :

**BC** csomópontokra :

$$M'''_{B,C} = -\frac{P''_{B,C} \cdot l_2}{2} = -\frac{22,7 \cdot 0,7}{2} = -7,9 \text{ tm}$$

**DF** csomópontokra :

$$M'''_{D,F} = +\frac{P''_{D,F} \cdot l_1}{2} = +\frac{5,2 \cdot 1,15}{2} = +3 \text{ tm}$$

Ezeket a nyomatékokat a megfelelő rúdvégekhez írtuk és szaggatva aláhúztuk, annak jeléül, hogy ezek a nyomatékok az újabb nyomatékegyensúlyozásnál, az átvitt nyomatékokkal együtt, mint egyensúlyozandó nyomatékok tekintetbe veendőek, de az újabb  $M''$  számításnál nem szerepelnek.

Most tulajdonképpen megint a nyomatékegyensúlyozás és átvitel következik és a számítást az előzőekben levezetettek alapján folytatjuk.

Arra gondosan ügyelni kell, hogy a nyomatékegyensúlyozásnál minden nem egyensúlyozott nyomaték szerepeljen, tehát szerepeljenek az átvitt nyomatékok, továbbá a  $M''$  nyomatékok is. Az illető csomópontokhoz tartozó végleges befogási nyomatékokat a számszlopok helyes algebrai összege adja. A számítás részlet- és végeredményeit a 17/a. és 17/b. ábrában foglaltuk össze. A 8. ábra a végleges nyomatéki ábra.

Ezekután a függőleges (6. ábra) és vízszintes (8. ábra) irányú terhelések nyomatéki ábráit összegezzük (9. ábra).

Az állványnak jobboldali részét (14. ábra) beosztjuk oly részekre, amelyek mentén a tehetetlenségi nyomaték állandónak vehető. Ezek a hosszúságok a táblázatban vannak feltüntetve ( $h$ ), továbbá ugyanitt adtuk meg a vizsgált szelvények számát, felületét, súlypontját, tehetetlenségi és ellenálló nyomatékát. A legkisebb tehetetlenségi nyomaték a XIII. szelvényben lesz :

$$J_0 = 219000 \text{ cm}^4$$

A redukciós faktor pl. a  $h_1$  hosszúságra :

$$n_1 = \frac{J_0}{J} = \frac{219000}{330810} = 0,66$$



A  $h_1$  távolság redukált hosszúsága:

$$h' = n_1 h_1 = 0,66 \cdot 4,5 = 2,96 \text{ cm}$$

Ezeket a redukált hosszakat egy vízszintes síkba terítjük ki (11. ábra). Bejelöljük ezekben a keresztmetszeteket, majd ezek ordinátáiba a 9/c. ábra alapján az illető keresztmetszetekhez tartozó nyomatékokat. Ezeket összekötjük, majd planiméterrel való területmérés után meghúzzuk az  $xx$  kiegyenlítő vonalat és ennek megfelelő új koordinátahálót. Így megkaptuk, hogy az egyes keresztmetszetekben mekkora eredő nyomatékok működnek.

Ezekután számítjuk a keletkező feszültségek nagyságát, pl. a XV. szelvényben.

A külső szálaban (41. egyenlet):

$$\sigma_k \text{ nyomó} = \frac{P_2/2}{F_{XV}} - \frac{M_{XV}}{W_{XV}} (1 - m_k) = \frac{7,500}{1280} + \frac{1,5 \cdot 10^5}{11,000} \left( 1 - \frac{0,23}{37,51} \right) = + 15 \text{ kg/cm}^2 = 0,15 \text{ kg/mm}^2$$

a belső szálaban (42. egyenlet):

$$\sigma_{bk} \text{ húzó} = \frac{P_2/2}{F_{XV}} - \frac{M_{XV}}{W_{XV}} (1 + m_b) = \frac{7,500}{1280} - \frac{1,5 \cdot 10^5}{11,000} \left( 1 + \frac{0,25}{37,51 - 0,45} \right) = - 20 \text{ kg/cm}^2 = - 20 \text{ kg/mm}^2$$

Az egyes keresztmetszetekben keletkező feszültségek nagyságát a táblázatban adtuk meg.

## IRODALOM

- Dr. Csonka Pál: Keretszerkezetek számítása a Cross-módszer segítségével. Különlenyomat Müller Károly dr. »Gépészeti Zsebkönyv«-éből, 1943.  
 Dubbel: Taschenbuch f. d. Maschinenbau. Verl. Julius Springer, 1941.  
 Dr. Enyedi Béla: Többnyílású, általános vonalozású merev keretrendszerek grafikus szilárdsági vizsgálata. Technikai Könyvkiadóvállalat, 1919.  
 Dr. Geleji Sándor: Kohógéptan. Tankönyvkiadó, 1950.  
 Dr. Geleji Sándor: A fémek képlekeny alakításánál fellépő erők és erőszükségletek meghatározása számítás útján. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása, 1948.  
 Dr. Geleji Sándor: A Mannesmann-rendszerű lyukasztó csőhengerlésnél fellépő erők és erőszükséglet kiszámítása. Bányászati és Kohászati Lapok, 1937.  
 Dr. Geleji Sándor: Die mit der Konstruierung der Walzenständer zusammenhängenden theoretischen Probleme. Bányászati és Kohászati Osztály Közleményei, 1941.  
 Paul Grüner: Zur Berechnung von Walzenständer. Stahl und Eisen, 1939.  
 I. G. Kulbacsnij: Mechaniceszkoje oborudovanie prokatnich cehov. Masgiz. Moszkva, 1946.  
 Masinosztroenie Enciklopedicseskij. Szpravocsnih. Tom. 8. Masgiz. Moszkva, 1949.  
 Dr. Palotás László: Keretszerkezetek. Mérnöki Továbbképző Intézet kiadása, 1943.  
 Rudolf Saliger: Praktische Statik. Verlag Franz Deuticke, 1951.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Mannesmann-rendszerű csőlyukasztósori hengerállvány tervezéséhez fontos ténylegesen fellépő feszültségeloszlás, továbbá a befogási nyomatékok nagyságát az ismertett eljárás részben számítási, részben grafikus úton állapítja meg.

Egyszerűsítő feltételek alkalmazásával az eljárás gyorsan közelítő képet ad a feszültségek nagyságáról, a kapott értékek pontossága a gyakorlati szempontjából teljesen kielégítő.

# AZ EÖTVÖS-INGA MEGBÍZHATÓSÁGA. A TORZIÓSSZÁLAK PREPARÁLÁSA

RYBÁR ISTVÁN

Az Eötvös-inga akkor megbízható, ha ugyanazon helyen történő észlelések folytonosan ismétlésekor az inga ugyanazon azimutban ugyanabba az egyensúlyi állásba helyezkedik. Előfordul, hogy e követelmény nem teljesül. Ilyenkor az egyensúlyi állásban eltéréseket észlelünk. Megállapítható, hogy ez eltérések főként két hatásból származnak: az egyik a torziósszáltól, a másik a hőmérsékletváltozásokor az ingaházban előálló légáramok hatásából ered.

A torziósszáltól származó hatás ismét két részből tevődik össze: 1. a megterhelt torziósszál a hőmérsékletváltozásokor elcsavarodik, 2. az inga visszaállítás (dezarretálása) után a torziósszál egyensúlyi állása egyirányban lassan eltolódik. Az utóbbi hatást a torziósszál »járás«-ának szokás nevezni.

1. A hőmérsékletváltozás okozta elcsavarodás a hőmérsékletváltozással arányos. Ennek a hatásnak mértéke: a torziósszál temperatúrakoefficiense. Ez alatt az  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletemelkedés létesítette szögelfordulást értjük, amit rendszeren az inga skálaosztályzatában szoktunk kifejezni. E hatás számításba vehető. Ha ugyanis ismerjük a torziósszál temperatúrakoefficiensét és a hőmérsékletváltozást, kiszámíthatjuk azt a szögelfordulást, amelyet a hőmérsékletváltozás okoz. Ezzel az észlelt egyensúlyi állások egy és ugyanazon hőmérsékletre redukálhatók.

2. Ha az ingát dezarretáljuk, akkor az addig lazán lógó torziósszálat a dezarretált lengőrendszer súlya megfeszíti, aminek következtében a torziósszál egyirányban elcsavarodik. A járás közvetlenül a dezarretálás után a legnagyobb, attól kezdve az idő múltával lassan folytonosan csökken, de a járás napokig, hetekig, sőt egyes száznál még hónapokig is eltart. Újabb arretálás és az azt követő dezarretálás (különösen hosszabb ideig tartó arretált állapot) után a torziósszál eme járása a megelőzőhöz hasonlóan ismétlődik.

A torziósszál az Eötvös-inga leglényegesebb része, mert ez a mérődrót, amellyel a mérések történnek. Ezért rendkívül fontos, hogy az Eötvös-ingához oly torziósszálakat használjunk, amelyeknek a fent részletezett fogyatékosága nincs meg, vagy helyesebben, amelyeknek temperatúrakoefficiense és járása kicsiny. Ez alatt azt értjük, hogy e zavaró hatások kicsinyek a meghatározandó gravitációs hatásokhoz képest. A gyakorlatban ezt elérjük, ha a temperatúra-



koefficiens  $0.15 \frac{\text{skálárész}}{1 \text{ C}^\circ}$ -nál kisebb, s a járás kicsiny és egyenletes. Az egyenletes járás esetében ugyanis a járásból származó hatások a gravitációs értékeket meghatározó észlelési formulákból teljesen kiesnek, mert azokban kizárólag csakis az egyensúlyi állásoknak és a torziósszál megcsavaratlan állásának különbségei ( $n-n_0$ ) szerepelnek. Egyenletes járásnál ugyanis a megcsavaratlan és az egyensúlyi álláseltolódás ugyanakkora, s így a kettő különbségéből a járás teljesen kiesik. Ezt az alábbiakban jobban megvilágítom:

A járás miatt az észleléseket legalább két azimutban megismételjük: legalább öt észlelést végzünk. Legyenek az egymást követő I, II, III azimutban egyenlő időközökben észlelt leolvasások  $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$  (táblázat 1-ső és 2-ik oszlopa).

Azimut	Leolvasások	A torziósszál megcsavaratlan állása	$w-w_0$
I	$w_1 = n_1$	$(w_0)_1 = n_0$	$w_1 - (w_0)_1 = n_1 - n_0$
II	$w_2 = n_2 + \delta$	$(w_0)_2 = n_0 + \delta$	$w_2 - (w_0)_2 = n_2 - n_0$
III	$w_3 = n_3 + 2\delta$	$(w_0)_3 = n_0 + 2\delta$	$w_3 - (w_0)_3 = n_3 - n_0$
I	$w_4 = n_1 + 3\delta$	$(w_0)_4 = n_0 + 3\delta$	$w_4 - (w_0)_4 = n_1 - n_0$
II	$w_5 = n_2 + 4\delta$	$(w_0)_5 = n_0 + 4\delta$	$w_5 - (w_0)_5 = n_2 - n_0$

Ezekből kiszámítjuk a következő értékeket:

$$\frac{w_4 - w_1}{3} = \delta$$

$$\frac{w_5 - w_2}{3} = \delta$$

Ez értékek az egymást követő észlelések közötti járást adják. Ha mind a két tört értéke ugyanaz, akkor a járás egyenletes. Egyenletes járás esetén az egyensúlyi állás egy észlelési időköz alatt  $\delta$ -val tolódik el. Ezért, ha a járás nélküli (ismeretlen) egyensúlyi állásokat  $n_1, n_2, n_3$ -al, a hozzájuk tartozó megcsavaratlan állást  $n_0$ -val jelöljük:

$$n_0 = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

akkor  $w_1 = n_1, w_2 = n_2 + \delta, w_3 = n_3 + 2\delta$  s. i. t. (táblázat 2-ik oszlopa).

Ha járás nincs, akkor valamennyi észlelési időpontban  $n_0$  ugyanaz. Járás esetén azonban a megcsavaratlan állás egy észlelési időközben  $\delta$ -val tolódik el. Mi a megcsavaratlan állás az egyes észlelési időpontokban?

Mivel a járás egyenletes, azért a

$$\frac{w_1 + w_2 + w_3}{3} = \frac{n_1 + n_2 + \delta + n_3 + 2\delta}{3} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} + \delta = n_0 + \delta = (w_0)_2$$

a  $w_2$  észlelésekor érvényes megcsavaratlan állás  $(w_0)_2$ . A járás miatt a  $w_1$  észlelésekor a megcsavaratlan állás  $(w_0)_2$ -nél  $\delta$ -val kisebb, tehát  $(w_0)_1 = n_0$ , a  $w_3$  észlelésekor  $(w_0)_2$ -nél  $\delta$ -val nagyobb, azaz  $(w_0)_3 = n_0 + 2\delta$  (táblázat 3-ik oszlopa). S így az észlelt  $w$  és a megcsavaratlan állás  $w_0$  közötti különbség, amelyek az észlelési formulában szerepelnek  $n - n_0$  (táblázat 4-ik oszlopa). *Tehát a járás teljesen kiesik.*

Ha a járás nem egyenletes, akkor a járás befolyásolja az eredményeket. Ezért rendkívül fontos járásmentes, vagy legalább is kis és egyenletes járású torziósszálak alkalmazása.

Az általunk preparált torziósszálak e követelményeknek nagy mértékben megfelelnek, úgyhogy a járásból származó hatások lényegesen nem befolyásolják az eredményeket.

A torziósszálak minden előzetes preparálás nélkül nem használhatók, mert temperatúrakoefficiensük és különösen járásuk rendesen nagy és nem egyenletes.

Eötvös óta a torziósszálak e hátrányos tulajdonságait azzal csökkentették, hogy a torziósszálakat megterhelve kiizzították, s utána külön erre a célra alkalmas berendezésben sokszor egymásután kb. 110 C° hőmérsékletig felmelegítették és lehűtötték. Az így preparált szálak közül az ú. n. próbaeszközökben kiválasztották azokat a szálakat, amelyeknek járása és temperatúrakoefficiense kicsiny.

Ezen eljárással a preparált szálak között még mindig csak csekély számban akadt megfelelő.

Hosszú kísérletezések alapján az alábbi eljárást találtam a torziósszálak preparálására alkalmasnak.

Vizsgálataim folyamán megállapítottam, hogy ha több száz méter hosszú, alkalmas vastagságú hajszáldrótból folytatólagosan a megfelelő hosszúságú, célunknak megfelelő 20 cm. hosszúságú száldarabokat lemetszünk és ezek járását meghatározzuk, akkor az egymás után folytatólagosan következő 20 cm-es szálak járása egyirányú, azután ellenkező irányúak következnek, majd a járás iránya ismét megfordul s. i. t. Azaz a hosszú hajszáldrót egyes szakaszai egyik irányú, más szakaszai ellenkező irányú járással bíró torziósszálakat adnak. Ez a tapasztalat a hajszáldrótok húzásának technológiáját figyelembe véve, ahhoz a következtetéshez vezetett, hogy a hajszáldrót húzása közben szerzi meg »járás«-i tulajdonságát. Ez a tapasztalat és az ebből levont következtetés vezetett arra a gondolatra, hogy a torziósszálak preparálását a szál húzásához analóg módon végezzem úgy, hogy a torziósszálat izzítva megnyújtsam, mert azt véltem, hogy e művelettel a húzással megcsavart molekulá-sorokat bizonyos fokig kiegyenlítem. E célból a torziósszálat külön e célra készült készülékben felfüggesztettem és megfelelő súllyal megterheltem. Ezután a torziósszálat megcsavaratlan vagy közel megcsavaratlan állapotában rövid ideig tartó elektromos árammal megnyújtottam hosszának 1 %-ával. A megnyúlást kathetométerrel figyeltem és ellenőriztem.



A preparálás céljára használt készülék kb. 5 cm. átmérőjű, kellő hosszúságú üvegcső, egyik végén beköszörült torziófejjel. A cső függélyesre állítva alsó nyitott vége higanyba merül. A torziófejre függesztettem a preparálandó szálat; a szál alsó végére pedig hengeralakú sárgaréz súlyt akasztottam, amelynek tengelyében, forrasztott kb. 1 mm. vastag vasdrót a higanyba nyúlt. A megterhelés a szál vastagságától függ, kb. a szál szakítási szilárdságának egy negyede. A csövön át 30 %-os nitrogén-hidrogén gázt kis nyomás alatt egyenletesen áramoltattam. A gáz a csőbe lépése előtt rézforgáccsal megtöltött és vörösszázsig felhevült kvarc-csővön áramlott keresztül az oxigén-nyomok eltávolítása céljából.

Miután a torziósszál megcsavaratlan állását elfoglalta, a szálon (a torziófejen és a higanyon) át rövid áramlökést küldöttem keresztül akkora maximális erősséggel, hogy a szál 1—2 mp.-ig teljes hosszában sárga színben (becslésem szerint talán 800—1000 C° hőmérsékleten) izzon. A maximális áramerősség a szál vastagságától függ.

A szál az izzítás közben teljes hosszában megnyúlik, hosszabb ideig tartó izzítás közben közepe táján valamivel jobban. Ezért a szálat csak igen rövid ideig tartó áramlökéssel izzítottam. Fontos, hogy a szál kellő hosszra való megnyújtása egyszeri izzítással megtörténjék. Ismételt izzítás hátrányos, a szál járási tulajdonságait rontja, valószínűleg azért, mert a szál az izzítás közben kissé kicsavarodik, s az újabb izzítás alkalmával a már az előző izzításakor egy irányba elrendeződött molekulasorokat az elcsavarodás miatt részben más elrendeződésbe kényszeríti.

A preparálási műveletek végrehajtásához nagy gyakorlat kell, mert kellő gyakorlat nélkül a szálak nagy tömegét lehet az izzítással leszakítani.

Az így preparált szál már külső megjelenésében is a nem preparált szálnál előnyösebbnek látszik. Amíg az így nem kezelt szál kunkorodó, spirálisszerű, addig a megnyújtott szál laza állapotában is egyenes, kunkorodásai eltűntek és merevebb. De nem ez a külső látszat, hanem az ily módon preparált torziósszálaknak a próbaeszközben történt megvizsgálása bizonyította e preparálási módnak helyességét és jóságát. Az így preparált torziósszálak között szép számban találtam kis temperatúrákoefficiensű és kis járású szálat.

Fentebb láttuk, ahhoz, hogy az Eötvös-féle torziós-inga megbízható legyen, nem elégséges jó torziósszálak alkalmazása, hanem szükséges, hogy az ingaházban a légáramoknak a hatása is elenyésző csekély legyen. E hatás különösen a hőmérsékletváltozás irányának megfordulásakor okoz zavart. E zavaró hatás minden még be nem szabályozott ingában többé-kevésbé megvan, egyesekben igen nagy mértékben. E légáramhatás az ingák egyedi tulajdonságai, a különböző ingákban más és más, még a kettős Eötvös-inga összeépített két ingájának viselkedése is különböző. E zavaró hatás kiküszöbölése, illetve a minimumra való csökkentése »szabályozás«-sal történik, még pedig úgy, hogy először a szóbanforgó ingaházban előálló légáramlást kell megvizsgálni, azután

a nagy tapasztalattal szerzett ismeretekkel már megismert légáramlást alkalmas alakú és az ingaházban alkalmas helyen elhelyezett terelő lapokkal »légkorlátok«-kal kell irányítani úgy, hogy a légáramok hatása az ingára elhanyagolható legyen. E szabályozás nélkül az ingák rendszerint teljesen megbízhatatlan értékeket adnak. E szabályozás részleteivel ezen a helyen nem óhajtok foglalkozni.

A jó torziósszalakat tartalmazó és jól beszabályozott Eötvös-ingák a leghátrányosabb időjárási viszonyok között is megbízható észlelési értéket adnak.

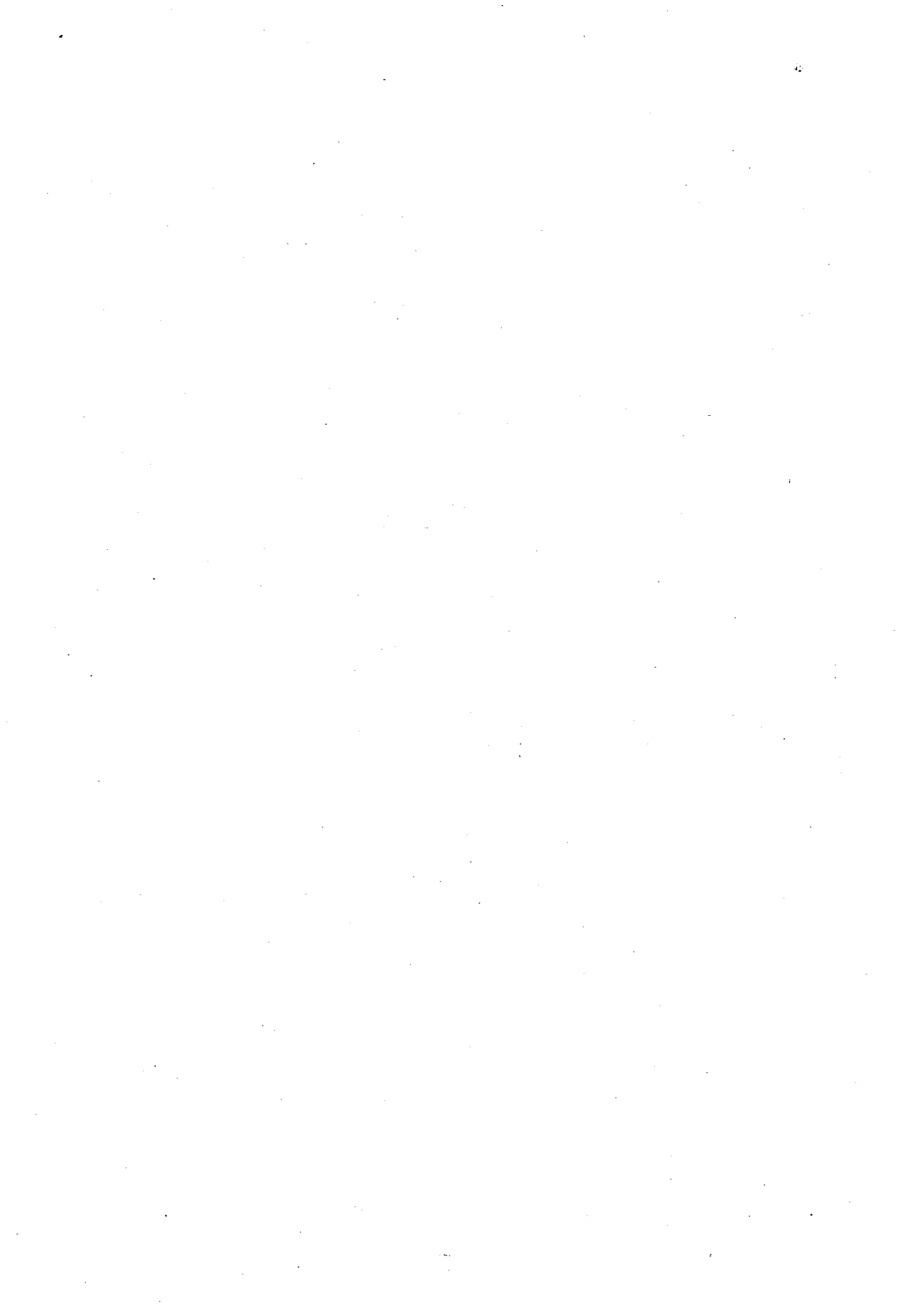
*Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet*

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat az Eötvös-inga megbízhatóságának feltételeit ismerteti. Egyik legfontosabb feltétele »járás« nélküli és kis temperatúrakoefficiensű torziósszalak alkalmazása. Ily szálakat a szálak preparálásával állíthatunk elő.

A dolgozat a torziósszalak preparálási módját ismerteti.





# AZ EÖTVÖS-INGA CSILLAPODÁSI IDEJE CSÖKKENTÉSÉNEK PROBLÉMÁJA

RYBÁR ISTVÁN

Beérkezett 1951. október 23-án

A ma használatos Eötvös-inga csillapodási ideje 40 perc. Rendkívül kívánatos, hogy ez az idő jelentékenyen kisebbíthessék.

A csillapodási idő csökkentése régi törekvés. Ez irányban történt is már valamelyes haladás, amennyiben az Eötvös idejében használatban volt ingák egy órás csillapodási idejét a mai ingáknál 40 percre sikerült csökkenteni.

## *A lengőrendszer csillapodási ideje és lengésideje közötti összefüggés*

Mindenekelőtt vizsgáljuk meg, hogy a lengőrendszer (pl. az Eötvös-inga) csillapodási ideje mily tényezőktől függ?

Csillapodási idő alatt azt az időtartamot értjük, amely az inga mozgásba hozatala után eltelik addig, amíg az inga nyugalomba jön, szabatosan kifejezve, amíg az ingának a nyugalmi állásától való kitérése kisebb és kisebb marad, mint a leolvasással mérhető legkisebb kitérés, ami az Eötvös ingánál egy tized skálarész.

A csillapodási idő két részből, két periódusból tevődik össze. Ha az ingát mozgásba hozzuk, pl. ha az ingát az egyik azimutból a következőbe állítjuk, akkor az inga lengőrendszere az ütközők között azokhoz ütközve és állandóan csillapodva ide-oda mozog, majd az utolsó ütközés után kizárólag a lengőrendszerre működő irányító erők és csillapító erők hatása alatt végzi mozgását. Az első részt előperiódusnak nevezem. Ez alatt azt az időt értem, amely az inga mozgásba hozatalától az inga lengőjének az ütközőkkel történő utolsó ütközéséig eltelik. A második rész a főperiódus, amely az utolsó ütközéstől a nyugalmi állapot beálltáig tart. Az első periódus egyes ingáknál 10 percig is eltart. Ez az idő csökkenthető alkalmas alakú és rugalmas tulajdonságú (papiros, parafa) ütközőkkel. Az előperiódus ideje lényegesen csökkenthető a lengőrendszerek csillapítását elősegítő 117 783 számú magyar és a 2 209 140 számú amerikai szabadalmaimban ismertetett szerkezettel, amely könnyen elmozdítható ütköző, akként megszerkesztve és jellemezve, hogy a lengőrendszer ahhoz ütközve mozgási energiáját, vagy annak jelentékeny részét az ütközőnek átadja. E csilla-



pítót alkalmazva az inga 1–2 ütközés után annyira lecsillapodik, hogy az előperiódus alig egy percre zsugorodik össze.

A főperiódusban a lengőrendszer csillapított rezgő, vagy aperiódikus mozgást végez a csillapító erőknek megfelelőleg.

Lássuk mitől függ a főperiódus időtartama?

Ha a lengőrendszernek (az ingának) a nyugalmi helyzetétől mért kitérésével arányos skálaosztályzatot  $x$ -el jelöljük, akkor az inga mozgásegyenlete:

$$\text{ahol} \quad \frac{d^2x}{dt^2} + 2a \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0, \quad (1)$$

$$\omega_0 = \frac{\pi}{T_0},$$

amelyben  $T_0$  az inga csillapodás nélküli lengésidejét (fél rezgésidejét) jelenti, azaz akkor, ha csillapodása nem lenne, vagyis ha  $a = 0$  lenne.

E másodrendű homogén lineáris differenciálegyenlet általános megoldása:

$$x = e^{-at} (C_1 e^{t\sqrt{a^2 - \omega_0^2}} + C_2 e^{-t\sqrt{a^2 - \omega_0^2}}).$$

Három eset lehetséges: 1. ha  $a < \omega_0$  2. ha  $a > \omega_0$  és 3. ha  $a = \omega_0$ . Az 1. esetben az inga csillapított rezgő, a 2-ikban aperiódikus mozgást végez, a 3. az aperiódikus határállapot.

1.  $a < \omega_0$  Írjunk:

$$\sqrt{\omega^2 - a^2} = \alpha$$

-t, akkor könnyen kimutatható, hogy

$$x = C e^{-at} \sin(\alpha t + \varepsilon) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{T}$$

ahol  $T$  az inga lengésidejét,  $C$  és  $\varepsilon$  a két integrációs állandót jelentik. A (2)-ből a mozgás sebessége:

$$v = \frac{dx}{dt} = C e^{-at} [a \cos(\alpha t + \varepsilon) - \alpha \sin(\alpha t + \varepsilon)]. \quad (3)$$

Most tegyük fel, hogy  $x_0$  az a kitérés, amelynél a mozgásban levő ingarúd az utolsó ütközés után először ütközés nélkül megfordul, tehát  $x_0$  a kitérés a főperiódus kezdetén. Ettől a pillanattól az ingára a (2) mozgásegyenlet érvényes. Ezt az időpontot időszámításunk kezdetéül választjuk:

Tehát

$$t = 0 \quad \text{kor} \quad x = x_0 \quad \text{és} \quad v = 0.$$

E kezdeti feltételeket (2) és (3) egyenletekbe írva, kapjuk, hogy

$$x_0 = C \sin \varepsilon$$

$$0 = C[\alpha \cos \varepsilon - a \sin \varepsilon] = \alpha C \cos \varepsilon - a x_0,$$

amelyekből

$$C = x_0 \sqrt{\frac{a^2 + \alpha^2}{\alpha^2}} \quad \operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\alpha}{a}, \quad \text{vagy} \quad \sin \varepsilon = \sqrt{\frac{\alpha^2}{a^2 + \alpha^2}}, \quad \cos \varepsilon = \sqrt{\frac{a^2}{a^2 + \alpha^2}}$$

s így

$$x = x_0 \sqrt{\frac{a^2 + \alpha^2}{\alpha^2}} e^{-at} \sin(at + \varepsilon).$$

E kifejezést más formában írjuk, amennyiben ebből az  $\varepsilon$ -t elimináljuk. Ezért

$$x = x_0 \sqrt{\frac{a^2 + \alpha^2}{\alpha^2}} e^{-at} [\sin \varepsilon \cos at + \cos \varepsilon \sin at] =$$

$$= x_0 \sqrt{\frac{a^2 + \alpha^2}{\alpha^2}} e^{-at} \left[ \sqrt{\frac{\alpha^2}{a^2 + \alpha^2}} \cos at + \sqrt{\frac{a^2}{a^2 + \alpha^2}} \sin at \right].$$

$$x = x_0 \frac{1}{\alpha} e^{-at} [a \cos at + \alpha \sin at] \quad \alpha = \frac{\pi}{T}.$$

Ez egyenletből a kitérést minden időpillanatra ki lehet számítani. Ha

$$t = 0, \quad \text{akkor} \quad x = x_0$$

$$t = T, \quad \text{,,} \quad x_1 = -x_0 e^{-aT}$$

$$t = 2T, \quad \text{,,} \quad x_2 = +x_0 e^{-2aT} \text{ s i. t.}$$

Az  $x_0, x_1, x_2 \dots$  az egymást követő amplitudók. Az  $m$ -edik amplitudó  $\vartheta = mT$  idő múlva következik be és nagysága:  $x_m = x_0 e^{-a\vartheta}$

Legyen az  $x_m$  amplitudó az  $x_0$ -nak  $n$ -ed része, akkor

$$x_0 e^{-a\vartheta} = \frac{x_0}{n},$$

amiből

$$\vartheta = \frac{1}{a} \ln \cdot n.$$

Ha  $\Lambda$  a logaritmosos csillapodás, akkor könnyen kimutatható, hogy

$$a = \frac{\Lambda}{T} \quad \text{és} \quad T = T_0 \sqrt{\frac{\pi^2 + \Lambda^2}{\pi^2}},$$

amelyeket felhasználva kapjuk, hogy

$$\vartheta = \frac{T_0}{\pi} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\Lambda^2}} \ln \cdot n. \quad (4)$$



Ez az egyenlet megadja, hogyan függ a csillapodási idő  $\vartheta$  a csillapodás nélküli lengésidőtől  $T_0$ -tól és a logaritmusos csillapodástól,  $\Lambda$ -tól? Kiolvasható, hogy a csillapodási idő azonos körülmények között, azaz azonos  $\Lambda$  esetén a csillapodás nélküli lengés-idővel  $T_0$ -val arányos.

Az Eötvös-inga ütközési köze általában kb. 120 skálaosztályrész, s így  $x_0$ -nak maximális értéke 60. Mivel pedig a leolvasás pontossága egy tized skálaosztályzat, azért  $n = 600$ . Eötvös-inga esetében  $n$ -nek ezt az értékét kell a (4) alatti kifejezésbe írni.

$$2. a > \omega_0$$

Kimutatható, hogy

$$\sqrt{a^2 - \omega_0^2} = \beta$$

-t írva, a (2) alatti egyenlet megoldása:

$$x = C e^{-at} \operatorname{sh}(\beta t + \varepsilon),$$

amiből a mozgás sebessége:

$$v = C e^{-at} [\beta \operatorname{ch}(\beta t + \varepsilon) - a \operatorname{sh}(\beta t + \varepsilon)].$$

Legyen  $t = 0$  kor  $x = x_0$  és  $v = 0$ , akkor

$$\begin{aligned} x_0 &= C \operatorname{sh} \varepsilon \\ 0 &= C [\beta \operatorname{ch} \varepsilon - a \operatorname{sh} \varepsilon] \end{aligned}$$

s így az inga mozgás egyenlete:

$$x = x_0 \sqrt{\frac{a^2 + \beta^2}{\beta^2}} e^{-at} \operatorname{sh}(\beta t + \varepsilon) \quad \operatorname{tgh} \varepsilon = \frac{\beta}{a},$$

$$\text{vagy} \quad x = x_0 \frac{1}{\beta} e^{-at} [\beta \operatorname{ch} \beta t + a \operatorname{sh} \beta t].$$

S így a csillapodási idő  $\vartheta$  az

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{\beta} e^{-a\vartheta} [\beta \operatorname{ch} \beta \vartheta + a \operatorname{sh} \beta \vartheta] \quad (5)$$

egyenletből határozható meg. Az inga az  $x_0$  állásból aperiódikusan áll be az egyensúlyi állásba;  $\vartheta$  idő múlva az  $\frac{x_0}{n}$  állásba jut.

$$3. a = \omega_0$$

Ez az ú. n. aperiódikus határállapot. Ebben az esetben a (2) alatti differenciálegyenlet általános megoldása:

$$x = C_1 e^{-\frac{\pi}{T_0} t} + C_2 t e^{-\frac{\pi}{T_0} t}.$$

Ebből a mozgás sebessége

$$v = -C_1 \frac{\pi}{T_0} e^{-\frac{\pi}{T_0} t} + C_2 \left(1 - \frac{\pi}{T_0} t\right) e^{-\frac{\pi}{T_0} t}$$

$t = 0$  kor  $x = x_0$  és  $v = v_0$  érvényes értékeket helyettesítve kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} x_0 &= C_1 & C_1 &= x_0 \\ 0 &= -C_1 \frac{\pi}{T_0} + C_2 & C_2 &= \frac{\pi}{T_0} x_0 \end{aligned}$$

s így a megoldás

$$x = x_0 \left(1 + \frac{\pi}{T_0} t\right) e^{-\frac{\pi}{T_0} t}.$$

Az inga az  $x_0$  kitérésnek  $n$ -ed részét éri el oly  $t$  idő múlva, amely eleget tesz az

$$\frac{1}{n} = \left(1 + \frac{\pi}{T_0} t\right) e^{-\frac{\pi}{T_0} t}. \quad (6)$$

egyenletnek. Látható, hogy kisebb  $T_0$  esetében a csillapodási idő kisebb.

A fentiekből következik, hogy ha a csillapodás nélküli állapotból kiindulva a csillapodást a  $\Lambda$  értékét növeljük, akkor (4) értelmében a csillapodási idő végtelenből kiindulva folytonosan csökken addig, amíg az aperiodikus határ állapothoz (6) jutunk, innen kezdve (5) szerint a csillapodási idő a csillapodás (az  $\alpha$ ) növelésével növekszik.

#### *A csillapodási idő csökkentése*

Az előzőekben megállapítottuk a csillapodási idő és a csillapodás nélküli lengésidő közötti összefüggést, illetve összefüggéseket. Ezekből következik, hogy csillapodás szempontjából az aperiodikus határállapot a legkedvezőbb, a lengőrendszer ebben az állapotban nyugszik meg leghamarább. Ezért az Eötvös-ingát akként szerkesztjük meg, hogy az inga közel az aperiodikus állapothoz legyen. Ez az inga belső doboza magasságának megfelelő megválasztásával érhető el.

A csillapodási idő (4) és (6) szerint a csillapodás nélküli lengésidő kisebbitésével csökken. Ezért arra lehetne gondolni, hogy a csillapodási időt az inga méreteinek csökkentésével, a lengési idő csökkentésével lehetne kisebbiteni. De mint alább kimutatjuk, az inga szögérzékenysége az inga csillapodás nélküli lengésidőjének négyzetével arányos, ezért a csillapodási idő a szögér-



zékenység megtartása mellett az inga méreteinek (lengésidejének) megváltoztatásával nem kisebbíthető.

Legyen  $\xi \eta \zeta$  az inga lengőrendszeréhez mereven hozzákötött derékszögű koordinátarendszer, amelynek kezdőpontja a felfüggesztési ponton O-n és a lengőrendszer súlypontján S-en átmenő egyenesben van, a  $\zeta$  tengelye függőlegesen lefelé mutat (az S pontban levő nehézségi erő irányával összeesik), a  $\xi$  tengelye pedig a lengőrendszer egyik szimmetria tengelyével párhuzamos.

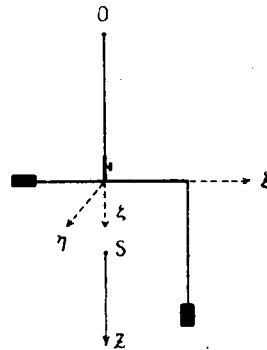
A szögérzékenység, azaz az egységnyi gradiens, illetve görbületi értékeknek megfelelő szögkitérés abszolút (radiál) értékben :  
a gradiensre nézve

$$S_{gr} = \frac{1}{\tau} \int \xi \zeta \, dm$$

a görbületi értékre nézve

$$S_g = \frac{1}{\tau} \int (\xi^2 - \gamma_l^2) \, dm,$$

ahol  $\tau$  a torziósszál torziósnyomatékát jelenti és az integrál az egész lengőrendszerre terjesztendő ki.



1. ábra

Ez általánosan érvényes kifejezéseknek az eredeti Eötvös-féle lengőrendszerre való alkalmazása céljából helyezzük a  $\xi$  tengelyt az ingarúd geometriai tengelyébe. (1. ábra)

Jelöljük továbbá a lógó súly tömegét  $m$ -el, ennek a felső súlytól való függélyes távolságát  $h$ -val, az ingarúd karhosszát  $l$ -el és a lengőrendszer tehetetlenségi nyomatékát  $K$ -val, akkor kimutatható (lásd 1. ábrát), hogy

$$S_{gr} = \frac{1}{\tau} \int \xi \zeta \, dm = \frac{mhl}{\tau}$$

$$S_g = \frac{1}{\tau} \int (\xi^2 - \gamma_l^2) \, dm = \frac{1}{\tau} \int (\xi^2 + \gamma_l^2) \, dm - \frac{2}{\tau} \int \gamma_l^2 \, dm = \frac{K}{\tau} - \frac{2}{\tau} \int \gamma_l^2 \, dm.$$

Az utóbbi kifejezésben előforduló  $\int \eta^2 dm$  rúd alakú ingánál igen kicsiny a  $K$ -hoz képest, úgyhogy ezt elhanyagolva kapjuk, hogy

$$S_g = \frac{K}{\tau}.$$

Továbbá a lengőrendszer csillapodás nélküli lengésideje

$$T_0 = \pi \sqrt{\frac{K}{\tau}}.$$

Hogy a szögérzékenység és a lengésidő közötti összefüggést megállapíthassuk, vegyük tekintetbe, hogy az Eötvös-féle ingarúdnál a lengőrendszer tehetetlenségi nyomatéka nagy közelítésben a rúd végein levő tömegek tehetetlenségi nyomatékával egyenlő, azaz

$$K = 2ml^2$$

s így a lengésidő

$$T_0 = \pi \sqrt{\frac{2ml^2}{\tau}}.$$

Ennek a figyelembevételével kapjuk, hogy a gradiensre nézve :

$$S_{gr} = \frac{mhl}{\tau} = \frac{1}{2\pi^2} \frac{h}{l} T_0^2.$$

A görbületi értékekre nézve :

$$S_g = \frac{K}{\tau} = \frac{1}{\pi^2} T_0^2.$$

A  $\frac{h}{l}$  értéke a használatos ingáknál kb. 3.

Ezzel kimutattuk, hogy az Eötvös-féle torziós inga szögérzékenysége a lengésidő négyzetével arányos.

Ha tehát az inga méreteinek megváltoztatásával a lengésidőt kisebbítjük, akkor az érzékenység is kisebbedik. Kétszer kisebb lengésidejű inga érzékenysége négyszer, háromszor kisebb lengésidejűé kilencszer kisebb. Tehát a méretek ( $m$ ,  $l$ ,  $h$  és  $\tau$ ) megváltoztatásával a lengésidőt s így (4) és (6) szerint a csillapodási időt nem csökkenthetjük anélkül, hogy ezzel együtt a szögérzékenység ne csökkenne. Ezért csak ez az út nem vezet célhoz.



De a lengőrendszer elfordulásszögét tükörskála leolvasással mérjük, ezért a gyakorlatban nem a szögérzékenység, hanem az a fontos, hogy mekkora az egységnyi gradiens, illetve görbületi értékek megfelelő kitérés skálárészekben? Ezt az érzékenységet az inga effektív érzékenységének nevezik.

Jelöljük  $L$ -el a skálatávolságot, akkor az effektív érzékenység egyszeri reflexiók tükörleolvasással

a gradiensre nézve :

$$E_{gr} = 2L S_{gr} = 2L \frac{1}{2\pi^2} \frac{h}{l} T_0^2,$$

a görbületi értékekre nézve :

$$E_g = 2L S_g = 2L \frac{1}{\pi^2} T_0^2.$$

Vagy ha az optikai leolvasás érzékenységet  $C$ -vel jelöljük, akkor általánosságban írhatjuk hogy

$$\begin{aligned} F_{gr} &= C S_{gr} \\ E_g &= C S_g. \end{aligned}$$

Tehát az effektív érzékenység a szögérzékenység és az optikai érzékenység szorzata.

Ez az összefüggés megadja a lehetőségét annak, hogy az inga csillapodási idejét csökkentjük anélkül, hogy ezzel együtt az inga effektív érzékenysége is csökkenne. Ezt azzal érhetjük el, hogy az inga méreteinek megváltoztatásával az inga lengésidejét kisebbítjük, vele a szögérzékenységét csökkentjük, de ugyanakkor az optikai érzékenységet ugyanannyiszor nagyobbá tesszük, mint ahányszor a szögérzékenység kisebbedett. Ily módon az inga effektív érzékenysége változatlan maradt.

E gondolatmenetet a következő, gyakorlatból vett példával világítom meg :

Az »Auterbal« torziós inga adatai :  $m = 15$  g  $h = 21$  cm  $l = 7$  cm  $\tau = 0,025$  C. G. S.

Ezekből kapjuk, hogy az inga csillapodás nélküli lengésideje :

$$T_0 = \pi \sqrt{\frac{K}{r}} = \pi \sqrt{\frac{2ml^2}{\tau}} = 762 \text{ sec} = 12 \text{ min. } 42 \text{ sec.}$$

A tényleges lengésidő a csillapodás miatt nagyobb.

Az inga szögérzékenysége :

a gradiensre nézve :  $S_{gr} = \frac{1}{2\pi^2} \frac{h}{l} T_0^2 = 88\,200,$

a görbületi értékekre nézve:  $S_g = \frac{1}{\pi^2} T_0^2 = 58\,800$ .

Mivel pedig az »Auterbak« inga skálabeosztása  $0,25\text{ mm} = \frac{1}{4}\text{ mm}$ , és skálátávolsága  $L = 300\text{ mm} = 1200$  negyedmilliméter, azért az optikai nagyítása  $C = 2400$ , s így az inga effektív érzékenysége

a gradiensre nézve:  $E_{gr} = 2400 \cdot 88\,200 = 0,21 \cdot 10^9$

a görbületi értékekre nézve:  $E_g = 2400 \cdot 58\,800 = 0,14 \cdot 10^9$

Tehát az »Auterbak« inga  $\frac{1}{10}$  osztályzatának (ami még jól megbecsülhető)

a gradiensre nézve:

$$\frac{1}{10} \frac{1}{E_g} = \frac{1}{10} \frac{1}{0,21 \cdot 10^9} = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ C. G. S.} = 0,5 \text{ Eötvös-egység.}$$

A görbületi értékekre nézve:

$$\frac{1}{10} \frac{1}{E_g} = \frac{1}{10} \frac{1}{0,14 \cdot 10^9} = 0,7 \cdot 10^{-9} \text{ C. G. S.} = 0,7 \text{ Eötvös-egység.}$$

felel meg.

Ha már most az inga méreteit ( $m, h, l, \tau$ ) úgy választjuk, hogy lengésideje az eredetinel kétszer kisebb legyen, azaz

$$T_0 = \frac{12,7}{2} = 6,4 \text{ min.} = 6 \text{ min. } 21 \text{ sec.}$$

egyén, akkor szögérzékenysége 4-szer kisebb lesz:

$$S_{gr} = \frac{1}{4} \cdot 88\,200 = 22\,050$$

$$S_g = \frac{1}{4} \cdot 58\,800 = 14\,700.$$

S ha az optikai érzékenységet négyszer nagyobbítjuk, akkor az effektív érzékenysége:

$$E_{gr} = 4 \cdot 2400 \frac{88\,200}{4} = 0,21 \cdot 10^9 \text{ C. G. S.}$$

$$E_g = 4 \cdot 2400 \frac{58\,800}{4} = 0,14 \cdot 10^9 \text{ C. G. S.}$$

változatlan marad. Ez esetben  $\frac{1}{10}$  skálaosztályzatnak a gradiensre nézve ugyan-csak 0,5, a görbületi értékekre nézve 0,7 Eötvös egység felel meg.



Vagy ha sikerül az optikai érzékenységet az eredetnél pl. 8-szor nagyobbá tenni, akkor az ingát úgy méretezve, hogy szögérzékenysége az eredetnél 8-szor kisebb legyen, az inga effektív érzékenysége változatlan marad, ellenben lengés ideje :

$$T_0 = \frac{762}{\sqrt{8}} = 269 \text{ sec.} = 4 \text{ min. } 29 \text{ sec.}$$

lesz.

Tehát az első feladat oly optikai, vagy más rendszerű leolvasó szerkezet megszerkesztése, amellyel az eredeti leolvasás érzékenysége megsokszorozható.

Erre többféle lehetőség kínálkozik. Legtermészetesebb, hogy a skálátávolságot megnöveljük. Ennek a szükséges nagyságú megnövelése azonban a készülék méreteit jelentékenyen megnagyobbítaná, ami nem kívánatos. Másik, az előzőnél előnyösebb lehetőség, hogy a skálabeosztást sűrítjük és az optikai leképezés nagyítását megfelelő mértékben megnöveljük. Ez a lehetőség célravezetőnek látszik. Harmadik lehetőség a többszörös fényreflexió alkalmazása. Ugyanis az ingarúdra erősített tükör a reá eső fénysugarat az inga elfordulása esetén kétszer akkora szöggel forgatja el, mint amekkorával az inga elfordult s így ha a visszavert fénysugár egy oldalt elhelyezett tükörről visszaverődve ismét az ingatükörré esik és onnan visszaverődik, akkor e kétszeres reflexió folytán a tükörről kétszer visszavert fénysugár  $2 \times 2 = 4$ -szer akkora szöggel fordul el, mint amennyivel az inga elfordult ; 3-szoros, 4-szeres reflexió esetében a visszavert fénysugár szögelfordulása hatszorosa, nyolcszorosa az ingarúd elfordulásának.\*

A két utóbbi lehetőséget, esetleg együttesen alkalmazva, célravezetőnek tartom. Az ingarúd elfordulásának meghatározására az optikai módszer tartom alkalmasnak, mert más jelenség felhasználásával a készüléket bonyolultabbá tesszük és új hibaforrásokat vezetünk be.

A kitűzött feladat kísérleti megoldása elé azonban igen nagy nehézségek tornyosulnak.

Az optikai leképezés céljára igen erős fényforrás és csakis igen nagy reflexióképességű fémbevonatú, kitűnően csiszolt síktükrök jöhetnek tekintetbe.

Egy másik igen nehéz probléma, amit meg kell oldani a következő :

Az optikai nagyítás nemcsak a szögelfordulást nagyítja meg, de a zavaró hatásokat is, amelyeknek megszüntetése már eddig is, az egyszeres és a kétszeres reflexió alkalmazása esetében is igen sok tanulmányt és nehézséget okozott.

\* Ezt az elvet már alkalmaztam is az 1935 óta forgalomba hozott »Auterbak« ingáknál. Ezekben az addig használatos torziósszálak helyett vastagabb, mégpedig oly átmérőjű torziósszálakat használtam, amelyeknek torziósnomatéka 0,050 C. G. S. az eredetileg használt szálak torziósnomatékának 0,025 C. G. S.-nek kétszerese volt és ugyanakkor az optikai leolvasáshoz kétszeres reflexiót alkalmaztam. A kétszer nagyobb torziósnomatékú szál az inga szögérzékenységét felére csökkentette, a kétszeres reflexió ellenben az optikai érzékenységet megkétszerezte. Ezáltal az effektív érzékenység változatlan maradt, a csillapodási idő azonban 50 percről 40 percre csökkent.

Ezért kitűnő, külön e célra készített oly torziósszalakra van szükségünk, amelyeknek »járása« és temperatúrakoefficiense nagyon kicsiny. A mai ingákhoz alkalmazott torziósszalak erre a célra alkalmatlanok, mert bár ezeknek járása és temperatura koefficiense ezekben az ingákban nem okoznak lényeges zavart, azonban a sokszoros szögnagyítással ezek is megnagyítva jelentkeznek. Ez okból a torziósszalaknak a mainál még tökéletesebb készítése és preparálása szükséges, amihez az előző cikkemben ismertetett preparálási mód eredményhez vezethet.

Ezenkívül igen nagy nehézséget okoz az ingaházban előálló légáramok hatásának olymértvű csökkentése, hogy a nagy optikai nagyításnál ezek a leolvasás pontosságát meg ne haladják.

Ezért az ingaházat oly formában kell megszerkeszteni, hogy abban csakis kisfokú légáramlás jöhessen létre, a lengőrendszert pedig úgy megalkotni, hogy az a légáramlás iránt csak kismértékben legyen érzékeny, azonkívül az ingaházat az eddigieknél jobban hőszigeteléssel kell védeni, esetleg termosztátba építeni.

Sok és nagy nehézséggel jár e követelmények teljesítése, de a siker reményében e vizsgálatokat el kell végezni, mert az észlelési idő csökkentése nagy anyagi és munkamegtakarítással jár.

### *Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet*

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Szerző azzal a kérdéssel foglalkozik, miként lehet az Eötvös-inga csillapodási idejét csökkenteni?

Mindenek előtt a lengőrendszer csillapodási ideje és lengésideje közötti összefüggést állapítja meg. A nyert összefüggésekből következik, hogy a csillapodási idő a lengésidő kisebbedésével csökken, továbbá, hogy a lengőrendszer az aperiódikus határállapotban nyugszik meg leghamarább.

Továbbiakban kimutatja, hogy az Eötvös-inga szögérzékenysége a lengésidő négyzetével arányos.

A fentiekből következik, hogy az inga lengésidejének csökkenésével a csillapodási idő is kisebbedik, ugyanakkor az inga szögérzékenysége is csökken. Tehát az inga csillapodási ideje az inga lengésidejének (az inga méreteinek megválasztásával) nem csökkenthető anélkül, hogy ezzel az inga szögérzékenysége is ne kisebbedne. Ezért csak ez az út nem vezet célhoz.

De a lengőrendszer elfordulási szögét tükkörleolvasással vagy más optikai nagyító berendezéssel mérjük, s ezért a gyakorlatban nem a szögérzékenység, hanem az a fontos, hogy mekkora az egységnyi gradiens, illetve görbületi értékeknek megfelelő kitérés skálarészekben, azaz mekkora az inga effektív érzékenysége? Mivel az effektív érzékenység a szögérzékenység és az optikai érzékenységnek szorzata, a csillapodási idő csökkenthető azáltal, hogy az inga méreteinek megváltoztatásával az inga lengésidejét kisebbitjük, vele a szögérzékenységet is csökkentjük, de ugyanakkor az optikai érzékenységet annyiszor nagyobbá tesszük, mint ahányszor a szögérzékenység kisebbedett. Ilymódon az effektív érzékenység változatlan marad.

Végül a dolgot az eljárás lehetőségeit tárgyalja.





# AZ EGYENSÚLYI VISZONYOK VIZSGÁLATA A TITÁNNAK MAGNÉZIUMMAL TÖRTÉNŐ REDUKCIÓJAKOR

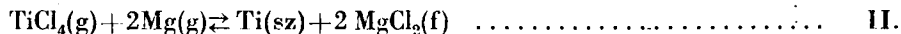
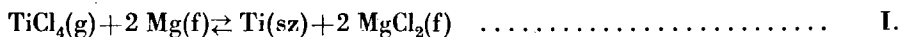
FEKETE LÁSZLÓ

Beérkezett 1951. november 20-án

## Gyakrabban előforduló jelölések

- a* = az egyensúlyi gázfázis 1 m<sup>3</sup>-ében levő Mg mennyisége 1000 K°-on (kgmol/m<sup>3</sup>).  
*b* = az egyensúlyi gázfázis 1 m<sup>3</sup>-ében levő TiCl<sub>4</sub> mennyisége 1000 K°-on (kgmol/m<sup>3</sup>).  
*A* = a készülékbe beadott Mg mennyisége (kgmol). —  
*B* = a készülékbe beadott TiCl<sub>4</sub> mennyisége (kgmol).  
 $\Sigma p_i = p_{TiCl_4} + p_{Mg} + p_{MgCl_2}$  = a reakcióban résztvevő anyagok egyensúlyi parciális nyomásainak összege (kg/cm<sup>2</sup>).  
*x* = a TiCl<sub>4</sub> mólszámának a gáztérfogat 1 m<sup>3</sup>-ére vonatkoztatott növekedése, ha az 1000 K°-on egyensúlyba jutott rendszer hőmérsékletét *T* K°-ra emeljük fel a térfogat állandósága mellett (kgmol/m<sup>3</sup>).  
*y* = az egyes gázkomponensek *T* K°-ra érvényes mólszámának és az 1000 K°-ra érvényes mólszámoknak a hányadosa állandó térfogaton.  
*z* = a TiCl<sub>4</sub> mólszámának a kiinduló gáztérfogat 1 m<sup>3</sup>-ére vonatkoztatott csökkenése, ha 1000 K° állandó hőmérséklet mellett csökkentjük a rendszer gázterének térfogatát (kgmol/m<sup>3</sup>).  
*w* = az egyes gázkomponensek *V* térfogatra érvényes mólszámának és az 1 m<sup>3</sup> kiinduló térfogatra vonatkozó mólszámoknak a hányadosa 1000 K° állandó hőmérséklet mellett (*V* < 1.)

*Kroll* eljárása szerint a titánt úgy állítják elő, hogy olvadt magnéziumot megfelelő módon folyékony TiCl<sub>4</sub>-al reagáltatnak. A folyékony TiCl<sub>4</sub> a magnéziumfürdő hőmérsékletén azonnal elgőzölög. Az egyidejűleg végbemenő



reakciók során szilárd titán és magnéziumklorid-olvadék keletkezik.

A titánnak az oxigénnel és nitrogénnel szemben mutatott nagy vegyrokonsága miatt a redukciós folyamatok csak levegőtől elzártan mehetnek végbe. Ezt a feltételt nemesgázatmoszférában vagy vákuumban lehet teljesíteni.

Dolgozatom célja, hogy megvizsgáljam a nyomás, hőmérséklet és térfogat, valamint a nemesgázatmoszféra jelenlétének hatását a bennünket érdeklő reakciók egyensúlyára.



Megvizsgálandó, hogyan változik a I. (ill. II.) reakció teljességi foka, a gázfázis összetétele és nyomása levegőtől mentes,  $n_{Ar}$  kgmol argont tartalmazó,  $T$  Kelvin fok hőmérsékletű zárt térben, amelybe  $A$  kgmol Mg-t és  $B$  kgmol  $TiCl_4$ -et vezetünk be :

1.  $n_{Ar}$  és  $P_k$  függvényében, ha a reakciós tér hidraulikus záron keresztül  $P_k$  nyomású külső térrel van összeköttetésben és  $\frac{B}{A} < 0,5$ , vagyis magnézium-felesleggel dolgozunk,

2. a gáztérfogat állandóságának biztosítása mellett

$\alpha.$ ) a készülékben áthaladó anyagmennyiség és  $\frac{B}{A}$  függvényében,

$\beta.$ )  $T$  függvényében, ha az egyensúlyi rendszerben folyékony Mg is van jelen,

$\gamma.$ )  $T$  függvényében, ha az egyensúlyi rendszerben folyékony magnézium nincs jelen,

3. állandó hőmérsékleten a térfogat és a kiinduló állapot függvényében,

4. ha a reakciós tér zárt és a keletkező termékeket csak szakaszosan vezetjük el.

Az egyensúlyi gázelegyenletben az argon mellett  $TiCl_4$ -, Mg- és  $MgCl_2$ -gőzök is lesznek.

Dalton törvénye szerint a gázkeverék össznyomása a komponensek résznyomásából tevődik össze, az egyes komponensek résznyomása pedig az a nyomás, amit az illető gáz kifejtene, ha a teret egyedül töltené meg.

$$P = p_{Ar} + p_{TiCl_4} + p_{Mg} + p_{MgCl_2}. \quad (1)$$

A reakcióban résztvevő komponensek egyensúlyi résznyomását az egyensúlyi állandók segítségével határozhatjuk meg.

$$K_I = \frac{1}{p_{TiCl_4}} \quad (2)$$

$$K_{II} = \frac{1}{p_{TiCl_4} p_{Mg}^2} \quad (3)$$

$$K_{III} = p_{Mg} \quad (4)$$

$$K_{IV} = p_{MgCl_2}. \quad (5)$$

Az egyensúlyi állandók a megfelelő reakciók termodinamikai normálpotenciáljaiból számíthatók a

$$\Delta G_T^\circ = -RT \ln K \quad (6)$$

illetőleg a

$$\log K = -\frac{\Delta G_T^\circ}{4,575 \cdot T} \quad (7)$$

összefüggés alapján.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok [3] segítségével meghatároztam a I. és II. reakciók termodinamikai normálpotenciáljának a hőmérséklettel való

változását feltüntetető egyenleteket, míg a III. és IV. reakciókra vonatkozó hasonló egyenleteket készen vettem át az irodalomból [2].

$$I. \Delta G_T^\circ = -129\,100 + 128,5 T - 1,13 \cdot 10^{-3} T^2 - 29,44 T \log T + 2,166 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} \quad (8)$$

$$II. \Delta G_T^\circ = -200\,620 + 214,28 T - 1,13 \cdot 10^{-3} T^2 - 40,26 T \log T + 2,166 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} \quad (9)$$

$$III. \Delta G_T^\circ = 35\,870 + 5,60 T \log T - 43,58 T \quad (10)$$

$$IV. \Delta G_T^\circ = 49\,600 + 23 T \log T - 103,58 T. \quad (11)$$

Az egyensúlyi állandóknak a különböző hőmérsékletekre kiszámított értékeit az 1. táblázat tünteti fel.

Az  $\frac{1}{K_I}$ ,  $K_{III}$  és  $K_{IV}$  rovatok egyben a reakcióban résztvevő anyagok atmoszférában kifejezett egyensúlyi parciális nyomásait is jelentik akkor, amikor az egyensúlyi rendszerben folyékony magnézium is van jelen. Ilyenkor ugyanis az egyensúlyi állandók ismeretében felírható négy egyenlet közül csak három lesz egymástól független, mert a (3) egyenlet a (2) és a (4) egyenletekkel kifejezhető.

$$K_{II} = \frac{K_I}{K_{III}^2}$$

(Ebből az összefüggésből következik, hogy a (9) egyenlet a (8)-ból úgy is származtatható lenne, hogy utóbbiból a (10) kétszeresét kivonjuk. Mivel azonban a kiinduló egyenleteket különböző irodalmi forrásokból vettem, a (9) egyenlet számtényezői ennek a követelménynek csak közelítően tesznek eleget.)

1. táblázat

	T K e l v i n f o k				
	1000	1100	1200	1300	1380
$K_I \dots\dots\dots =$	4,32.10 <sup>19</sup>	2,34.10 <sup>17</sup>	3,21.10 <sup>15</sup>	8,92.10 <sup>13</sup>	7,62.10 <sup>12</sup>
$\frac{1}{K_I} = p_{TiCl_4} \dots\dots =$	2,31.10 <sup>-20</sup>	4,27.10 <sup>-18</sup>	3,12.10 <sup>-16</sup>	1,12.10 <sup>-14</sup>	1,31.10 <sup>-15</sup>
$K_{II} \dots\dots\dots =$	4,11.10 <sup>23</sup>	1,06.10 <sup>20</sup>	1,16.10 <sup>17</sup>	3,89.10 <sup>14</sup>	7,69.10 <sup>12</sup>
$K_{III} = p_{Mg} \dots\dots =$	1,03.10 <sup>-2</sup>	4,74.10 <sup>-2</sup>	1,67.10 <sup>-1</sup>	4,82.10 <sup>-1</sup>	1
$K_{IV} = p_{MgCl_2} \dots =$	5,21.10 <sup>-4</sup>	3,12.10 <sup>-3</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	4,43.10 <sup>-2</sup>	9,98.10 <sup>-2</sup>
$\sum p_r \dots\dots\dots =$	1,082.10 <sup>-2</sup>	5,052.10 <sup>-2</sup>	1,804.10 <sup>-1</sup>	5,263.10 <sup>-1</sup>	1,1



MgCl<sub>2</sub> olvadékot tartalmazó hidraulikus zárral elzárt edénybe a levegő eltávolítása után vezessünk be  $n_{Ar}$  kgmol argon gázt. Az edényben levő olvadék felszíne 1 m<sup>2</sup>. Ha a külső és belső nyomás egyenlő és a külső nívó éppen elérte a túlfolyót, akkor az edény gázterének a folyadékzár feletti magassága 1 m, tehát a gáztér térfogata 1 m<sup>3</sup>. (1. ábra)

A rendszer hőmérséklete  $T$  K°.

Ebbe az edénybe juttassunk  $A$  kgmol,  $T$  hőmérsékletű olvadt Mg-t részletekben és  $B$  kgmol TiCl<sub>4</sub>-ot. A beadott  $B$  kgmol TiCl<sub>4</sub>-ból az egyensúlyi állapot eléréséig bizonyos mennyiség elfogy a reakció során, míg  $n_{TiCl_4}$  kgmol az egyensúlyi gázfázisban marad. A  $B/A$  viszonyt úgy válasszuk, hogy a magnézium kis fölöslegben legyen.

A hidraulikus zár jelenléte folytán a reakciós térben levő folyadékfelszín a külső és belső nyomás viszonyának megfelelően eltolódik valamelyik irányba. A reakció során keletkező termékeket a hidraulikus záron keresztül folyamatosan elvezetjük pl. közvetlenül ívfényes elektromos kemencébe, ahol a magas hőmérsékleten a MgCl<sub>2</sub> és a fölösleges magnézium elgőzölög, míg a titán megolvad. A hidraulikus zár külső oldalán uralkodó nyomást ebben az esetben az ívfényes kemence gázterének nyomása szabja meg.

Ha  $P_b > P_k$ , akkor a belső folyadéknívó addig süllyed, a külső nívó pedig — általánosságban — addig emelkedik, míg a külső nyomás és a szintkülönbségnek megfelelő folyadékoszlop nyomásának összege egyenlővé nem válik a belső nyomással. Ha a nyomás dimenziója kg/cm<sup>2</sup> és a reakciótermékek közepes fajsúlyát  $\gamma$  kg/dm<sup>3</sup>-el jelöljük, akkor a méterekben kifejezett szintkülönbséget a

$$h = \frac{10}{\gamma} (P_b - P_k) \quad (12)$$

egyenletből számíthatjuk.

Ha nyugalmi állapotban a külső nívó éppen elérte a túlfolyót, akkor a szükséges szintkülönbség csak úgy állhat elő, hogy a belső nívó leszáll.

Egyensúlyi állapotban a reagáló edény gázterének térfogata m<sup>3</sup>-ben kifejezve

$$V_e = 1 + \frac{10}{\gamma} (P_b - P_k) \quad (13)$$

képletből adódik.

A belső nyomás ( $P_b$ ) az (1) egyenlet alapján a gázkomponensek résznyomásából tevődik össze.

Az argon résznyomása az egyensúlyi állapotban

$$p_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{V_e} \frac{22,41 T}{273,1} \quad (14)$$

A  $\text{TiCl}_4$  egyensúlyi résznyomása

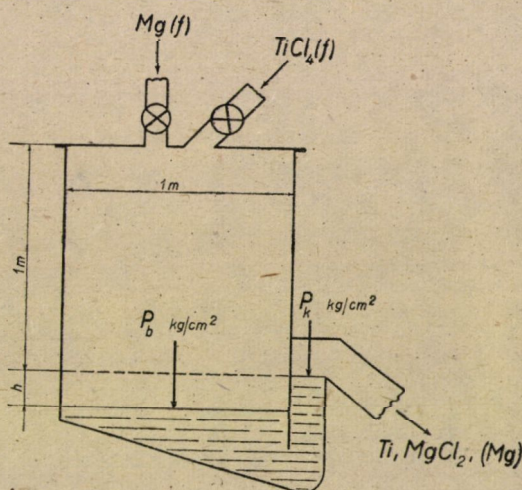
$$p_{\text{TiCl}_4} = \frac{1}{K_I} = \frac{n_{\text{TiCl}_4}}{V_e} \frac{22,41 T}{273,1} \quad (15)$$

A Mg és  $\text{MgCl}_2$  gőzök egyensúlyi résznyomását pedig a

$$p_{\text{Mg}} = K_{III} = \frac{n_{\text{Mg}}}{V_e} \frac{22,41 T}{273,1} \quad (16)$$

$$p_{\text{MgCl}_2} = K_{IV} = \frac{n_{\text{MgCl}_2}}{V_e} \frac{22,41 T}{273,1} \quad (17)$$

egyenletek határozzák meg.



1. ábra

Jelöljük a reakcióban résztvevő anyagok egyensúlyi gőznyomásainak összegét  $\Sigma p_r$ -el

$$\Sigma p_r = \frac{1}{K_I} + K_{III} + K_{IV} = f(T), \quad (18)$$

akkor

$$p_b = \frac{n_{\text{Ar}}}{V_e} \frac{22,41 T}{273,1} + \Sigma p_r \quad (19)$$

Helyettesítsük be a (19) egyenletet a (13) egyenletbe és fejezzük ki  $V_e$  értékét.

$$V_e = \frac{1}{2} + \frac{5}{\gamma} \Sigma p_r - \frac{5}{\gamma} P_k \pm \sqrt{\left( \frac{1}{2} + \frac{5}{\gamma} \Sigma p_r - \frac{5}{\gamma} P_k \right)^2 + n_{\text{Ar}} \frac{224,1 \cdot T}{273,1 \cdot \gamma}} \quad (20)$$



Adott hőmérsékleten és adott külső nyomásnál tehát

$$V_e = f(n_{Ar}). \quad (21)$$

Fejezzük ki a (15), (16) és (17) egyenletekből az egyensúlyi gázelegyenlevő molekulák számát.

$$n_{\text{TiCl}_4} = \frac{1}{K_I} \cdot \frac{273,1}{22,41 \cdot T} \cdot V_e \quad (22)$$

$$n_{\text{Mg}} = K_{\text{III}} \cdot \frac{273,1}{22,41 \cdot T} \cdot V_e \quad (23)$$

$$n_{\text{MgCl}_2} = K_{\text{IV}} \cdot \frac{273,1}{22,41 \cdot T} \cdot V_e. \quad (24)$$

Ezek az egyenletek azt fejezik ki, hogy míg az egyensúlyi rendszerben folyékony magnézium is van jelen, addig adott hőmérsékleten a reakcióban résztvevő anyagok gázfázisban maradó molekuláinak a száma a gáztér egyensúlyi térfogatától függ, viszont e molekulák számainak aránya független a térfogattól.

$$n_{\text{TiCl}_4} : n_{\text{Mg}} : n_{\text{MgCl}_2} = \frac{1}{K_I} : K_{\text{III}} : K_{\text{IV}}. \quad (25)$$

A gáztér egyensúlyi térfogatát a (21) egyenlet szerint adott külső nyomás és adott hőmérséklet esetén a gáztérben levő argonmolekulák száma határozza meg.

Ha az egyensúlyba jutott rendszer gázterének térfogatát további argonmolekulák bevezetésével megnöveljük, akkor nőnie kell az egyensúlyi gázfázisban maradó  $\text{TiCl}_4$ -,  $\text{Mg}$ -, és  $\text{MgCl}_2$ -molekulák számának. Míg azonban az utóbbi két anyag gázalakú molekuláinak utánpótlása a III. és IV. reakciók egyensúlyának jobbrtolódásával történhet a kondenzált fázisok rovására, addig a  $\text{TiCl}_4$ -molekulák szaporodása csak az I. (ill. II.) reakciók egyensúlyának balrtolódása révén következhetik be.

Az egyensúly eltolódása azt jelenti, hogy állandó hőmérsékleten megváltozik a reakcióegyenlet két oldalán feltüntetett anyagok mennyiségének a viszonya, vagy másképpen: a reakció lefolyásának teljességi foka nő vagy csökken az egyensúlyi állandó változatlansága mellett.

Ha  $n_{Ar} = \text{konst.}$  mellett megnöveljük a külső nyomást, akkor a gáztér térfogatának csökkennie kell mindaddig, míg a kompresszió folytán növekedő belső nyomás a megnövelt külső nyomással egyensúlyba nem kerül.

Adott hőmérsékleten a  $\Sigma p_r$  állandósága folytán a belső nyomás csak az argon résznyomásának emelkedése révén nőhet.

A  $\Sigma p_r$  állandóságából az következik, hogy a térfogat csökkenésével együtt a  $\text{TiCl}_4$ - és  $\text{Mg}$ -gőzmolekulák egy része reagálni, a  $\text{MgCl}_2$ -gőzmolekulák egy része pedig kondenzálódni kénytelen, vagyis valamennyi reakció egyensúlya abba az irányba tolódik el, amelyben a rendszer egyensúlyi térfogata kisebb lesz.

Végül, ha az argonmolekulák számának növelésével egyidejűleg olyan mértékben növeljük a külső nyomást is, hogy közben a gáztér térfogata változatlan maradjon, a reakciók egyensúlya független lesz a rendszerben levő argonmolekulák számától.

Összefoglalva az elmondottakat, kimondhatjuk, hogy a reakcióban részt nem vevő indifferens gáz nyomása a reakciók egyensúlyát csak közvetve befolyásolja oly módon, hogy a külső nyomással szembe működve résztvesz a rendszer egyensúlyi térfogatának meghatározásában.

A térfogatváltozás hatásának általánosított vizsgálatára a 3. pontban még visszatérek.

#### ad 2.ő

A következőkben meg kell vizsgálnunk, hogyan változik az I. (ill. II.) reakciók teljességi foka, a gázfázis egyensúlyi össznyomása és összetétele a reagáló edénybe beadott anyagmennyiség függvényében, ha a reakciótermékek elvezetésének szabályozásával biztosítjuk a gáztérfogat állandóságát.

Ha  $\frac{B}{A} < 0,5$ , vagyis a  $\text{TiCl}_4$  és a  $\text{Mg}$  adagolását úgy végezzük, hogy a magnézium feleslegben legyen, akkor a gáztérfogat állandósága folytán az egyensúlyi gázfázisban maradó  $\text{TiCl}_4$ -,  $\text{Mg}$ - és  $\text{MgCl}_2$ -molekulák száma és az egyensúlyi gázfázis össznyomása független a készülékben áthaladó anyagmennyiségektől.

A fölös magnézium nem halmozódik fel a rendszerben, hanem a reakciótermékekkel együtt a hidraulikus záron át eltávozik.

Lényegesen más a helyzet, ha a  $\text{TiCl}_4$  és  $\text{Mg}$  párhuzamos adagolását úgy végezzük, hogy a  $\text{TiCl}_4$  mindig feleslegben legyen, vagyis  $\frac{B}{A} > 0,5$ .

Ebben az esetben ugyanis az egyensúlyi rendszerben nem maradhat folyékony magnézium, mert a  $\text{TiCl}_4$  parciális nyomása nagyobb mint az I. reakció egyensúlyi állandójából számítható  $p_{\text{TiCl}_4} = \frac{1}{K_1}$  érték és ezért az I. reakció mindaddig továbbfolyik balról jobbra, míg az utolsó csepp folyékony magnézium is el nem tűnt.

A folyékony magnézium eltűnésével megszűnik az I. és III. reakciók lehetősége és megbomlik az eredeti egyensúly.

Míg az egyensúlyi rendszerben folyékony magnézium is volt jelen, a független komponensek száma  $4-1=3$ , a fázisok száma viszont 4 volt, úgyhogy a fázisszabály szerint —

$$\text{szabadságok} + \text{fázisok} = \text{komponensek} + 2$$



-- a szabadságok száma egynek adódott, vagyis a rendszer monovariáns volt. Ez annyit jelent, hogy egyetlen állapototározó (pl. a hőmérséklet) kiválasztása megszabja a rendszer többi állapototározójának egyensúlyi értékét.

A folyékony Mg eltűnése után a fázisok száma 3, és így a beálló új egyensúlyi rendszer bivariáns lesz, vagyis az egyensúlyi állapot meghatározásához két paraméter megadása szükséges.

Az adott hőmérsékleten továbbra is érvényben marad a

$$K_{II} = \frac{1}{p_{TiCl_4} \cdot p_{Mg}^2} \quad (26)$$

és a

$$K_{IV} = p_{MgCl_2} \quad (27)$$

összefüggés.

A (26) egyenlet azt fejezi ki, hogy a folyékony magnézium eltűnése után keletkező új egyensúly-rendszerben az adott hőmérsékleten a  $p_{TiCl_4}$  értéke szabadon változhatik, de a titántetraklorid-gőzök résznyomásának növekedésével a magnéziumgőzök egyensúlyi nyomásának olyan mértékben kell csökkennie, hogy a  $p_{TiCl_4} \cdot p_{Mg}^2$  szorzat értéke állandó maradjon.

E szorzat értékének állandóságából következik, hogy  $p_{Mg}$  értéke a  $p_{TiCl_4}$  értékének növekedésével állandóan csökken, de a nullát sohasem érheti el.

Ha a további adagolásnál is betartjuk a  $\frac{B}{A} > 0,5$  feltételt, akkor a főlös  $TiCl_4$  a rendszerben fel fog halmozódni és növelni fogja a  $p_{TiCl_4}$  értékét.

Ebben az esetben tehát az egyensúlyi gázfázis nyomása és összetétele a készüléken áthaladó anyagmennyiség függvényében meg fog változni.

Az egyensúlyi gázfázis nyomása a (19) egyenlet szerint adott  $n_{Ar}$ ,  $V$  és  $T$  esetén (mivel ilyenkor  $p_{Ar} = konst.$ )  $\Sigma p_r$  értékétől függ.

Azt is láttuk, hogy ha az egyensúly  $\frac{B}{A} < 0,5$  feltétel mellett jött létre, akkor  $\Sigma p_r$  értéke csak a hőmérséklettől függött és így adott hőmérsékleten ugyancsak állandónak adódott.

Ha viszont az egyensúly  $\frac{B}{A} > 0,5$  feltétel mellett következik be, akkor  $\Sigma p_r$  értéke a hőmérsékleten kívül még egy paramétertől fog függeni.

Fejezzük ki a (26) egyenletből  $p_{Mg}$  értékét

$$p_{Mg} = \sqrt{\frac{1}{K_{II} \cdot p_{TiCl_4}}}$$

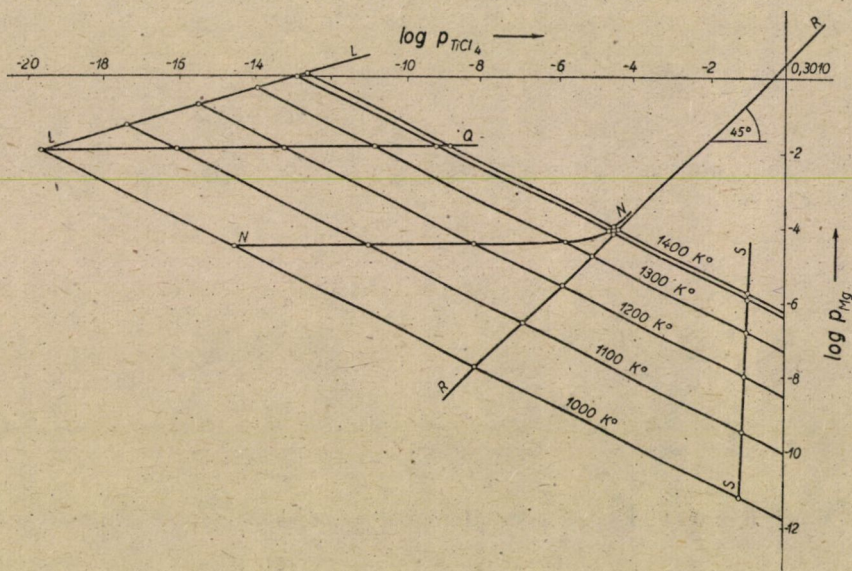
és helyettesítsük be a

$$\Sigma p_r = p_{TiCl_4} + p_{Mg} + p_{MgCl_2} \quad (29)$$

egyenletbe, ahol  $p_{\text{TlCl}_4}$  független változó és  $p_{\text{MgCl}_2} = K_{\text{IV}} = f(T)$ .

$$\sum p_r = p_{\text{TlCl}_4} + \sqrt{\frac{1}{K_{\text{II}} \cdot p_{\text{TlCl}_4}} + K_{\text{IV}}} = f(T, p_{\text{TlCl}_4}). \quad (30)$$

A  $p_{\text{TlCl}_4}$ -nek és  $p_{\text{Mg}}$ -nek a (28) egyenlet szerint különböző hőmérsékleteken összetartozó értékeit a 2. ábrán tüntettem fel.



2. ábra

Ha a tengelyekre a gőznyomások logaritmusát visszük fel, akkor a

$$\log p_{\text{Mg}} = -\frac{1}{2} \log p_{\text{TlCl}_4} - \frac{1}{2} \log K_{\text{II}} = f(T, p_{\text{TlCl}_4}) \quad (31)$$

egyenlet szerint az összefüggés lineáris lesz.

Ha az egyensúlyba jutott rendszerben folyékony magnézium nincs jelen, akkor a gőznyomások logaritmusának adott hőmérsékleten összetartozó értékei olyan egyenesen fekszenek, amelynek iránytangense

$$m = -\frac{1}{2} \quad (32)$$

$\log p_{\text{TlCl}_4} = 0$  esetén pedig az ordinátából lementszett rész nagysága

$$n = -\frac{1}{2} \log K_{\text{II}} \quad (33)$$



Mivel a hőmérséklet változása csak az állandó tagnak a nagyságát befolyásolja, következik, hogy a különböző hőmérsékletekre vonatkozó egyenesek párhuzamosan futnak egymással.

Ezt a párhuzamos egyenessereget metszi az  $L-L$  görbe, amely a gőznyomások logaritmusának összetartozó értékeit tünteti fel akkor, amikor az egyensúlyba került rendszerben a folyékony magnézium is megjelenik és így a rendszer az előbbieik alapján monovariánssá válik.

Ilyenkor ugyanis  $p_{\text{TICl}_4} = \frac{1}{K_I}$  és ezért a (31) egyenlet így módosul

$$\log p_{\text{Mg}} = -\frac{1}{2} \log \frac{1}{K_I} - \frac{1}{2} \log K_{II} = \log K_{III} = f(T). \quad (34)$$

Nézzük, hogyan változik  $\Sigma p_r$  értéke a  $p_{\text{TICl}_4}$  függvényében különböző hőmérsékleten.

A (30) egyenletből

$$\left( \frac{\partial \Sigma p_r}{\partial p_{\text{TICl}_4}} \right)_T = 1 - \frac{1}{2\sqrt{K_{II}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_{\text{TICl}_4}^3}} \quad (35)$$

és

$$\left( \frac{\partial^2 \Sigma p_r}{\partial p_{\text{TICl}_4}^2} \right)_T = \frac{1}{4\sqrt{K_{II}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_{\text{TICl}_4}^5}} \quad (36)$$

Mivel a második differenciálhányados értéke pozitív, vagyis

$$\left( \frac{\partial^2 \Sigma p_r}{\partial p_{\text{TICl}_4}^2} \right)_T > 0 \quad (37)$$

következik, hogy a  $\Sigma p_r$  függvénynek  $T = \text{konst.}$  mellett minimuma lesz  $p_{\text{TICl}_4}$ -nek annál az értékénél, amelynél az első differenciálhányados értéke nulla. Ennek az értéknek a kiszámítása végett tegyük egyenlővé a (35) egyenletet nullával.

$$1 - \frac{1}{2\sqrt{K_{II}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{p_{\text{TICl}_4}^3}} = 0. \quad (38)$$

Ebből

$$p_{\text{TICl}_4} = \sqrt[3]{\frac{1}{4 \cdot K_{II}}} \quad (39)$$

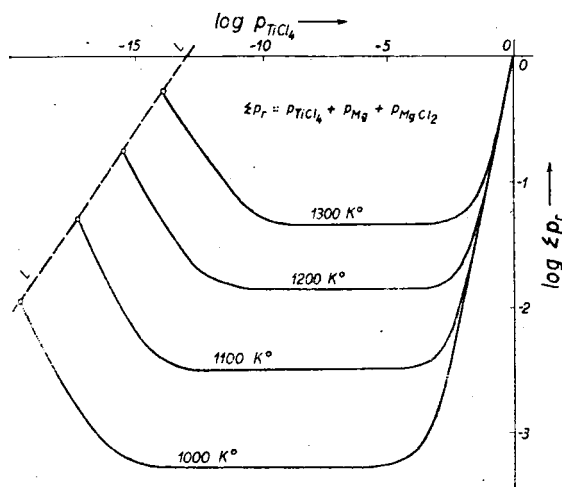
A minimális  $\Sigma p_r$ -hez tartozó  $p_{\text{TICl}_4}$  és  $p_{\text{Mg}}$  összefüggésének megállapítása végett fejezzük ki a (39) egyenletből  $K_{II}$  értékét és helyettesítsük be a (28) egyenletbe.

$$K_{II} = \frac{1}{4 \cdot p_{\text{TiCl}_4}^3} \quad (40)$$

$$p_{\text{Mg}} = \sqrt{\frac{4 \cdot p_{\text{TiCl}_4}^3}{p_{\text{TiCl}_4}}} = 2 p_{\text{TiCl}_4} \quad (41)$$

Ez azt jelenti, hogy  $\Sigma p_r$  adott hőmérsékleten akkor lesz minimális, ha a gázfázisban levő  $\text{TiCl}_4$ - és  $\text{Mg}$ -mólok aránya 1 : 2, vagyis a reakcióegyenletben feltüntetett sztöchiometriai arányoknak megfelelő.

A 2. ábra  $R-R$  egyenesének a különböző hőmérsékletekre vonatkozó párhuzamosokkal alkotott metszéspontjai azokat az egyensúlyi gőznyomás-



3. ábra

értékeket tüntetik fel, amelyek mellett az illető hőmérsékleten minimális a reakcióban résztvevő anyagok egyensúlyi parciális nyomásainak összege, ( $\Sigma p_r$ ).

A diagramm logaritmusos léptékére való tekintettel ugyanis a (41) egyenletet az alábbi alakra kell hoznunk.

$$\log p_{\text{Mg}} = \log p_{\text{TiCl}_4} + \log 2. \quad (42)$$

Ez olyan egyenesnek az egyenlete, amelynek iránytangense  $m = 1$ , tehát amely a  $\log p_{\text{TiCl}_4}$  — tengely pozitív irányával  $45^\circ$ -os szöget zár be és amely az ordinátatengelyt a koordináta-rendszer kezdőpontjától  $\log 2 = 0,3010$  távolságra metszi.

A 3. ábra  $\Sigma p_r$  értékének a változását tünteti fel  $p_{\text{TiCl}_4}$  és  $T$  függvényében.

Az  $L-L$  görbe  $p_{\text{TiCl}_4}$  és  $\Sigma p_r$  összefüggését ábrázolja akkor, amikor a rendszer a folyékony  $\text{Mg}$  megjelenése folytán monovariánssá válik.



Ebből a diagrammból látható, hogy a folyékony Mg eltűnése után a  $\text{TiCl}_4$  szaporodásával a gázfázis egyensúlyi nyomása átmenetileg csökken, majd a minimum átlépése után ismét nőni kezd.

A  $\text{TiCl}_4$  nyomásának növekedése a Mg-gőz nyomásának csökkenését vonja maga után és így egyre kevesebb lesz az egyensúlyi gázfázisban maradó Mg-mólok száma, vagyis a II. reakció teljességi foka nő.

Míg a reakciók egyensúlya állandó térfogaton az indifferens gáz nyomásától független volt, addig a reakcióban résztvevő gáz nyomásának változása az egyensúlyt is közvetlenül érinti.

ad 2.  $\beta$ .

Nézzük, hogyan változik a I. reakció teljességi foka és a gázfázis összetétele, ha 1000 K°-on egyensúlyba jutott, főlös folyékony magnéziumot is tartalmazó rendszer hőmérsékletét a térfogat állandósága mellett növeljük.

Az egyensúlyi parciális nyomásoknak a hőmérséklettel való változását az 1. táblázat tünteti fel. Az egyes gázkomponensek mólszámait a parciális nyomásokkal arányosak.

A hőmérséklet emelésének hatására az egyensúlyi gázfázis összetételében bekövetkező változás legjobban úgy szemléltethető, hogy az egyes gázkomponenseknek a magasabb hőmérsékletre érvényes mólszámait ( $n_T$ ) az 1000 K°-ra vonatkozó mólszámokhoz ( $n_0$ ) viszonyítjuk.

$$y = \frac{n_T}{n_0} = \frac{p_T}{p_{1000}} \cdot \frac{1000}{T} \quad (43)$$

A 2. táblázat a reakcióban résztvevő gázkomponensekre vonatkozó  $y$  értékek logaritmusát tünteti fel az abszolút hőmérséklet függvényében. Ennek a táblázatnak az adatai alapján szerkesztettem meg a 4. ábra görbéit.

2. táblázat

$\log y$	T K e l v i n f o k				
	1000	1100	1200	1300	1400
$\text{TiCl}_4$ .....	0	2,2250	4,0506	5,5715	6,8539
$\text{MgCl}_2$ .....	0	0,7361	1,3296	1,8152	2,2169
Mg .....	0	0,6206	1,1306	1,5559	1,9151

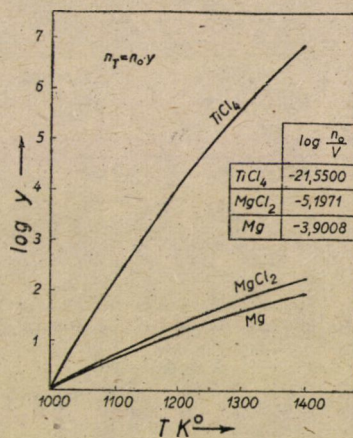
A 4. ábrából látható, hogy a hőmérséklet emelésével mindhárom reakcióban résztvevő gázkomponens mólszáma nő, de a növekedés mértéke különböző. A  $\text{TiCl}_4$ -mólok szaporodása csak a I. reakció egyensúlyának balratorodása révén következhetik be.

Ha a rendszerben argon is volt jelen, annak mólszáma természetesen változatlan marad és a hőmérséklet emelése csak az argon nyomásának megfelelő növekedését vonja maga után.

A  $TiCl_4$ - és  $Mg$ -gőzök egyensúlyi résznyomásai a hőmérséklet emelésekor a 2. ábra  $L-L$  görbéje mentén változnak, feltéve, hogy a folyékony magnézium közben el nem fogy.

ad 2.  $\gamma$ .

Vizsgáljuk meg, miképpen változik a II. reakció teljességi foka és a gázfázis összetétele, ha egy  $1000\text{ K}^\circ$ -on egyensúlyba jutott, főlös olvadt magnéziumot



4. ábra

nem tartalmazó rendszer hőmérsékletét a térfogat állandósága mellett emeljük, feltéve, hogy a kiinduló állapotban a gáztérben levő magnézium- és  $TiCl_4$ -molekulák mennyiségének aránya rendre  $\frac{a_1}{b_1} = 4,459 \cdot 10^{17}$  (ennél a határértéknél jelenik meg  $1000\text{ K}^\circ$ -on a folyékony  $Mg$  is mint önálló fázis);

$$\frac{a_2}{b_2} = 10^{10}; \quad \frac{a_3}{b_3} = 2; \quad \frac{a_4}{b_4} = 10^{-10};$$

ahol

$a = 1\text{ m}^3$  gáztérben levő  $Mg$ -mólok száma  $1000\text{ K}^\circ$ -on.

$b = 1\text{ m}^3$  gáztérben levő  $TiCl_4$ -mólok száma  $1000\text{ K}^\circ$ -on.

Az  $a$  és  $b$  közötti összefüggést az

$$a^2 b = K'_{1000} \tag{44}$$



egyenlet fejezi ki és így az  $\frac{a}{b}$  viszony megadása meghatározza egyben  $a$  és  $b$  értékeit is.

$$a = \sqrt[3]{\frac{a}{b} \cdot K'_{1000}} \quad (45)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{K'_{1000}}{\left(\frac{a}{b}\right)^2}} = \frac{a}{\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (46)$$

$$K'_T = \frac{1}{K_{II}} \left( \frac{273,1}{22,41 \cdot T} \right)^3 \quad (47)$$

Ha a rendszer hőmérsékletét  $1000 \text{ K}^\circ$ -ról  $T \text{ K}^\circ$ -ra emeljük, akkor a II. reakció egyensúlyának balrattolódása következtében  $x$  mól  $\text{TiCl}_4$  mellett  $2x$  mól  $\text{Mg}$  is keletkezik, tehát  $T \text{ K}^\circ$ -on a gázfázisban levő  $\text{Mg}$ - és  $\text{TiCl}_4$ -molekulák számának összefüggését az

$$(a + 2x)^2 (b + x) = K'_T \quad (48)$$

egyenlet tünteti fel.

A különböző hőmérsékletekre kiszámított  $\log K'_T$  értékeket a 3. táblázat foglalja össze, míg a különböző  $\frac{a}{b}$  viszonyoknak megfelelő  $a$  és  $b$  értékek logaritmusát a 4. táblázatból olvashatjuk ki.

3. táblázat

$T \text{ K}^\circ$ =	1000	1100	1200	1300	1400
$\log K'_T \dots\dots\dots =$	-29,3562	-25,8910	-23,0457	-20,6745	-18,6734

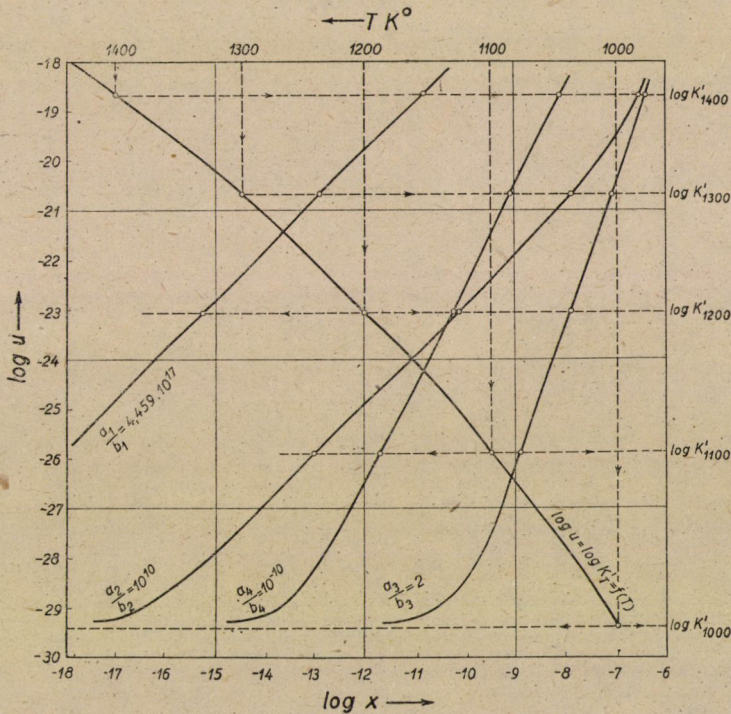
4. táblázat

$\frac{a}{b}$ =	$4,459 \cdot 10^{17}$	$10^{10}$	2	$10^{-10}$
$\log a \dots\dots\dots =$	- 3,9008	-6,4511	-9,6851	-13,1187
$\log b \dots\dots\dots =$	-21,5500	-16,4511	-9,9861	- 3,1187

A (48) egyenlet legegyszerűbben grafikusán oldható meg úgy, hogy az egyenlet baloldalát egyenlővé tesszük  $u$ -val, majd az adott  $a$  és  $b$  értékek

mellett kiszámítjuk a különböző  $x$  értékekhez tartozó  $u$  értékeket. Az így kapott eredmények alapján megszerkeszthető az  $u = f(x)$  görbe. Az egyenlet gyöke valamely  $T$  hőfokon  $x$ -nek az az értéke lesz, amelynél  $u = K_T$ .

Az egyenlet grafikus megoldását az 5. ábrán mutatom be. A különböző hőmérsékleteknek és a különböző  $\frac{a}{b}$  viszonyoknak megfelelő  $x$  értékek logaritmusai az 5. táblázatban található.



5. ábra

Az 5. táblázatból látható, hogy a hőmérséklet emelése, minden esetben  $x$  értékének növekedését és ennek következtében a II. reakció egyensúlyának balra tolódását idézi elő. Tehát a reakció teljességi foka a hőmérséklet emelésével csökken.

Az egyensúly eltolódásának mértéke az  $\frac{a}{b}$  viszony függvénye.

A hőmérséklet emelése folytán az egyensúlyi gázfázis összetételében bekövetkező változások szemléltetése végett viszonyítsuk az egyes reakcióban résztvevő gázkomponensek magasabb hőmérsékletre vonatkozó mólszámait ( $n_T$ ) az 1000 K°-on érvényes mólszámokhoz ( $n_0$ )

$$y = \frac{n_T}{n_0} \tag{49}$$



$$y_{\text{TiCl}_4} = \frac{b+x}{b} = 1 + \frac{x}{b} = f_1\left(T, \frac{a}{b}\right) \quad (50)$$

$$y_{\text{Mg}} = \frac{a+2x}{a} = 1 + \frac{2x}{a} = f_2\left(T, \frac{a}{b}\right) \quad (51)$$

$$y_{\text{MgCl}_2} = \frac{(K_{\text{IV}})_T}{(K_{\text{IV}})_{1000}} \cdot \frac{1000}{T} = f(T) \quad (52)$$

5. táblázat

T K° ↓	a/b			
	4,459·10 <sup>17</sup>	10 <sup>10</sup>	2	10 <sup>-10</sup>
1000.....	— ∞	— ∞	— ∞	— ∞
1100.....	—18,09	—13,00	—8,86	—11,70
1200.....	—15,24	—10,15	—7,88	—10,25
1300.....	—12,87	— 7,85	—7,09	— 9,08
1400.....	—10,87	— 6,55	—6,43	— 8,10

Az egyenletekbe behelyettesítendő mennyiségek összetartozó értékeit az 1., 4. és 5. táblázatokból vehetjük ki.

Az  $y$ -értékek összefüggését a 6. ábrán bemutatott térbeli diagramm tünteti fel. A térbeli diagramm mellett látható síkdiagramm a reakcióban résztvevő gázalmazállapotú anyagok mólszámait adja meg a gáztér 1 m<sup>3</sup>-ére vonatkoztatva 1000 K°-on  $\frac{a}{b}$  függvényében.

Vizsgáljuk meg, hogy a hőmérséklet emelése milyen módon változtatja meg a TiCl<sub>4</sub>- és Mg-gőzök egyensúlyi parciális nyomásainak egymáshoz való viszonyát.

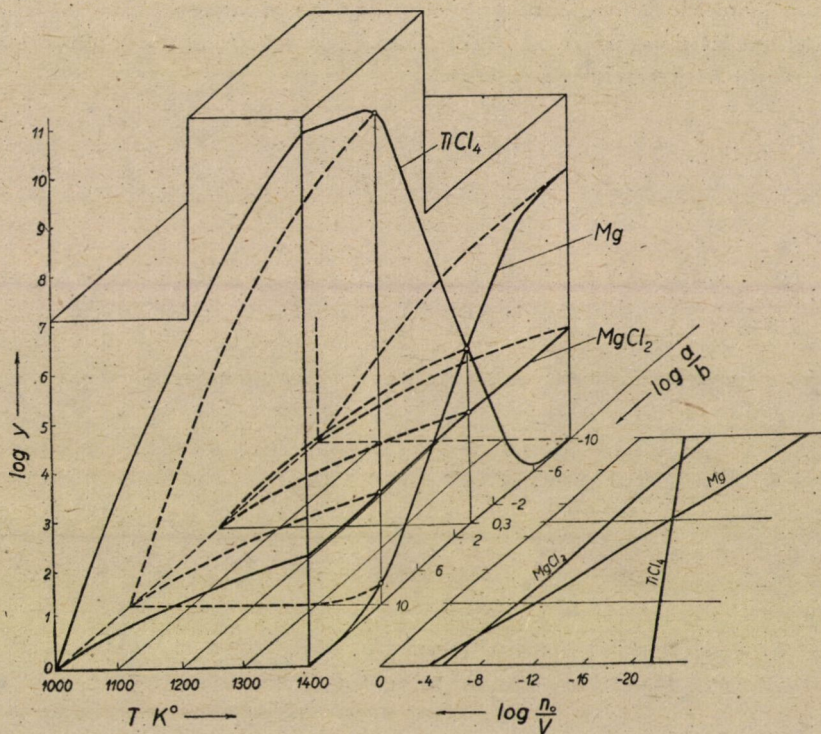
$$\begin{aligned} (p_{\text{TiCl}_4})_T &= (b+x) \frac{22,41 \cdot T}{273,1} = y_{\text{TiCl}_4} \cdot b \frac{22,41 \cdot T}{273,1} \\ &= y_{\text{TiCl}_4} \cdot \sqrt[3]{\frac{K'_{1000}}{\left(\frac{a}{b}\right)^2} \cdot \frac{22,41 \cdot T}{273,1}} = f\left(T, \frac{a}{b}\right) \end{aligned} \quad (53)$$

$$\begin{aligned} (p_{\text{Mg}})_T &= (a+2x) \frac{22,41 \cdot T}{273,1} = y_{\text{Mg}} \cdot a \frac{22,41 \cdot T}{273,1} \\ &= y_{\text{Mg}} \sqrt[3]{\frac{a}{b} \cdot K'_{1000} \cdot \frac{22,41 \cdot T}{273,1}} = f\left(T, \frac{a}{b}\right). \end{aligned} \quad (54)$$

Mivel a (44), (48), (50) és (51) egyenletekből

$$y_{Mg}^2 \cdot y_{TiCl_4} = \frac{K'_T}{K'_{1000}} = f(T) \tag{55}$$

összefüggés adódik, következik, hogy a



6. ábra

$$(p_{Mg})_T = \sqrt{\frac{1}{K_{II}(p_{TiCl_4})_T}} \tag{56}$$

összefüggés is érvényben marad.

Négy különböző  $\frac{a}{b}$  értéket alapul véve kiszámítottam az egyes hőmérsékleteken összetartozó  $p_{TiCl_4}$  és  $p_{Mg}$  értékeket és ezeknek alapján szerkesztettem meg a 2. ábra L-Q, N-N és S-S görbéit.

Ha a rendszer 1000 K°-on úgy jutott egyensúlyba, hogy a folyékony magnézium éppen elfogyott, akkor a hőmérséklet emelésekor a TiCl<sub>4</sub>- és Mg-gőzök egyensúlyi résznyomása a 2. ábra L-Q görbéje mentén változik. Ha 1000



$K^\circ$ -on  $\frac{a}{b} = 10^{10}$ , akkor az  $N-N$ , ha  $\frac{a}{b} = 2$ , akkor az  $R-R$ , végül ha  $\frac{a}{b} = 10^{-10}$ , akkor az  $S-S$  görbe mentén változik az egyensúlyi résznyomások összetartozó értéke a hőmérséklet emelésekor.

Az ábrából látható, hogy valamennyi görbe emelkedő ága az  $R-R$  egyeneshez közeledik. Az  $R-R$  egyenes közelébe érve a görbék aszimptotikusan símulnak az  $R-R$  egyeneshez.

A hőmérséklet emelése megnöveli a gázfázis nyomását, de egyben olyan eltolódást hoz létre a gázfázis összetételében, hogy az a relatív nyomásminimumnak megfelelő összetételhez közeledjék.

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \left( \frac{n_{Mg}}{n_{TiCl_4}} \right) = 2. \quad (57)$$

ad 3.

Hogyan változik a II. reakció teljességi foka és a gázfázis összetétele, ha egy  $1000 K^\circ$ -on egyensúlyba jutott, fülös, olvadt Mg-t nem tartalmazó rendszer térfogatát a hőmérséklet állandósága mellett csökkentjük. A kiinduló állapotban a gáztér  $1 m^3$ -ében foglalt magnézium- és  $TiCl_4$ -molekulák mennyiségének aránya rendre

$$\frac{a_1}{b_1} = 4,459 \cdot 10^{17}; \quad \frac{a_2}{b_2} = 10^{10}; \quad \frac{a_3}{b_3} = 2; \quad \frac{a_4}{b_4} = 10^{-10}.$$

Az  $a$ ,  $b$  és  $\frac{a}{b}$  értékek összefüggését a (44), (45), és (46) egyenletek, továbbá a 4. táblázat adatai tüntetik fel.

Ha a rendszer gáztérének térfogatát  $1 m^3$ -ről  $V m^3$ -re csökkentjük ( $V < 1$ ), akkor a II. reakció egyensúlyának jobbrtolódása folytán  $z$  kgmol  $TiCl_4$  és  $2z$  kgmol Mg-gőz eltűnik a gázfázisból.

$V$  térfogaton tehát a gázfázisban maradó mólok száma

$$(n_{TiCl_4})_V = b - z = w_{TiCl_4} \cdot b \quad (58)$$

$$(n_{Mg})_V = a - 2z = w_{Mg} \cdot a, \quad (59)$$

ahol  $w$  értéke 1-től nulláig változik a térfogat csökkentésekor. A hőmérséklet állandósága folytán a térfogat csökkentése nem változtatja meg a  $p_{TiCl_4} \cdot p_{Mg}^2$  szorzat értékét, tehát

$$\frac{1}{K_{II}} = (p_{TiCl_4})_I (p_{Mg}^2)_I = (p_{TiCl_4})_V (p_{Mg}^2)_V. \quad (60)$$

Mivel

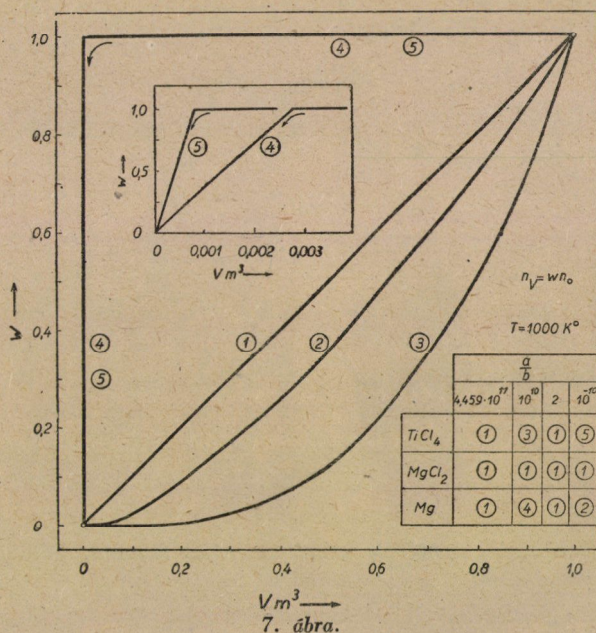
$$p = n \frac{22,41 \cdot T}{273,1} \frac{1}{V} \quad (61)$$

következik, hogy

$$(a - 2z)^2 (b - z) \left( \frac{22,41 \cdot 1000}{273,1} \right)^3 \frac{1}{V^3} = \frac{1}{(K_{II})_{1000}} \quad (62)$$

A (47) egyenlet figyelembevételével

$$V = \sqrt[3]{\frac{(a - 2z)^2 (b - z)}{K'_{1000}}} \quad (63)$$



Adott  $a$  és  $b$  értékek mellett kiszámítottam a különböző  $z$  értékhez tartozó  $V$  értékeket, majd az (58) és (59) egyenletek figyelembevételével megszerkesztettem a  $w = f(V)$  függvény ábráját. (7. ábra).

Ha a hőmérséklet adottsága egyben meghatározza az egyes gázkomponensek egyensúlyi résznyomását, akkor  $w$  lineárisan változik a térfogattal. Ha pl. a térfogatot az eredeti térfogat felére csökkentjük, akkor az egyensúlyban résztvevő gázkomponensek mólszámának is a kezdeti mólszámok felére kell lecsökkennie.

A 7. ábra ① egyenese tehát mindhárom reakcióban résztvevő gázkomponensre vonatkozik akkor, amikor a rendszerben folyékony Mg is van jelen, vagy ha a gázfázisban levő Mg-mólok és TiCl<sub>4</sub>-mólok viszonya kiinduló állapotban 2 : 1 volt, ( $\frac{a}{b} = 2$ ), és végül abban a tisztán elméleti szempontból figyelemre méltó esetben, ha az egyensúlyi rendszerben folyékony TiCl<sub>4</sub> is van.



A második esetben ugyanis  $\Sigma p_r$  relatív minimuma miatt a rendszer úgy viselkedik, mintha monovariáns lenne, mert egyetlen állapothatározó meghatározza a többi állapothatározó egyensúlyi értékét.

Ezt a rendszert tehát kriptobivariáns névvel lehetne jellemezni.

A  $p_{\text{TiCl}_4}$  és  $p_{\text{Mg}}$  a fenti három esetben független lesz a térfogattól és összetartozó értékeiket az első két esetben a 2. ábra 1000 K°-os izotermájának az  $L-L$  görbével, illetőleg az  $R-R$  egyenessel alkotott metszéspontja tünteti fel.

Mivel a rendszerben az  $\frac{a}{b}$  viszonytól függetlenül mindig van jelen folyékony  $\text{MgCl}_2$ , következik, hogy az (5) egyenlet szerint a hőmérséklet megszabja  $p_{\text{MgCl}_2}$  egyensúlyi értékét. Ennélfogva tehát a gázfázis  $\text{MgCl}_2$ -móljainak a térfogattal való változását feltüntető  $w_{\text{MgCl}_2}$  értéke minden  $\frac{a}{b}$  érték mellett a 7. ábra  $\textcircled{D}$  egyenese mentén változik.

Ha a kiinduló állapotban  $\frac{a}{b} = 10^{10}$  volt, akkor a térfogat csökkentésekor a  $w_{\text{TiCl}_4}$  a 7. ábra  $\textcircled{D}$  görbéje szerint, a  $w_{\text{Mg}}$  viszont a  $\textcircled{D}$  görbe szerint változik.

Ilyenkor ugyanis a gázfázisban a Mg akkora feleslegben van a  $\text{TiCl}_4$ -hez képest, hogy a reakcióban elfogyó Mg mennyisége elenyészően kevés az eredetileg jelenlevő Mg mennyiségéhez viszonyítva. A térfogat csökkentése tehát a  $\text{TiCl}_4$  egyensúlyi nyomásának egyidejű csökkenése mellett a Mg egyensúlyi nyomásának növekedését vonja maga után mindaddig, míg  $p_{\text{Mg}}$  értéke el nem éri  $K_{\text{III}}$  értékét, a folyékony Mg megjelenésének határát.

Innen kezdve a gázfázisban levő Mg- és  $\text{TiCl}_4$ -mólok száma arányosan csökken a térfogattal, az egyensúlyi parciális nyomások pedig változatlanok maradnak.

A  $p_{\text{TiCl}_4}$  és  $p_{\text{Mg}}$  összetartozó értéke tehát ebben az esetben a térfogat csökkentésekor a 2. ábra 1000 K°-os izotermája mentén változik, míg az  $L-L$  görbével való metszéspontot el nem éri.

A 7. ábra  $\textcircled{D}$  görbéjének a törése annál a  $V$  értéknél következik be, amely-nél a folyékony Mg önálló fázisként megjelenik.

$$V = a_2 \cdot \frac{1}{(K_{\text{III}})_{1000}} \cdot \frac{22,41 \cdot 1000}{273,1} = \sim 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3. \quad (64)$$

Ha viszont a kiinduló állapotban  $\frac{a}{b} = 10^{-10}$  volt, akkor a térfogat csökkentésekor a  $w_{\text{TiCl}_4}$  a 7. ábra  $\textcircled{D}$  görbéje szerint, a  $w_{\text{Mg}}$  pedig a  $\textcircled{D}$  görbe mentén változik.

Ebben az esetben a gázfázisban a  $\text{TiCl}_4$  van a Mg-hoz képest igen nagy fölöslegben, úgyhogy a térfogatcsökkenés során a reakcióban elfogyó  $\text{TiCl}_4$  mennyisége elhanyagolható a  $\text{TiCl}_4$  eredeti mennyiségéhez képest.

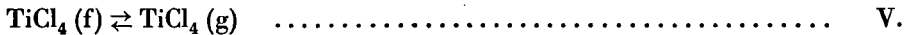
A térfogat csökkentése tehát a Mg egyensúlyi nyomásának egyidejű csökkenése mellett a  $\text{TiCl}_4$  egyensúlyi nyomásának növekedését vonja maga

után mindaddig, míg a rendszerben meg nem jelenik önálló fázisként a folyékony  $TiCl_4$ .

A folyékony  $TiCl_4$  megjelenésével a rendszer monovariánssá válik és a kompresszió további növelésekor mindhárom reakcióban résztvevő komponens gázalakú móljainak a száma lineárisan csökken a térfogattal  $\sum p_r$  állandósága mellett.

A 7. ábra  $\odot$  görbéje annál a  $V$  értéknél törik meg, amelynél a folyékony  $TiCl_4$  megjelenése bekövetkezik.

Irodalmi adatok szerint a



reakció termodinamikai normálpotenciáljának a hőmérséklettől való függését a

$$\Delta G_T^\circ = 13\,050 + 26,5 T \log T - 101,1 T \quad (65)$$

egyenlet fejezi ki.

A (7) egyenlet figyelembevételével az V. reakció egyensúlyi állandója 1000 K°-on.

$$(K_V)_{1000} = (p_{TiCl_4})_{f \rightarrow g} = 74,56 \text{ atm.} \quad (66)$$

A térfogatnak a keresett értéke tehát

$$V = b_4 \frac{1}{(K_V)_{1000}} \frac{22,41 \cdot 1000}{273,1} = \sim 8,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3. \quad (67)$$

Összefoglalva eredményeinket megállapíthatjuk, hogy a térfogat csökkentése minden esetben növeli az I. és II. reakciók teljességi fokát. Ha az egyensúlyi rendszerben folyékony Mg, vagy folyékony  $TiCl_4$  is van jelen, vagy pedig ezek hiányában a gázfázisban levő Mg- és  $TiCl_4$ -mólok aránya 2 : 1, akkor a térfogat csökkentésekor valamennyi reakcióban résztvevő komponens gázalakú móljainak száma lineárisan csökken a térfogattal, de a molekulák számának aránya nem változik.

A térfogat csökkentése minden más esetben megváltoztatja a gázfázis reakcióban résztvevő komponenseinek arányát. Ez a változás olyan természetű, hogy annak a komponensnek a túlsúlyát növeli, amelyik a kiinduló állapotban a sztöchiometriai arányhoz képest eredetileg is túlsúlyban volt.

**ad 4.**

Eddigi megfontolásaink alapján most már arra is választ tudunk adni, miképen alakulnak az egyensúlyi viszonyok, ha a zárt reakciós térből nem vezetjük el folyamatosan a keletkező termékeket, vagyis ha a titán redukcióját szakaszos üzemben végezzük.

Ha kiinduláskor a teret bizonyos nyomású argongázzal töltjük meg, majd részletekben  $A$  kgmol magnéziumot és  $B$  kgmol titántetrakloridot jut-



tatunk bele, úgy hogy a magnézium mindig fölöslegben legyen, a keletkező folyékony  $MgCl_2$  és a benne finoman eloszlott szilárd titán szaporodásával arányosan csökken a gáztér térfogata. Ennek a térfogatcsökkenésnek a nyomán megnő az argon résznyomása. A  $TiCl_4$ -,  $Mg$ - és  $MgCl_2$ -gőzök egyensúlyi résznyomását az egyensúlyi állandó révén a hőmérséklet szabja meg és így a csökkenő térfogattal csökkeni fog a gázfázisban levő molekulák száma, vagyis a I. reakció teljességi foka nő. Az argon résznyomásának növekedése növelni fogja a belső nyomást is és így minél inkább megtelik az edény, annál nagyobb külső nyomásra lesz szükség a magnéziumolvadék és a  $TiCl_4$  bepréseléséhez.

Ha a reagáló edénybe argont nem adunk, és a levegőt vákuum alkalmazásával távolítjuk el, akkor az első adag magnézium bejuttatása után a gáztér magnéziumgőzök fogják megtölteni. Világos, hogy az elérhető legkisebb nyomást a magnéziumnak az illető hőmérsékletre érvényes gőznyomása határozza meg, mert ezen a nyomáson a magnézium forrásba jön és a gáztérből elszívott gőzmennyiség a folyékony fázis rovására azonnal pótlódik. Ha a szívás beszüntetése után megkezdjük a  $TiCl_4$  adagolását, akkor a  $TiCl_4$  első részletének beadása után már megjelenik az egyensúlyi gázfázisban a  $TiCl_4$  és  $MgCl_2$  gőze is. Mivel a reakcióban résztvevő anyagok gőzének egyensúlyi résznyomását a hőmérséklet megszabja és ebben az esetben a belső nyomás csak ezekből tevődik össze, következik, hogy a reakciótermékek szaporodása folytán bekövetkező térfogatcsökkenés nem növeli meg az egyensúlyi belső nyomást.

Ha tehát a  $TiCl_4$  és a  $Mg$ -olvadék bepréselésére alkalmazott nyomás csak differenciális mennyiséggel lesz nagyobb, mint a gőznyomások összegéből adódó belső nyomás, a reakciónak elméletileg mennie kell mindaddig, míg az edény a reakciótermékekkel teljesen meg nem telt.

Az 1. táblázat adatai világos képet adnak  $\sum p_r$ -nek a hőmérséklettel való változásáról. Ezek az értékek azt mutatják, hogy a I. reakció teljességi foka nagyon kis nyomásoknál is 100%-ig növelhető, ha a reagáltatást a gáztér térfogatának egyidejű csökkentése mellett folytatjuk le.

Ha az evakuálást a reakció alatt is tovább folytatjuk, akkor a gáztérbe jutott molekulák folyamatos eltávolításával olyan hatást váltunk ki, mintha a gáztér térfogatát állandóan növelnénk, tehát az egyensúlyoknak a térfogatnövekedés irányába kell eltolódnok.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

1. Míg az egyensúlyi rendszerben folyékony  $Mg$  is van jelen, a reakcióban résztvevő anyagok egyensúlyi résznyomását a hőmérséklet egyértelműen meghatározza.

A hőmérséklet megszabta [ $p_{TiCl_4}$ ,  $p_{Mg}$  és  $p_{MgCl_2}$ ] egyensúlyi résznyomások létrehozása és fenntartása végett bizonyos számú  $TiCl_4(g)$ -,  $Mg(g)$ - és  $MgCl_2(g)$ -molekulának a gáztérben kell maradnia függetlenül attól, hogy az egyensúly előzetesen evakuált térben, vagy indifferens gáz jelenlétében következett be.

E molekulák száma adott hőmérsékleten csak a gáztér térfogatától függ.

Az indifferens gáz nyomása a reakciók egyensúlyát csak közvetve befolyásolhatja avval, hogy a külső nyomással szembe működve résztvesz a rendszer egyensúlyi térfogatának meghatározásában.

2. Ha az egyensúlyi rendszerben sem folyékony Mg, sem folyékony  $TiCl_4$  nincs jelen, akkor a rendszer bivariáns. A hőmérséklet megadása  $p_{MgCl_2}$  mellett csak a  $p_{TiCl_4}$   $p^2_{Mg}$  szorzat értékét határozza meg.

A reakcióban résztvevő anyagok egyensúlyi gőznyomásainak összege ( $\Sigma p_r$ ) a hőmérséklet emelésével nő, de minden hőmérsékleten relatív minimumot ér el, ha

$$\frac{p_{Mg}}{p_{TiCl_4}} = 2$$

3. A hőmérséklet emelése minden esetben olyan irányban változtatja meg az egyensúlyi gázfázis összetételét, hogy az a relatív nyomásminimumnak megfelelő összetételhez közeledjék.

A hőmérséklet emelése állandó térfogaton csökkenti az I. és II. reakció teljességi fokát.

4. A térfogat csökkentése minden esetben növeli az I. és II. reakció teljességi fokát.

5. A térfogat csökkentése nem változtatja meg az egyensúlyi gázfázis reakcióban résztvevő komponenseinek arányát, ha a rendszer monovariáns, továbbá akkor sem, ha a bivariáns rendszer gázfázisa a relatív nyomásminimumnak megfelelő összetétellel rendelkezik. ( $n_{Mg} = 2n_{TiCl_4}$ )

6. A térfogat csökkentése minden más esetben megváltoztatja az egyensúlyi gázfázisban levő Mg- és  $TiCl_4$ -mólok arányát, annak a komponensnek a javára, amelyik a sztöchiometriai arányhoz képest eredetileg is túlsúlyban volt.

#### IRODALOM

1. M. H. Karapetyanc: Kémiai termodinamika.
2. U. S. Bureau of Mines, Bulletin 383.
3. Herbert H. Kellog: Thermodynamic Relationships in Chlorine Metallurgy. (Journal of Metals 1950. Jun.)
4. F. Vogel: Titan, seine metallurgische und chemische Darstellung.
5. W. Baukloh: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Metallurgie.





# HAJLÍTÁSRA ES NYOMÁSRA EGYIDEJŰLEG TERHELT FASZEKRÉNYTARTÓK MÉRETEZÉSE

ÓRY HUBA

Beérkezett 1951 november 20-án

A fának mint építőanyagának a repülőgépiparban, különösen a vitorlázógépek, kisebb gépek és egyéb motorosgépek prototípusainak gyártásánál még napjainkban is igen nagy jelentősége van, egyrészt könnyű súlya, másrészt egyszerű kisipari megmunkálhatósága folytán. A könnyű építésnek a kis fajlagos súlyon kívül egyik igen fontos feltétele, a lehetőleg pontosabb szilárdsági számítás is. A fatartók pontos méretezése elé sokáig gördített akadályt az a körülmény, hogy a fa húzásra és nyomásra különbözően viselkedik. (1. ábra) Húzásra a fa csaknem egészen törésig követi a Hooke-törvényt, nyomásra azonban a húzó törőszilárdságnál lényegesen kisebb érték körül megy tönkre és közben nagymértékű képlékeny alakváltozást szenved. Ez a szálak egyedenkénti kihajlására vezethető vissza.

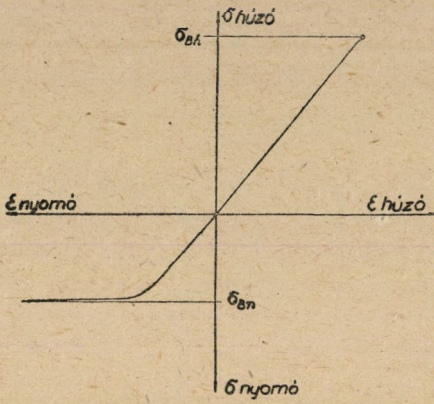
*Newlin* és *Trayer* [2] már az 1920-as években nagyszámú kísérletet végeztek, kísérleteiket gyakorlati diagrammba foglalták és hosszú ideig a méretezés ezen diagrammok felhasználásával történt.

*W. Prager* [1] felvetette azt a gondolatot, hogy a fa-szekrénytartót az újabban mind nagyobb teret hódító plasztikus elmélet alapján méretezzék. Idealizálva a fa húzó-nyomó feszültség-nyúlás diagrammját, egyszerű összefüggést vezetett le a tartóméreték és anyagjellemzők, valamint a törés pillanatában fennálló belső erők nyomatóka között, ha a tartó terhelése tiszta hajlítás. Az így levezetett összefüggés a kísérleti eredményekkel igen jó egyezést mutatott.

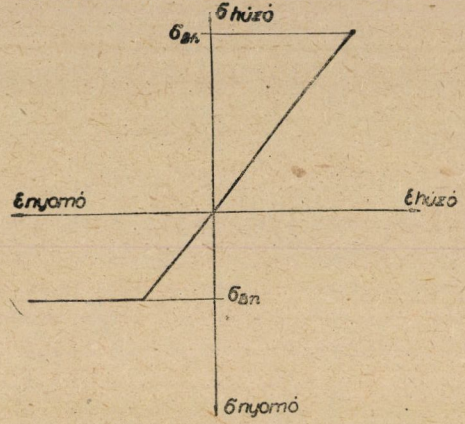
Húzott dúccal merevített szárnyszerkezetek főtartójának terhelése egyidejűleg keletkező nyomás és hajlítás. Erre a terhelésre, amely az irodalomban kihajlító hajlítás néven ismeretes, a keletkező nyomatók megállapítása a Müller-Breslau-féle eljárásból [4] ismert differenciálegyenlet megoldása révén, a teherbírás meghatározása pedig a Forest Products Laboratory [5] kísérleti görbéi alapján történt. A nyomatók megállapítására vonatkozó differenciálegyenlet csak az anyag rugalmas viselkedéséig érvényes, az említett kísérleti görbék meghatározása pedig nélkülözi a mechanikai alapot. Jelen tanulmány célja, hogy a Prager felvetette elv alapján meghatározza az egyidejű nyomásra és hajlításra terhelt fa szekrénytartó teherbírását, másrészt pedig következtet a tartó alakváltozására akkor, amikor a faanyag nyomásra már nem viselkedik rugalmasan.



E célból ismertetjük a Prager javasolta módszert. Prager a fa feszültség diagrammját idealizálta, azt egyenesekkel közelítve meg. (2. ábra). Ha feltételezzük, hogy a hajlításra terhelt tartó keresztmetszetei a terhelés folyamán síkok maradnak, úgy a törés pillanatában a kétövű fa szekrénytartó kereszt-

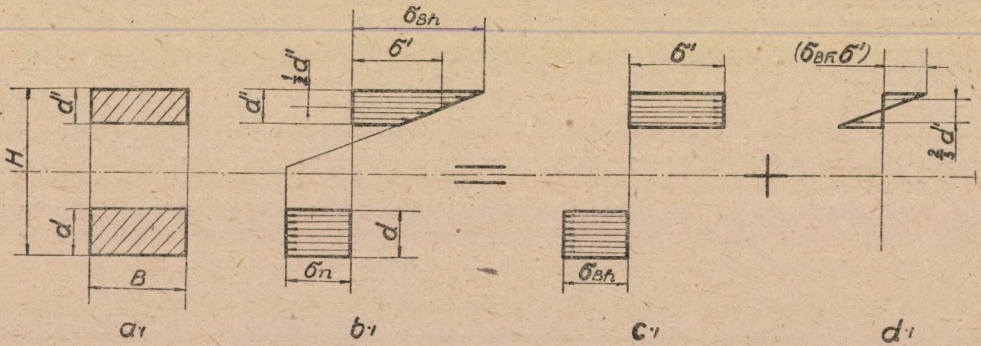


1. ábra



2. ábra

metszete mentén keletkező feszültségek megoszlása afeszültség-nyúlás diagrammhoz hasonló. (3. ábra). Amint az ábrán látható, a tartó öveinek vastagsága általában különbözik, súlycsökkentés céljából célszerűbb a nyomott övet vas-



3. ábra

tagabbra választani. Az ábra jelölései szerint  $H$  a keresztmetszet magassága,  $B$  a szélessége,  $d$  a nyomott,  $d'$  a húzott öv vastagsága ( $\sigma_{Bh}$ ) a húzó, ( $\sigma_{Bn}$ ) a nyomó szilárdság. Mint látjuk, Prager feltételezi, hogy a törés pillanatában a húzott szélő szálban a húzó szilárdság értéke fennáll. Mivel a tartó tiszta hajlításra van terhelve, a húzó és nyomófeszültségeknek a keresztmetszetre merőleges irányú eredője zérus, azaz

$$Bd'\sigma' = Bd\sigma_{Bn}, \quad \text{ebből} \quad \frac{d'}{d}\sigma' = \sigma_{Bn}$$

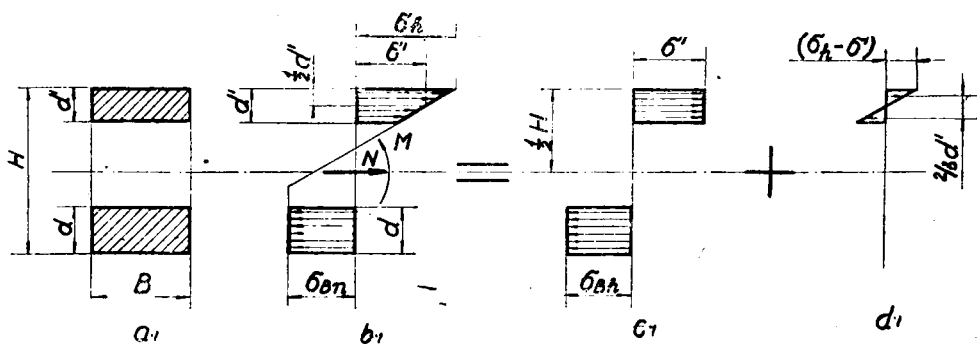
A feszültségnek a 3/b. ábrán feltüntetett eloszlását két részre bonthatjuk fel, a 3/c és 3/d ábrán vázoltak szerint. A belső erők eredő erőpárját, mely a törő nyomatékot adja, a két részmegoszlásból összetéve állíthatjuk elő

$$M_B = Bd\sigma_{Bn} \left( H - \frac{d}{2} - \frac{d'}{2} \right) + B\frac{d'}{2} \frac{1}{2} \left( \sigma_{Bh} - \frac{d}{d'}\sigma_{Bn} \right) \frac{2}{3} d'$$

ahol ( $M_B$ ) a tartó teherbírása. Prager dimenzió nélküli kifejezést vezetett be

$$Z = \frac{M_B}{BH^2} = 3 \frac{d}{H} \left( 2 - \frac{d}{H} - \frac{d'}{H} \right) + \left( \frac{\sigma_{Bh}}{\sigma_{Bn}} - \frac{d/H}{d'/H} \right) \left( \frac{d'}{H} \right)^2. \quad (1)$$

Tiszta hajlításnál a képlet igen jó eredményt ad.



4. ábra

Ha a tartó terhelése egyidejűleg ható nyomóerő és hajlító nyomaték, akkor a külső erők nyomatékát a tartómagasság felezőpontjára vonatkoztatjuk. A kísérletek tanúsága szerint, ha a tartó egyidejűleg nyomva is van, igen sokszor a tartó teherviselőképességének megszűnése a nyomott öv törése miatt következik be, anélkül, hogy a húzott öv elszakadna. Nincs okunk feltételezni tehát hogy a húzott övben keletkező ( $\sigma_h$ ) feszültség azonos a ( $\sigma_{Bh}$ ) húzó szilárdsággal. Ennek értelmében rajzoltuk meg a 4. ábrát.

A tartókeresztmetszetre ható belső erők a tartót terhelő külső erőkkel vannak egyensúlyban. A keresztmetszetre ható külső és belső erők egyenlőségéből

$$\sigma_{Bn} Bd - \sigma' d' B = N = B(d + d') \sigma_N$$

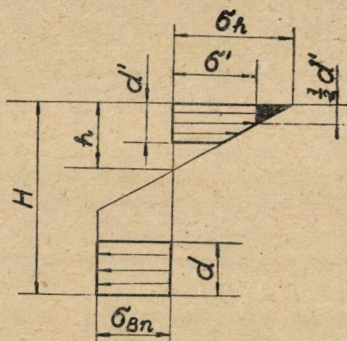


ahol ( $\sigma'$ ) a húzott öv középvonalán jelenlévő feszültség, ( $\sigma_N$ ) pedig a csak nyomásból eredő feszültség. Innen

$$\sigma' = \sigma_{Bn} \frac{d}{d'} - \sigma_N \left(1 + \frac{d}{d'}\right).$$

Tervezésnél a tartókeresztmetszet körvonala a ( $B$  és  $H$ ) adott, az övvastagságok még meghatározandók, ( $\sigma_N$ ) értékét tehát előre nem ismerjük. Célszerű bevezetni az alábbi — nyomásra jellemző — viszonzszámot

$$\varphi = \frac{N}{BH \cdot \sigma_{Bn}};$$



5. ábra

ha ezenkívül

$$k = \frac{d}{d'}$$

jelölést vezetjük be akkor:

$$\frac{\sigma_N}{\sigma_{Bn}} = \frac{N}{B(d+d')\sigma_{Bn}} = \frac{\varphi}{(1+k)d'/H}, \text{ azaz } \frac{\sigma'}{\sigma_{Bn}} = k - \frac{\varphi}{d'/H}.$$

A külső és belső erők nyomatéki egyensúlyát a tartó keresztmetszetének középpontjára írjuk fel, újra két részre bontva a feszültségeloszlást

$$Z = \frac{M_B}{\frac{BH^2}{6}\sigma_{Bn}} = 3k \frac{d'}{H} \left[ 2 - \frac{d'}{H} (1+k) - \frac{\varphi}{k} \left( \frac{1}{d'/H} - 1 \right) \right] + \left[ \frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}} - k + \frac{\varphi}{d'/H} \right] \left( \frac{d'}{H} \right)^2. \quad (2)$$

Ha a 2. képletbe  $\sigma_h/\sigma_{Bn}$  helyébe azt az értéket tesszük, mely a nyomott öv szélső szálának töréséhez tartozik, a törést okozó nyomatékot kapjuk. Feltehető, hogy a nyomott öv szélső szála akkor törik el, ha eléri a töréshez tartozó

nyúlás értékét. E célból fejezzük ki az összefüggést a nyomott öv szélső szálának nyúlása, valamint a húzott öv szélső szálában jelenlevő feszültség között.

A  $\sigma = 0$  vonal távolságát ( $h$ ) a húzott szélső száltól az 5. ábra szerint a geometriai hasonlóság alapján határozhatjuk meg.

$$\frac{\sigma_h}{h} = \frac{\sigma_h - \sigma'}{d'/2}$$

és ebből

$$\frac{h}{H} = \frac{1}{2} \frac{d'}{H} \frac{\sigma_h / \sigma_{Bn}}{\sigma_h / \sigma_{Bn} - k + \frac{\varphi}{d'/H}} \quad (3)$$

A húzott szélső szál nyúlása

$$\varepsilon_{\text{húzott}} = \frac{\sigma_h}{E_h}$$

és a nyomott szélső szálé, ha a keresztmetszet sík marad

$$\varepsilon_{\text{nyomott}} = \frac{\sigma_h}{E_h} \frac{H-h}{h},$$

mert a keresztmetszet a ( $\sigma = 0$ ) vonal körül fordul el.

Az anyag jellemzőitől független dimenziómentes tényezőt vezetve be, a nyomott szélső szál törési nyúlására (3) figyelembevételével kapjuk:

$$\frac{\varepsilon_{nB}}{\sigma_{Bn}/E_h} = \frac{\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{d'}{H}\right) - k + \frac{\varphi}{d'/H}}{\frac{1}{2} \frac{d'}{H}} = c. \quad (4)$$

Megjegyezzük, hogy a kísérletek szerint  $c$  értéke 2 és 3 között van. A (4) képletből kifejezhetjük  $(\sigma_h / \sigma_{Bn})$  azon értékét, amely a nyomott öv szélső szálának töréséhez tartozik

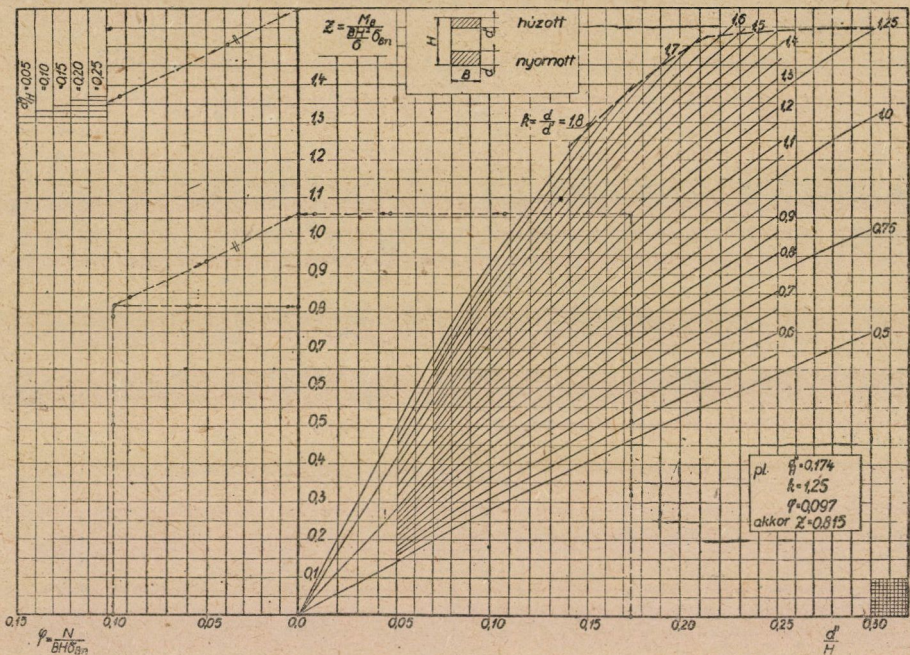
$$\left(\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}}\right)_{\text{törés}} = \frac{0,5c \frac{d'}{H} + k - \frac{\varphi}{d'/H}}{1 - \frac{1}{2} \frac{d'}{H}} \quad (5)$$

$\left(\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}}\right)_{\text{törés}}$  (5) szerinti értékét (2)-be behelyettesítve rendezés után nyerjük



az alábbi kifejezést:

$$Z = \frac{M_B}{\frac{BH^2}{6} \sigma_{Bn}} = \frac{(4k + 3k^2 + c) \left(\frac{d'}{H}\right)^3 - (12k + 6k^2) \left(\frac{d'}{H}\right)^2 + 12k \left(\frac{d'}{H}\right)}{2 - \frac{d'}{H}} \cdot \frac{4 \left(\frac{d'}{H}\right)^2 - 9 \frac{d'}{H} + 6}{2 - \frac{d'}{H}} \varphi. \quad (6)$$



6. ábra

A képlet szerint, tekintetbevéve, hogy  $d'/H < 0,5$ ;  $c$  értékének a törési teherbíráshoz alig van befolyása. Látható továbbá, hogy a teherbírás a nyomóerő függvényében lineárisan csökken, azaz

$$Z = Z_{(\varphi=0)} - \alpha \cdot \varphi.$$

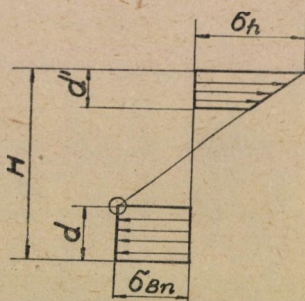
$\alpha$  értéke csak  $\left(\frac{d'}{H}\right)$ -tól függ,  $k$ -tól független.  $\alpha$  értékeit az 1. táblázat mutatja.



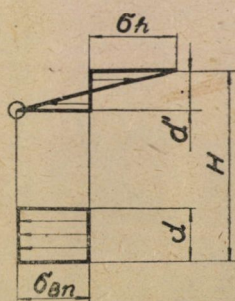
I. táblázat.

$d'/H$	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
$\alpha$	2,29	2,42	2,56	2,70	2,85

A 6. ábrán diagrammba foglaltuk a (6) képletet,  $c = 2,7$  értékkel. A diagramm használatát az ábrán feltüntetett számpélda magyarázza. Amennyiben  $\varphi$  és  $Z$  ismeretében  $\left(\frac{d'}{H}\right)$  és  $k$  értékeit keressük, egy közepes  $\alpha$  hajlás felvételével közelítő tartóméreteket határozunk meg, melyet már a feltüntetett módon pontosan ellenőrizhetünk. Tiszta hajlításnál a diagramm alig mutat eltérést Prager görbéitől.



7. ábra



8. ábra

A képlet elméletileg addig érvényes, míg a feltételezett feszültségeloszlás meg van, akkor, amikor a nyomott öv szélső szála eléri a törési nyúlást. Így három elméleti érvényességi határt körvonalazhatunk.

I. A nyomófeszültség megoszlásának töréspontja eléri a »nyomott« öv belső szélét. (7. ábra).

II. A nyomófeszültség megoszlásának töréspontja eléri a »húzott« öv belső szélét (8. ábra)

III. A húzott öv szélső szála elszakad, mielőtt a nyomott öv szélső szála elérné a törési nyúlást.

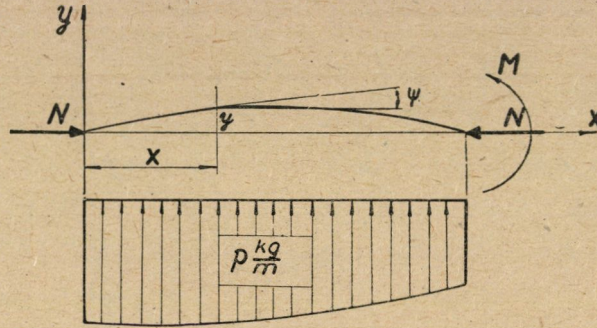
A (6) képlet a diagrammon szaggatott vonallal berajzolt határon belül gyakorlatilag érvényes, ha

$$\frac{\sigma_{Bh}}{\sigma_{Bn}} \leq 2.$$

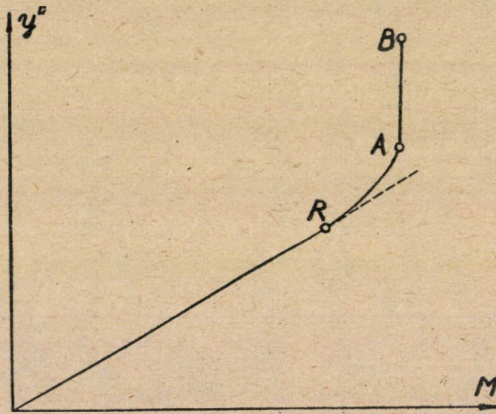
Miután a tartó teherbírását meghatároztuk, foglalkoznunk kell a nyomásra és hajlításra terhelt tartó eredő nyomatéki ábrájának megállapításával. A hajlító



nyomatékok hatására lehajlott tartó középvonalára a nyomóerő járulékos hajlító nyomatékot gyakorol, s így további lehajlást okoz. (9. ábra). A végleges hajlítónyomaték meghatározásához tehát a tartó deformációját ismerni kell. Ha a tartó teherbírását keressük, a deformációt a rugalmas szakaszon túlfekvő



9. ábra



10. ábra

törés pillanatában kell kiszámítani. Mivel a lehajlás számításánál általában kis szögekről van szó, a tartókeresztmetszet szögelfordulása :

$$\psi \cong \operatorname{tg} \psi = \frac{dy}{dx} = y'$$

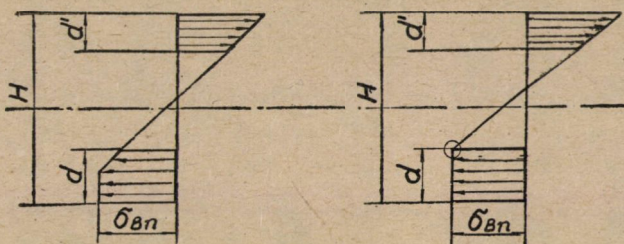
A lehajlás második deriváltja pedig :

$$y'' = \frac{d\psi}{dx}$$

a fajlagos szögelfordulással egyenlő.



A terhelés függvényében a fa szekrénytartó keresztmetszet fajlagos szögelfordulásának változását a 10. ábra mutatja. Amíg a nyomott öv szélső szálában ébredő feszültség nem éri el a nyomószilárdság értékét, a fajlagos szögelfordulás arányos a nyomatékkal. Az »R« pontban a nyomott öv szélső szálában éppen ( $\sigma_{Bn}$ ) a feszültség. Ha a nyomatékot tovább növeljük, a nyomófeszültségek megoszlásának töréspontja a nyomott övön belül esik. (11. ábra). A fajlagos szögelfordulás ekkor a rugalmasnál már nagyobb. Az »A« pontban a nyomófeszültségek megoszlásának töréspontja eléri a nyomott öv belső szélét. (12. ábra). Innen kezdve a nyomaték igen kismértékű növelésének a tartó nagymértékű



11. ábra

12. ábra

deformációja felel meg. Bebizonyítható, hogy itt a fajlagos szögelfordulás és a nyomaték közötti összefüggés lineáris. Amíg a tartó terhelése az »R« pontnak megfelelő terhelésnél kisebb, a fajlagos szögelfordulást

$$y'' = \frac{M}{JE}$$

alapon számíthatjuk.

Ha a nyomaték terhelés az »R« és »A« pont közti szakaszra esik, a fajlagos szögelfordulás kifejezése nagy matematikai nehézségekbe ütközik s mivel gyakorlati jelentősége kicsi, e helyen nem is foglalkozunk vele. Fejezzük ki a fajlagos szögelfordulást általánosságban. A 13. ábra jelölései szerint a tartó fajlagos szögelfordulása a következőképpen fejezhető ki:

$$d\psi = \frac{\varepsilon_h dx}{h}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{\varepsilon_h}{h} = \frac{\sigma_h/E_h}{h},$$

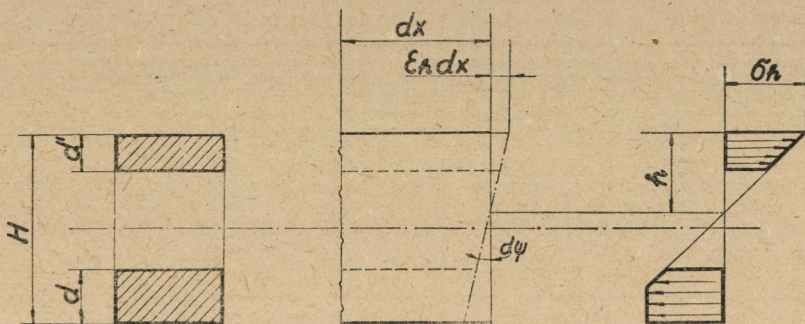
azaz

$$y'' = \frac{d\psi}{dx} = \frac{1}{E_h} \frac{\sigma_h}{h},$$



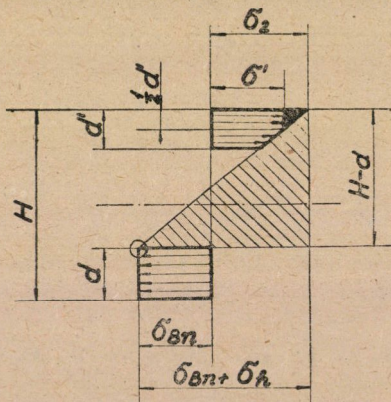
vagy pedig újra az anyagjellemzőktől független dimenzió nélküli tényezőt bevezetve

$$\frac{y''}{\frac{\sigma_{Bn}}{E} \frac{l}{H}} = \frac{\sigma_h / \tau_{Bn}}{\frac{h}{H}} \quad (7)$$



13. ábra

Ez a képlet természetesen minden állapotra érvényes, függetlenül attól hogy a nyomott öv rugalmasan, vagy plasztikusan viselkedik-e. Megjegyzendő, hogy az egyenlet baloldalán a húzó rugalmassági modulus van.



14. ábra

Határozzuk meg ezen az alapon az »A« határpontnak megfelelő fajlagos szögelfordulást. (14. ábra). Az ábra szerint geometriai hasonlóságból kifejezhetjük  $\left(\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}}\right)$  értékét

$$\frac{\sigma_h + \sigma_{Bn}}{H - d} = \frac{\sigma_h - \sigma'}{d'/2}$$

azaz rendezve

$$\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}} = \frac{(1 - 2k^2) \frac{d'}{H} + 2k + 2k\varphi - 2\varphi \frac{1}{d'/H}}{2 - (2k + 1) \frac{d'}{H}}, \quad (8)$$

ezt a 3. egyenletbe téve,  $\frac{h}{H}$  értékét, a (7) egyenlet figyelembevételével pedig a fajlagos szögelfordulást kapjuk az »A« határesetben

$$\left( \frac{y''}{\frac{\sigma_{Bn}}{E} \frac{1}{H}} \right)_A = \vartheta_A = \frac{2(1+k)}{2 - (2k+1) \frac{d'}{H}} - \frac{2\varphi}{2 \frac{d'}{H} - (2k+1) \left( \frac{d'}{H} \right)^2}. \quad (9)$$

Ha a nyomaték (2) szerinti kifejezésébe  $\frac{\sigma_h}{\sigma_{Bn}}$  (8) szerinti értékét tesszük, az »A« pontnak megfelelő nyomatéki teherbírást kapjuk.

$$Z_A = \frac{M_A}{\frac{BH^2}{6} \sigma_{Bn}} = \frac{(6k^3 + 9k^2 + 4k + 1) \left( \frac{d'}{H} \right)^3 - (18k^2 + 12k) \left( \frac{d'}{H} \right)^2 + 12k \frac{d'}{H}}{2 - (2k + 1) \frac{d'}{H}} - \frac{(6k + 4) \left( \frac{d'}{H} \right)^2 - (6k + 9) \frac{d'}{H} + 6}{2 - (2k + 1) \frac{d'}{H}} \varphi. \quad (10)$$

Bebizonyítható, hogy  $Z_A$  értékei a gyakorlatilag jelentős szakaszon 1%-nál kisebb eltérést mutatnak  $Z_B$  törési értékétől.

Fejezzük ki most a fajlagos szögelfordulás értékét a törés pillanatában. Ekkor  $(\sigma_h/\sigma_{Bn})$  (5) képlet szerinti értékét a (3) képlet felhasználásával a (7) összefüggésbe helyettesítve kapjuk:

$$\left( \frac{y''}{\frac{\sigma_{Bn}}{E} \frac{1}{H}} \right)_B = \vartheta_B = \frac{c+k}{1 - \frac{1}{2} \frac{d'}{H}} - \frac{\varphi}{\frac{d'}{H} - \frac{1}{2} \left( \frac{d'}{H} \right)^2}. \quad (11)$$

A fentiek alapján kihajlító hajlításra az alábbi lépések szerint méretezhetünk:

1. Megrajzoljuk a merevnek feltételezett tartóra a biztos terhelés előírt biztonsági számmal megszorított értéke által okozott nyomatéki ábrát.



2. Felvesszük a külső terhelések hatására várható tartó deformációt, s ezzel a biztos normál erő előírt biztonsági számmal szorzott értéke által a lehajlás, mint karon okozott járulékos nyomatékokat.

3. Az 1. és 2. pontokban meghatározott nyomatékokat összegezve, a 6. diagramm alapján a tartószerkezetek körvonalának ( $B$  és  $H$ ) ismeretében meghatározhatjuk az övméreteket, kissé túlméretezve. (Az erőbevezetések helyén a tartót betétek elhelyezésével tömörre egészítjük ki.)

4. Egyes keresztmetszetekben meghatározzuk a fajlagos szögelfordulás értékét, és pedig ha

$$a. \quad \left( \frac{M}{K} + \frac{N}{B(d+d')} \right) \leq \sigma_{Bn},$$

akkor a rugalmas szakaszon alul vagyunk és

$$y'' = \frac{M}{JE} = \frac{M/K}{hE}.$$

Ezt a számítást elősegítik a 26. ábra diagrammjai. (Lásd függelék).

$$b. \quad \text{ha } \left( \frac{M}{K} + \frac{N}{B(d+d')} \right) > \sigma_{Bn}, \text{ de}$$

$$\left( \frac{M}{BH^2 \sigma_{Bn}} \right) < \left( \frac{M_A}{BH^2 \sigma_{Bn}} \right) \cong \left( \frac{M_B}{BH^2 \sigma_{Bn}} \right),$$

akkor az A átmeneti pontnak megfelelő deformációval számolhatunk a (9) képlet szerint. Így esetleg a valóságosnál nagyobb fajlagos szögelfordulásokat véve figyelembe, amennyiben a tartó lehajlása előjelet vált, lehet, hogy egyes helyeken a biztonságtól eltérő irányba tévedünk. Vitás esetben a számítást az  $\left( y'' = \frac{M}{JE} \right)$  rugalmas feltétellel megismételve, a deformáció másik határértékét vesszük figyelembe és a két számítás közül a nagyobb nyomatékot tekintjük mértékadóknak.

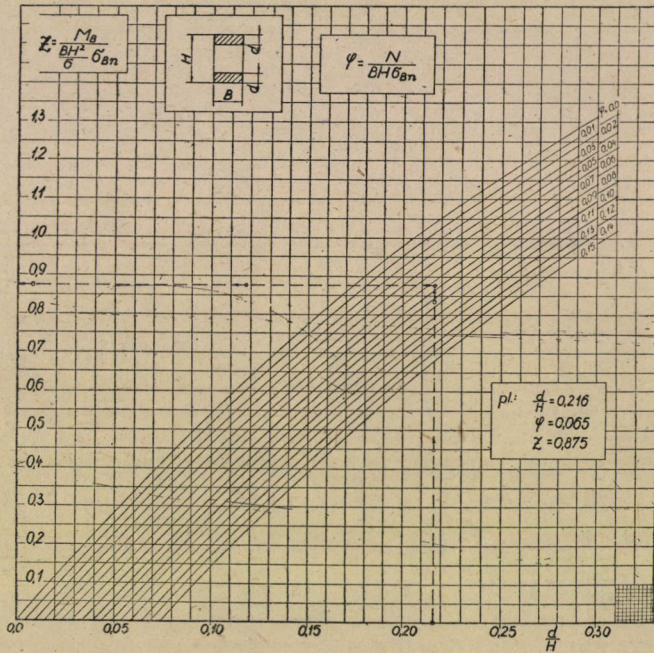
$$c. \quad \text{ha } \left( \frac{M}{BH^2 \sigma_{Bn}} \right) = \left( \frac{M_B}{BH^2 \sigma_{Bn}} \right), \text{ akkor}$$

$y''$  értékét a törésnek megfelelően (B pont) a (11) képlet alapján számítjuk.

5.  $y''$  fajlagos szögelfordulásokat ismerve, kétszeri grafikus integrálással meghatározhatjuk a tartó lehajlását. A Mohr-féle szerkesztés helyett inkább ajánlható a Simpson-szabály kétszeri alkalmazása, mert ez egyrészt pontosabb, másrészt kevesebb munkát kíván.

6. A kapott lehajlásokat összehasonlítjuk a felvett lehajlásokkal, ha a kapott lehajlásokkal számított eredő nyomatékokra is megvan az előírt törési biztonság s ez a könnyű építés elvének megfelelően nem is túl nagy, a méretezést befejezettnek tekinthetjük. Ellenkező esetben a kapott lehajlásokkal, mint felvett lehajlásokkal, a számítást megismételjük. A második lépés többnyire célhoz vezet.

A deformáció számításánál a feszültség-nyúlás diagramm növekvő feszültségekhez tartozó értékével számoltunk. Ez indokolt, mivel a húzott dúccal



15. ábra

merevített szárnyszerkezet főtartójában a normálerő és a hajlító nyomaték egyidejűleg növekszik s így leterheléssel nem kell számolni.

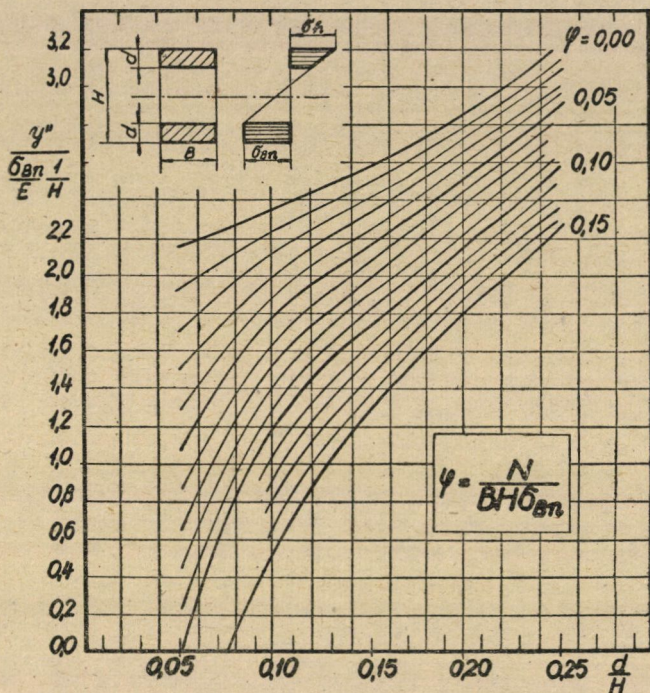
A főtartóövek egyedenkénti rúdkihajlását egyrészt a gerinc, másrészt a burkolat, illetve a szárnybordák akadályozzák meg.

### Egyenlő övvastagságú faszekrénytartó

Mivel az esetek túlnyomó részében merevségi és gyártási okokból a nyomott és hajlított fa szekrénytartó egyenlő övű, a teherbírára és deformációra könnyebben kezelhető részletes diagrammot készítettünk. A 15. ábra az egyenlőövű faszekrénytartó teherbírását ábrázolja, ha a tartó igénybevétele egyidejű nyomás és hajlítás. Megjegyzendő, hogy ez az ábra a használatos tartó méretek



esetén  $\left(\frac{\sigma_{Bh}}{\sigma_{Bn}} \cong 1,5\right)$  határon belül érvényes. A 16. ábra a tartó fajlagos szögelfordulását adja az  $A$  pontnak megfelelő feszültségeloszlásnál.



16. ábra

### Szám példa

Méretezni kell egy dúccal kitámasztott szárnyú vitorlázó repülőgép főtartójának a kitámasztás és a törzs közti részét. A mértékadó terhelési esetben a merevnek feltételezett tartóra a nyomatéki ábrát ismerjük ( $M^*$ ) (17. ábra) Az ezzel egyidejűleg fellépő nyomóerő

$$P_N = 1000 \text{ kg.}$$

A kitámasztott szakaszon a főtartó kontúrja végig állandó.

$$H = 20,0 \text{ cm}; \quad B = 3,8 \text{ cm.}$$

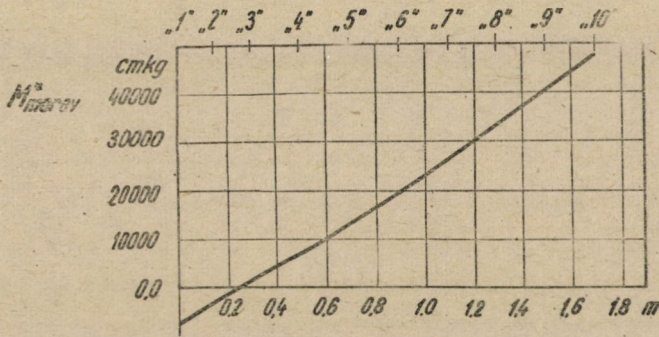
A főtartó övek anyaga lúcfenyő, az előírás szerint

$$\sigma_{Bh} = 700 \text{ kg/cm}^2; \quad \sigma_{Bn} = 350 \text{ kg/cm}^2; \quad E = 10^5 \text{ kg/cm}^2.$$

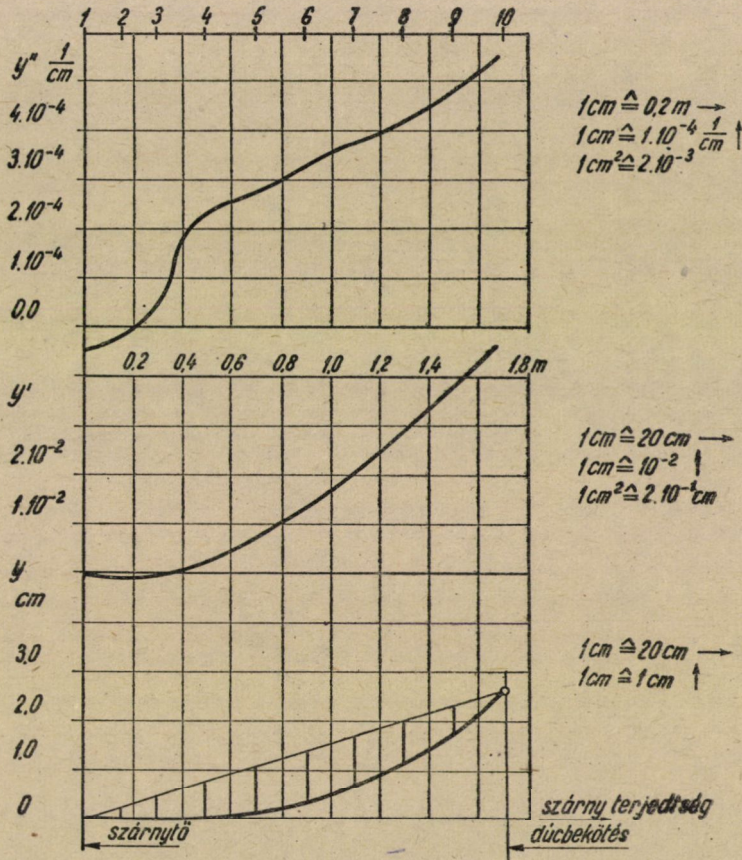
A méretezésre előírt biztonsági szám

$$j = 2,0.$$





17. ábra



18. ábra



3. tábl.

Jel (Számjeborda száma)	M* (cmkg) (me- rev tartóra) biz- tos terhelésénél)	M=jM* (cmkg) (merek) j = 2	y (cm) (feltéte- lezett)	ZM (cmkg) (tel. tételezett)	M (kiindulási) =M+ZM (tejt)	$\frac{M_{kiin}}{6} \sigma_{Bn}$	$\frac{d}{H}$ (szüksé- séges)	d (szükséges) (cm)	$\frac{d}{H}$ (valóságos)	d (valóságos) (cm)
10.	48000,	96000	0,0	0,0	96000,	1,08	0,28	5,6	0,30	6,0
9.	40000,	80000	0,45	886,0	80890,	0,912	0,232	4,64	0,25	5,0
8.	33000,	66000	0,7	1380,	67380,	0,758	0,182	3,84	0,20	4,0
7.	26000,	52000	0,8	1580,	53580,	0,605	0,16	3,2	0,17	3,4
6.	20000,	40000	0,75	1480,0	41480,	0,467	0,132	2,64	0,14	2,8
5.	14000,0	28000	0,70	1380,0	2938,	0,331	0,104	2,08	0,105	2,1
4.	7000,	14000	0,50	985,	14985,	0,169	0,076	1,52	0,09	1,8
3.	2000,	4000	0,35	690,	4690,	0,0528	0,056	1,12	0,09	1,8
2.	-2000,	-4000	0,15	295,	-3700,	-0,0417	0,054	1,08	0,15	3,0
1.	-6500,	-13000	0,0	0,0	-13000,	-0,146	0,064	1,28	0,5	10,0

A törésnél a hajlító nyomaték

$$M = jM^* \text{ (tényleges,)}$$

A nyomóerő pedig

$$N = jP_N = 2,0 \cdot 1000 = 2000,0 \text{ kg.}$$

A tömör tartó keresztmetszeti tényezője

$$\frac{BH^2}{6} = \frac{3,8 \cdot 20,0^2}{6} = 253 \text{ cm}^3.$$

A tömör tartó teherbírása  $\sigma_{Bn}$ -re

$$\frac{BH^2}{6} \sigma_{Bn} = 253 \cdot 350 = 88\,700 \text{ cm kg.}$$

A nyomás mértékére jellemző tényező (egyenlő vastag övek esetén):

$$\varphi = \frac{N}{BH \cdot B_n} = \frac{2000}{3,8 \cdot 20,0 \cdot 350,0} = 0,0752,$$

lázat

$\frac{M_B}{BH^2}$ $\frac{1}{6} \sigma_{Bn}$ (való)	$\frac{K}{BH^2}$ $\frac{K}{6}$	K (cm <sup>3</sup> )	$\frac{M}{K}$	$\sigma_N$ kg/cm <sup>2</sup>	$\frac{y''}{\sigma_{Bn} \frac{1}{E} H}$	$y'' \cdot 10^4$	y (való) (cm)	$\Delta M$ (való) (cm kg)	M + $\Delta M$ (való) (cm kg)	$\frac{M + \Delta M}{BH^2}$ $\frac{1}{6} \sigma_{Bn}$
1,14	0,92	233	412,0	43,8	(átmeneti) 3,18	5,56	0,0	0,0	96000,0	1,08
0,98	0,88	223	363,0	52,7	(átmeneti) 2,72	4,72	0,52	1040,0	81400,0	0,93
0,80	0,79	200,0	337,0	65,8	(átmeneti) 2,32	4,06	0,90	1800,0	67800,0	0,774
0,67	0,71	179	300,0	77,5	(átmeneti) 2,1	3,68	1,05	2050,0	54050,0	0,657
0,53	0,62	157,0	264,0	94,2	(átmeneti) 1,88	3,29	1,1	2200,0	42200,0	0,482
0,38	0,48	121,0	243,0	125,0	(átmeneti) 1,53	2,68	1,0	2000,0	30000,0	0,342
0,28	0,45	114,0	127,0	146,0	(rugalmas) 1,34	2,34	0,8	1600,0	15600,0	0,178
0,28	0,45	114,0	41,2	146,0	(rugalmas)	0,41	0,5	1000,0	5000,0	0,0571
0,58	0,65	164,0	22,5	78,6	(rugalmas)	-0,22	0,25	500,0	-3500,0	-0,04
—	1,0	253,0	51,4	26,3	(rugalmas)	-0,51	0,0	0,0	-13000,0	-0,148

ebből

$$\sigma_N = \sigma_{Bn} \frac{1}{2} \frac{\varphi}{d/H} = \frac{350,0 \cdot 0,752}{2} \frac{1}{d/H} = \frac{13,2}{d/H}$$

Ezen adatoknak birtokában a számítást táblázatosan és grafikusán végezzük el. (3. táblázat; 18. ábra). A főtartó előre feltételezett lehajlása a táblázatban található. A fajlagos szögelfordulás számításához szükséges tényező értéke

$$\frac{\sigma_{Bn}}{E} \frac{1}{H} = \frac{350}{10^5} \frac{1}{20} = 17,5 \cdot 10^{-5} = 1,75 \cdot 10^{-4}$$

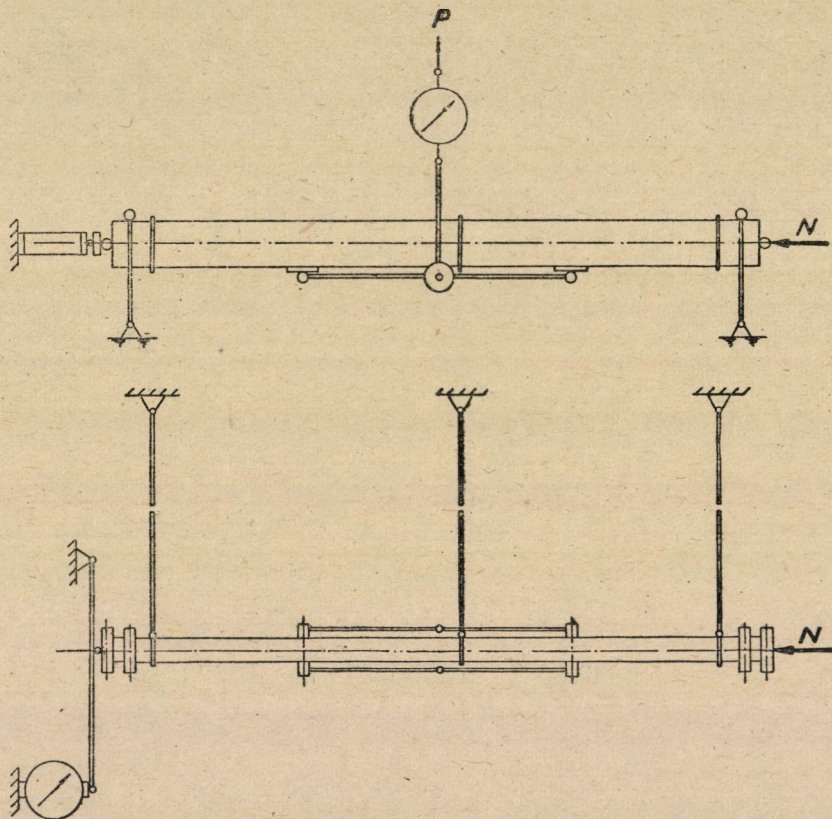
A táblázatból kiderül, hogy a megbecsült y értéknél nagyobbat kaptunk vissza. Az így nyert nyomaték-növekménnyel számolt mértékadó nyomaték még mindig a felvett keresztmetszetek törő értéke alatt marad s a deformáció ugyanúgy az átmeneti zónába esik, tehát a tartó megfelel. A pozitív nyomatékkal terhelt részen nagyobb defermációt vettünk fel a valóságosnál, ez, mint láttuk, egyes helyeken a valóságosnál kisebb deformációt adhat. Ez jelen esetben nem áll,



mert a deformáció végig pozitív, s így a pozitív terület növelése a deformációt végig növeli. A tartó-végeket az erőbe vezetés miatt vettük a szükségesnél erősebbre.

### Ellenőrző kísérletek

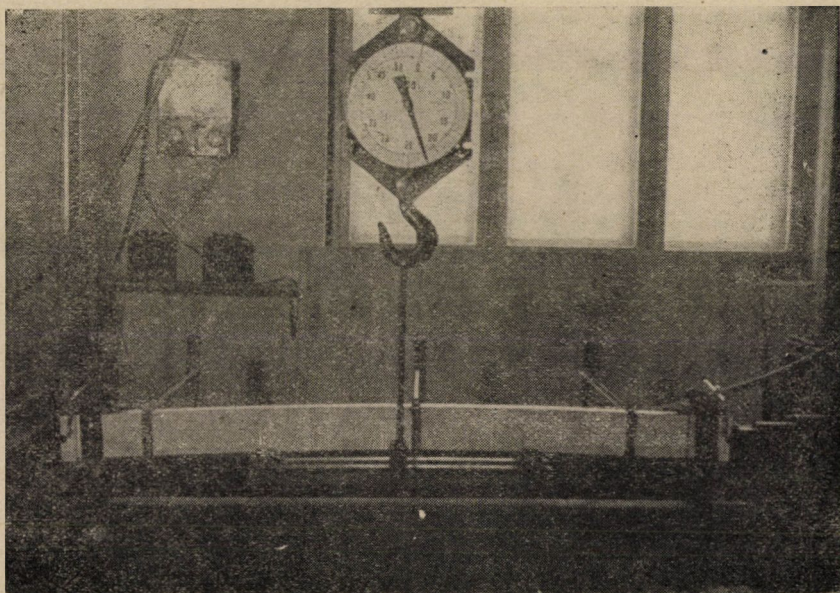
A Műszaki Egyetem Repülőgépek Tanszékének laboratóriumában a nyomásra és hajlításra terhelt fa szekrény-tartók méretezésére ellenőrző kísérleteket végeztünk. A kísérlet elrendezése a 19. ábra vázlatán, valamint a 20—24. ábrák fényképein látható.



19. ábra

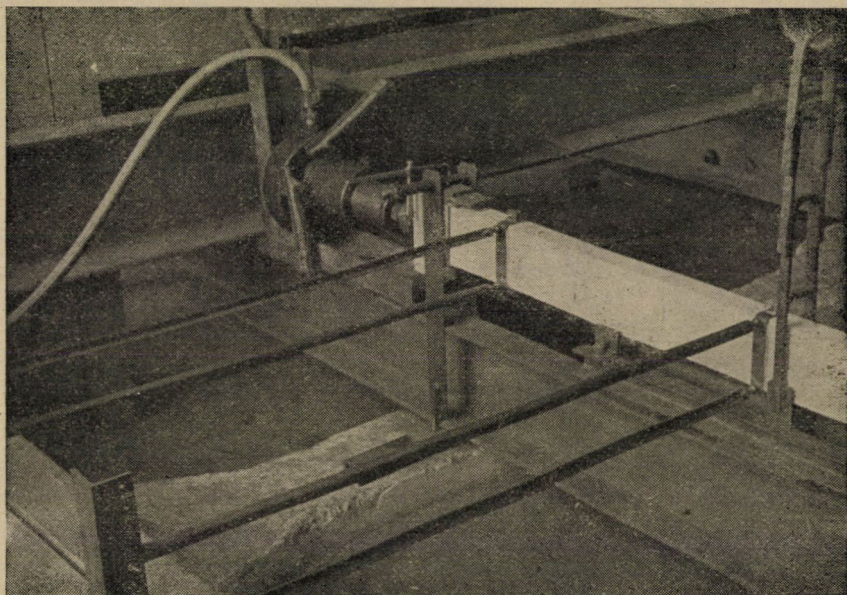
A próbatest középső szakasza nyíróerővel nem volt terhelve, ezt egy teherelosztó himba tette lehetővé (20. ábra). A normálerőt hidraulikus henger szolgáltatta (21. ábra). A normálerő nagyságát a pontosság érdekében áttétellel rúgós dinamóméter mérte (22. ábra). A tartó nyomott övének oldalirányú kihajlását kitámasztással akadályoztuk meg (23. ábra). A 24. ábra tipikus tőést ábrázol, amikor a tartó nyomott öve tönkrement anélkül, hogy a húzott öv elszakadt volna.





20. ábra

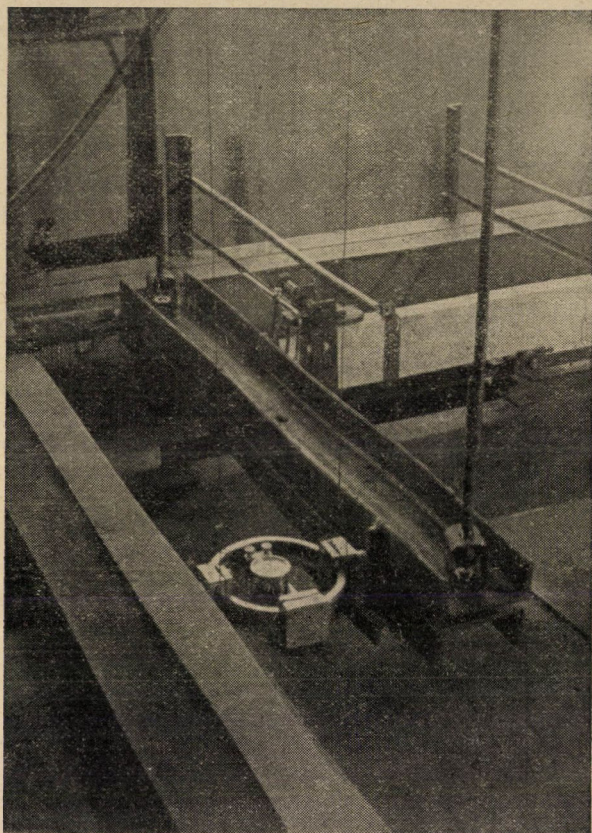
A tartó nyomott övének faanyagából négy kockaalakú nyomópróbatestet vettünk ki, s az ezekből adódó átlagos nyomószilárdsággal számoltuk az elméleti értékeket. A mért nyomaték nagyságát egyrészt a tartótengelyre merőleges



21. ábra



terhelés erőpárjából, másrészt a tartó teodolittal mért lehajlásán, mint karon a nyomóerő járulékos nyomatékából összegezve számítottuk. A kísérletek eredményeit a 2. táblázatba foglaltuk. Ezenkívül a tartók névleges méretre átszámított teherbíráseit a 25. ábrán tüntettük fel, itt jól szemléltethető a mért és számított eredmények eltérése.

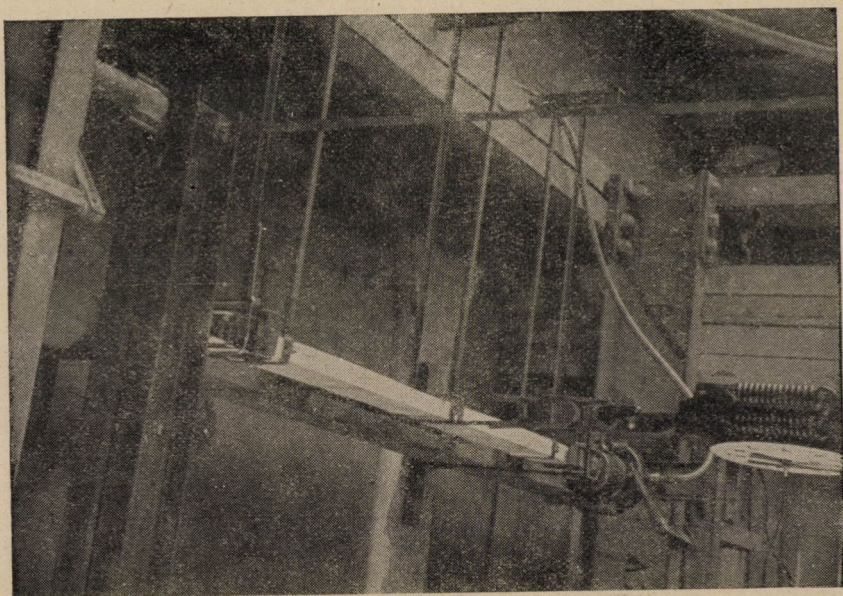


22. ábra

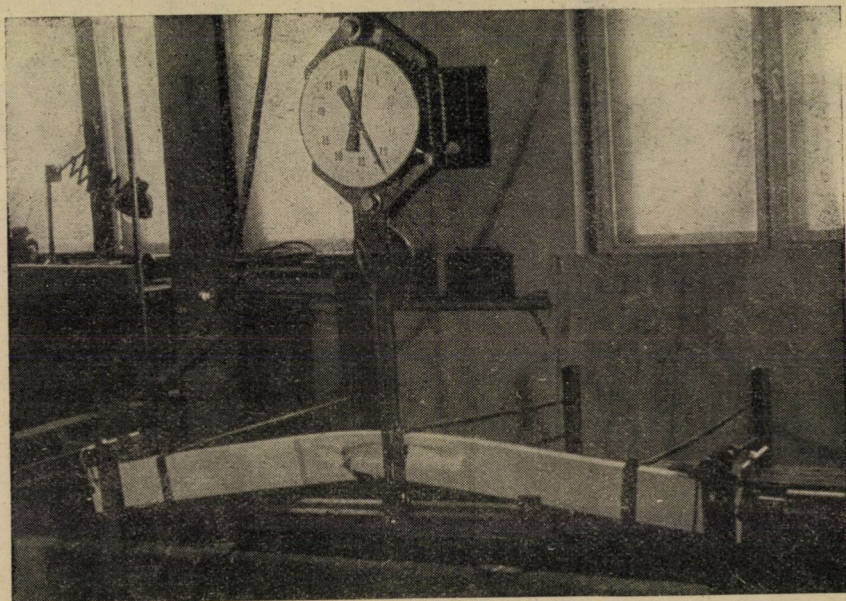
A 26. ábra a tartó törésnél mért deformációját a számított deformációkkal hasonlítja össze. Több tartón 8 mérőléc elhelyezésével a tartó deformációját törésig mértük. Az ábra összehasonlítja a mért értékeket egyrészt a rugalmas, másrészt a plasztikus feltétellel számított lehajlással. A deformáció plasztikus számítása eszerint igen jó egyezést mutat a mért értékekkel.

Az alakváltozás képlékeny számításánál az »A«-val jelzett átmeneti feszültségeloszláshoz tartozó fajlagos szögelfordulásokkal számoltunk, ugyanis a szóbanforgó tartók a számítás alapjául szolgáló terhelést még bírják, a terhelés igen kismértékű növelésének hatására azonban tönkrementek.



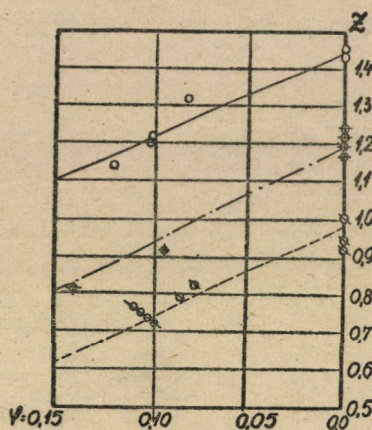


23. ábra



24. ábra





névleges méret $d/H$	$k$	elméleti értékek	kísérleti eredmény
0,25	1,33	—	○
0,166	1,5	- - -	◇
0,20	1,0	- · - · -	□

25. ábra

## Függelék

Különböző övvastagságú szekrénytartók keresztmetszeti tényezői.

A 27. ábra jelölései szerint jelentsé  $d'$  azt az övet, amelynek szélső szálára vonatkozó keresztmetszeti tényezőt keressük, legyen ez pl. a húzott öv. A húzott öv szélső szálában  $\sigma_h$ ; a nyomott öv szélső szálában  $\sigma_n$  feszültség van. A nyomott öv vastagsága  $d$ ; az övek viszonya  $\frac{d}{d'} = k$ . A belső erők nyomatéka :

$$M = B\sigma'd' \left( H - \frac{d' + d}{2} \right) + B \frac{\sigma_h - \sigma'}{6} d'^2 + B \frac{\sigma_n - \sigma''}{6} d^2.$$

Tiszta hajlítást feltételezve, normálerők egyenlőségéből

$$d'\sigma' = d\sigma'',$$

továbbá geometriai hasonlóság alapján

$$\frac{\sigma_h - \sigma'}{d'} = \frac{\sigma_n - \sigma''}{d}.$$

A fentieket összevetve és figyelembevéve, hogy

$$\sigma_h = \frac{M}{K_h}$$



## 3. táblázat

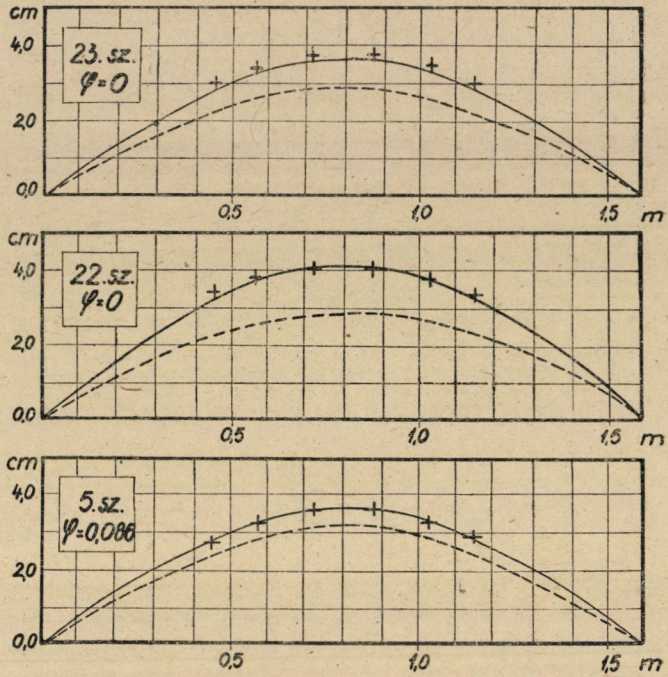
## Ellenőrző kísérletek

Sorszám	B [cm]	H [cm]	$\frac{d'}{H}$	k	$\sigma_{Bn}^*$ [kg cm <sup>2</sup> ]	N normálereő kg	$\varphi$	$M_B$ [cm kg] számított	Mért nyomaték a törésnél		$M_B$ [cm kg] mért	$\frac{M_B \text{ mért}}{M_B \text{ számított}}$
									tiszta hajlításnál	nyomó- erőből		
1	3,32	11,9	0,206	1	530	0	0	41700	39200	—	39200	0,941
2	3,31	11,86	0,203	1	528	0	0	40500	43500	—	43500	1,075
3	3,3	11,82	0,204	1	543	0	0	41300	40000	—	40000	0,968
4	3,32	11,9	0,204	1	537	0	0	41600	41000	—	41000	0,987
5	3,85	11,87	0,2045	1	506	2000	0,086	35800	33700	2000,0	37700	1,052
6	3,84	11,89	0,203	1	525	2500	0,086	34700	31950	3750,0	35700	1,028
7	3,82	11,9	0,207	1	570	2850	0,11	37700	33950	7130	41080	1,087
9	4,0	11,8	0,155	1	288	1450	0,1065	13850	12980	1740	14690	1,06
10/b	4,03	11,64	0,142	1	390	1300	0,0775	20650	20000	1820	21820	1,055
13	4,08	11,6	0,2465	1,33	610	3054	0,1032	68800	58600	9800	68400	0,992
14	4,8	11,96	0,247	1,33	624	3750	0,123	70000	55200	13500	68700	0,982
15	4,08	11,94	0,248	1,33	641	2544	0,0815	77700	70000	11700	81700	1,052
16	4,08	11,95	0,2465	1,336	655,5	3276	0,1021	76700	63000	13700	76700	1,00
17	4,1	11,95	0,164	1,535	641,5	2949	0,094	60600	47200	11020	58220	0,961
20	4,08	11,92	0,1668	1,475	542,5	3780	0,143	42800	33800	8700	42500	0,992
21	4,1	11,95	0,164	1,52	595	0	0	69000	71000	—	71000	1,03
22	4,2	11,95	0,2475	1,37	616	0	0	90000	91400	—	91400	1,015
23	4,1	11,88	0,167	1,48	705,5	0	0	80200	78700	—	78700	0,982
24	4,08	11,98	0,17	1,46	675	0	0	77400	78700	—	78700	1,018
25	4,05	11,95	0,255	1,28	719	0	0	97800	99100	—	99100	1,015

\* Mérési eredmények átlaga.

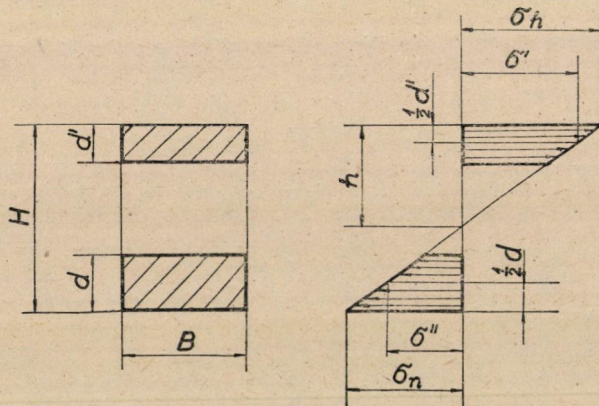


lehajlás



+ mért lehajlások  
 — plasztikus úton számított lehajlások  
 - - - rugalmas " " "

26. ábra

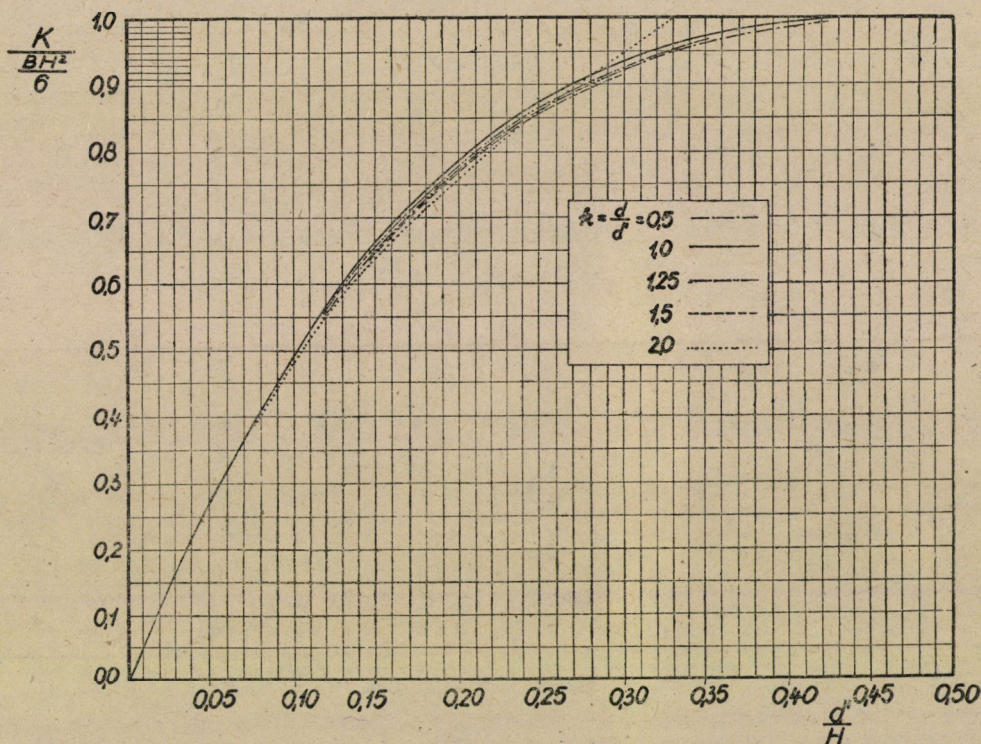


27. ábra



rendezés után a következő összefüggést kapjuk :

$$\frac{K}{BH^2} = \frac{\left[ \frac{3}{2} (1+k)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{k} + 1 \right) (1+k^3) \right] \left( \frac{d'}{H} \right)^3 - 6(1+k) \left[ \frac{d'}{H} \right]^2 + 6 \frac{d'}{H}}{1 + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{k} - k \right) \frac{d'}{H}}$$



28. ábra

$d'$  jelenti a tartó azon övének vastagságát, amelyeknek szélső szálára a képlet által megadott  $k$  keresztmetszeti tényező vonatkozik.

$d$  jelenti az átellenben levő öv vastagságát.

$k$  jelenti a  $\frac{d}{d'}$  viszonyt.

A képletet diagrammban ábrázoltuk (28. ábra). Figyelemreméltó, hogy  $\left( \frac{K}{BH^2} \right)$

értékei a  $k$  tényezőtől alig függenek. Így adott esetben a keresztmetszeti tényező igen jó közelítéssel meghatározható.

A fentebbi összefüggések alapján egyszerűen levezethetjük a semleges szál távolságát attól a szélső száltól, melyhez tartozó öv vastagság  $d'$

$$\frac{h}{H} = \frac{k}{1+k} + \frac{1}{2} (1-k) \frac{d'}{H}.$$



A tartó inercianyomatéka pedig

$$J = Kh.$$

Példa.

$$\begin{array}{lll} B = 15,2 \text{ cm} & d' = 2,75 \text{ cm} & d = 5,0 \\ H = 19,55 \text{ cm} & \frac{d'}{H} = 0,141 & \frac{d}{H} = 0,256 \\ \frac{BH^2}{6} = 965 \text{ cm}^3 & & \end{array}$$

A ( $d' = 2,75$  cm)-es övre vonatkozó keresztmetszeti tényező  $\frac{d'}{H} = 0,141$  és  $k = 182$ , értékekkel a diagrammból

$$(K)_{2,75} \cong \frac{BH^2}{6} \cdot 0,61 = 588 \text{ cm}^3$$

és  $\left[\frac{h}{H}\right]_{2,75} = 0,588$ ;  $(h)_{2,75} = 11,5$  cm. innen  $(J)_{2,75} = 6760 \text{ cm}^4$

A ( $d = 5$  cm)-es övre vonatkozó keresztmetszeti tényező pedig most

$\frac{d'}{H} = 0,256$  és  $k = 0,549$  értékekkel a diagrammból

$$(K)_5 = \frac{BH^2}{6} \cdot 0,865 = 835 \text{ cm}^3$$

és

$$\left[\frac{h}{H}\right]_5 = 0,4128; \quad (h)_5 = 8,07 \text{ cm}$$

innen

$$(J)_5 \cong 6760 \text{ cm}^4$$

természetesen

$$(h)_{2,75} + (h)_5 \cong H$$

## ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen dolgozat elméleti alapot nyújt a hajlításra és nyomásra terhelt fatartók méretezéséhez. A módszer lényegében W. Prager: »Über die Bemessung zweigurtiger Holzholme« című munkáján alapszik, azt továbbfejleszti és alkalmazza az egyidejű nyomás és hajlítás esetére. Ilyen igénybevétel ducal merevített repülőgép szárnyszerkezetek merőleges, valamint kétfőtartós szárnyszerkezetek érintőleges terhelésénél lép föl. Az ajánlott módszer megkísérli követni a tartó deformációját a tartó nyomott övének paszt kus viselkedése esetén is és ezáltal támpontot ad a kihajlító hajlításra (németül: Knickbiegung) való méretezéshez. A közölt diagrammok lehetővé teszik, a terhelés ismeretében, a szükséges tartóméretek gyors megállapítását. A módszer ellenőrzésére végzett kísérletek az elmélettel igen jó egyezést mutatnak.

## IRODALOM

1. W. Prager: Über die Querschnittbemessung zweigurtiger Holzholme. — Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. 1933. Nr. 19. 521. oldal.
2. NACA Rep. 188. J. A. Neulin and G. W. Trayer: The Influence of the Form of a Wooden Beam on its Stiffness and Strenght III.
3. K. Ježek: Die Tragfähigkeit der excentrisch beanspruchten und des Querbelasteten Druckstabes aus einem ideal plastischen Stahl. — Sitzungsberichte Akad. Wiss. Wien Bd. 143. S. 339—366. 1934.
4. Müller-Breslau: Zur Festigkeitsrechnung der Tragflächen Holme. — Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. 1918. Heft 17—18.
5. Forest Products Laboratory: Allowable Stresses for Spruce Spars. Lásd pl.: Air Commerce Manual — O4 Airplane Airworthiness. Section 19. Analisis of Wood Wing Spars.

# A HATHENGERES KÉTÜTEMŰ GM-71 TÍPUSÚ DIESEL-MOTOR FORGATTYÚS HAJTÓMŰVÉNEK KIEGYENSÚLYOZÁSA

JUREK AURÉL

a műszaki tudományok kandidátusa

Beérkezett 1952. január 2-án.

A GMC-rendszerű kétütemű Diesel-motor kb. 1938 óta van használatban. A gyártó mű célkitűzése az volt, hogy olyan motortípust készítsen, amely a gazdasági élet számos területén használható. A repülőipart kivéve, ezeket a motorokat valóban mindenütt felhasználták. A járművek terén a nehéz terepjárókba és vontatókba építették be azokat, később, megnövelt teljesítménnyel, a harckocsikba is. Az ipari célra használt motorok teljesítménye és fordulatszámja is kisebb. Hajózási célra is felhasználták ezen motorokat, sőt több egységet is összeépítettek, melyek közül legnagyobb a négymotoros aggregátum volt, a »Quad«.

A motort a teljesítmény szükségletének megfelelően három-, négy- és hathengeres kivitelben építették sorozatban, azonos furat-lökettel. A motorok szimmetrikus felépítése lehetővé tette, hogy az egyes aggregátumok (töltő-kompresszor, vezértengely), a jobboldalról a baloldalra kerüljenek, sőt a motor forgásiránya is tetszés szerint választható.

A motor működése egyenáramú, az öblítést-töltést részvezérlés, míg a kipuffogást a hengerfejben elhelyezett két vezérelt függőszelep végzi.

A motor érdekessége a hajtómű kiegyensúlyozási rendszere. A gyár az öblítés minőségének megjavítása érdekében szakított a kétütemű motorok általános forgattyús tengely alakjával és helyette két három-hengerest egymáshoz képest 180°-kal elfordítva egyesített. Ebből az elrendezésből más előny is származott. Mivel a feladat az volt, hogy egy másodrendben is kiegyensúlyozott hajtóművet kapjanak, a normális forgattyús tengely a motor sajátos felépítésénél fogva is alkalmatlanabb volt, mint a választott típus, mert a másodrendű erő szabad nyomatékát nem lehetett volna a vezértengelyen (és a segédtengelyen) kiegyenlíteni. (Az 1. ábrán a kétütemű hathengeres motorok szokásos forgattyú-elrendezését látjuk.) Nézzük meg a kiegyensúlyozását.

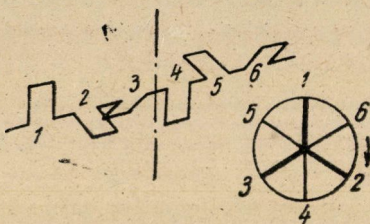
A kiegyensúlyozási feltétel csak akkor van teljesítve, ha sem szabad erők, sem szabad nyomatékok nem keletkeznek a forgó tömegektől — és az ide-oda mozgó tömegektől az első és második rendben. Az 1. ábra szerinti forgattyú-elrendezésnél szabad erők nem keletkeznek, mert



a forgó tömegektől .....	$\Sigma P_r = 0$
az ide-oda mozgó tömegektől	
az I-rendben .....	$\Sigma P_I = 0$
a II-rendben .....	$\Sigma P_{II} = 0$

A szabad (billentő) nyomatékok értéke

a forgó tömegektől .....	$\Sigma M_r = 0$
az ide-oda mozgó tömegektől	
az I-rendben .....	$\Sigma M_I = 0$
és a II-rendben .....	$\Sigma M_{II} = 3,464 \cdot m_h \cdot r \omega^2 \lambda \cdot a,$

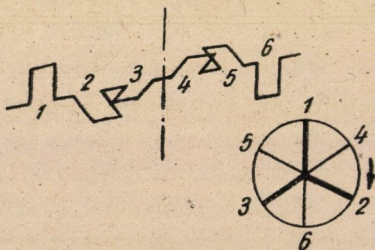


1. ábra

ahol  $m_h^4$  — az ide-oda mozgó részek tömege,

$r$  — a forgattyúkar sugara (a löket fele),

$\lambda = \frac{r}{l}$  — a forgattyúkar és hajtórúd hosszának aránya,  $a$  — a hengerek távolsága.



2. ábra

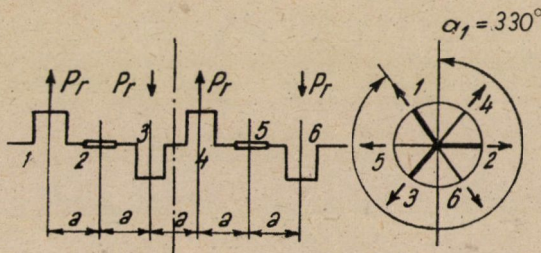
Ezen forgattyús hajtóműnél a II-rendű szabad nyomatékok kiegyenlítésére több módszert is kidolgoztak, itt azonban olyan kiegyensúlyozó póttömegekre van szükség, melyek a II-rendű erők változásainak megfelelően, a főtengely  $\omega$  szögsebességénél kétszer gyorsabban,  $2 \cdot \omega$  szögsebességgel forognak.

A GM-71 motornál a sajátos forgattyú-elrendezés folytán, — melyet a 2. ábrán látunk, — az alábbi viszonyok adódnak a kiegyensúlyozásra vonatkozólag:



A szabad erők értéke

- a hajtómű forgó tömegeitől .....  $\Sigma P_r = 0$ ,
- az ide-oda mozgó tömegektől;
- az I-rendben .....  $\Sigma P_I = 0$
- és a II-rendben .....  $\Sigma P_{II} = 0$ .

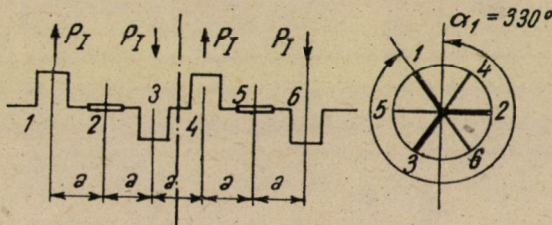


3. ábra

Vizsgáljuk meg a viszonyokat a szabad (billentő) nyomatékokra is. Mivel a motor forgattyús tengelye aszimmetrikus, már előre látható, hogy szabad nyomatékok keletkeznek.

1.) A forgó tömegek szabad nyomatéka.

A forgó tömegek erőhatásai a függélyes (y) síkban, a forgattyús tengely elfordulási szögének cosinusával változnak.



4. ábra

Ha a hengertávolságok egyenlők, a legnagyobb szabad nyomaték az 1. forgattyú  $\alpha_1 = 330^\circ$ -os állásánál keletkezik;

$$\Sigma M_r^y = P_r \cdot a(2,5 \cos \alpha_1 - 0,5 \cos \alpha_3 - 0,5 \cdot \cos \alpha_4 + 2,5 \cos \alpha_6),$$

ahol

$$P_r = m_r \cdot r \cdot \omega^2,$$

a végeredmény

$$\Sigma M_r^y = 3,464 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a \quad (\text{mkg}),$$

vagyis két háromhengeres motor szabad nyomatéka összegének felel meg.

$$[3 \text{ hengeresnél } \Sigma M_r = 1,732 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a \quad (\text{mkg})].$$



A cosinus függvény tulajdonságaiból következik, hogy a forgó tömegek szabad nyomatékának két helyen van zérus értéke a függélyes síkban, ezek az  $\alpha_1 = 150^\circ$  ill.  $\alpha_1 = 330^\circ$ -ra merőleges helyzetek, tehát

$$\sum M_r^y = 0, \text{ ha } \alpha_1 = 60^\circ \text{ vagy } \alpha_1 = 240^\circ.$$

2.) Az ide-oda mozgó tömegek szabad nyomatéka az I-rendben.

Az ide-oda mozgó tömegek erőhatásai csak a mozgó tömegek irányában, ill. síkjában ébrednek. Mivel a tömegerők értéke  $\cos \alpha$ -val változik és csak az  $y$ -síkban ébred, a 4. ábra szerint felírhatjuk a szabad nyomatékok legnagyobb értékét is, az első forgattyú

$$\alpha_1 = 150^\circ \text{ és } \alpha_1 = 330^\circ\text{-os}$$

szöghelyzeténél ;

$$\sum M_I = 3,464 \cdot m_n \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a \text{ (mkg)}$$

(a háromhengeres motor nyomatékának kétszerese)

és

$$\alpha_1 = 60^\circ \text{ és } \alpha_1 = 240^\circ\text{-nél}$$

a nyomaték értéke

$$\sum M_I^y = 0.$$

3.) Az ide-oda mozgó tömegek szabad nyomatéka a II-rendben, a forgattyú összes szöghelyzeténél

$$\sum M_{II} = 0.$$

A GM-71 Diesel-motornál a kipuffogó-szelepek vezértengelye a kétütemű rendszer miatt a forgattyús tengellyel azonos fordulatszámú. Mivel a motor szimmetrikus építése miatt a vezértengely is áthelyezhető a jobboldalról a baloldalra, így megvannak a megfelelő furatok egy. segédtengely elhelyezésére. A kiegyensúlyozáshoz két segédtengelyre van szükség, ezek egyike a vezértengely, a másik az előbb említett segédtengely, melyek azonos fordulatszámmal, de egymással ellentétesen forognak és a két végükön elhelyezett forgó tömegek keltette ellennyomaték azonos nagyságú az ide-oda mozgó tömegek I-rendű erőinek szabad nyomatékával. A forgó tömegek szabad nyomatékait pedig a forgattyús tengely két végén elhelyezett ellensúlyokkal egyenlítik ki. A számítás menete ezek szerint a következő :

4.) A hajtómű forgó tömegeinek kiegyensúlyozása.

Vegyük fel a forgattyús tengely helyzetét az 5. ábra szerinti tetszőleges helyzetben, pl.  $\alpha_1 = 0^\circ$ -nál. Mivel a forgó tömegek erőhatásai radiálisak és térbeliek, a szabad nyomatékok kiegyensúlyozását azonos forgattyú helyzetnél két egymásra merőleges síkban kell elvégezni. A kiegyensúlyozási feltétel szerint a forgó tömegek szabad nyomatéka bármely forgattyú állásnál  $= 0$ .

Írjuk fel a szabad nyomaték egyenletét a függélyes (y) síkban :

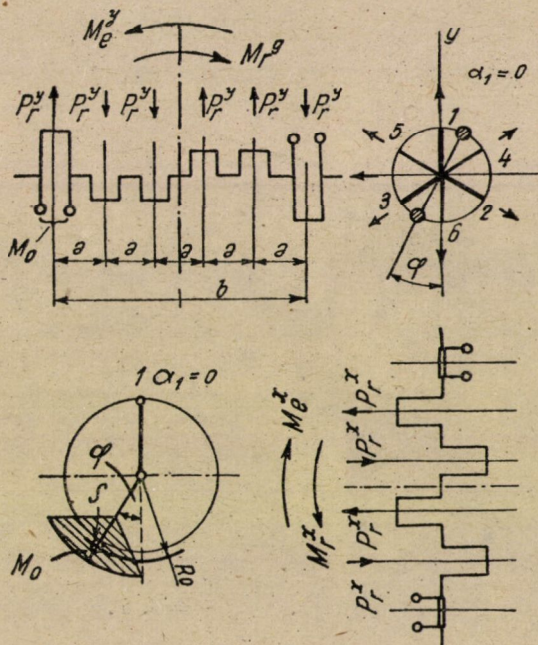
$$\sum M_r^y = m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a (2,5 \cos \alpha_1 - 1,5 \cos \alpha_2 - 0,5 \cos \alpha_3 - 0,5 \cos \alpha_4 - 1,5 \cos \alpha_5 + 2,5 \cos \alpha_6),$$

tehát

$$\sum M_r^y = 3 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a \quad (\text{mkg}) \quad \text{a)}$$

Írjuk fel ugyanezen forgattyú-állásnál a nyomaték egyenletét a vízszintes (x) síkban is ;

$$\sum M_r^x = m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a (-1,5 \sin \alpha_2 + 0,5 \sin \alpha_3 + 0,5 \sin \alpha_4 - 1,5 \sin \alpha_5),$$



5. ábra

tehát

$$\sum M_r^x = -1,732 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a \quad (\text{mkg}) \quad \text{b)}$$

A két (a és b) egyenletből az ellensúlyok tömegét és elhelyezési szögét is meghatározhatjuk.

A függélyes (y) síkban a kiegyensúlyozás feltétele szerint

$$\sum M_r^y = \sum M_e^y$$

$$\text{és } \sum M_r^x = \sum M_e^x,$$

ahol  $M_e$  az ellensúlyok nyomatéka.



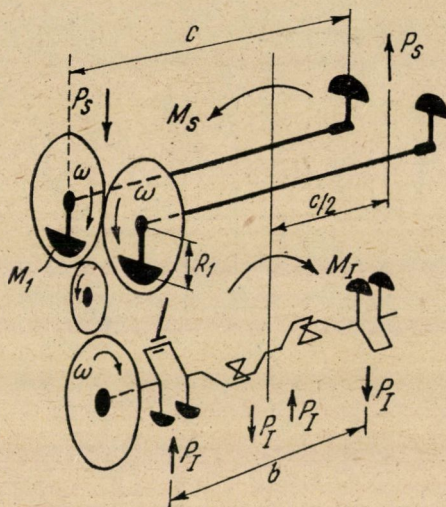
Ha a forgó tömegek ellensúlyának tömege  $M_0$ , súlyponti távolsága  $R_0$ , nyomaték-karja  $b$ , ( $b = 5 \cdot a$ ) és szöghelyzete  $\varphi$ , akkor a kiegyensúlyozás feltétele a függélyes ( $y$ ) síkban

$$3 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a = M_0 \cdot R_0 \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \cos \varphi \quad c)$$

a vízszintes síkban pedig

$$1,732 \cdot m_r \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a = M_0 \cdot R_0 \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \sin \varphi. \quad d)$$

A két (c és d) egyenletet egymással elosztva, az  $M_0$  tömegű ellensúly szöghelyzetét kapjuk



6. ábra

$$\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{1,732}{3} = 0,57$$

ami  
vagy

$$\varphi = 30^\circ\text{-nak felel meg,}$$

$$\varphi = \alpha_1 + 210^\circ.$$

Az ellensúly tömege

$$M_0 = 3 \cdot m_r \cdot \frac{r}{R_0} \cdot \frac{a}{b \cdot \cos \varphi} \quad (\text{kg/m sec}^{-2}), \quad e)$$

vagy ha behelyettesítjük  $\cos \varphi = \cos 30^\circ = 0,866$  értékét, akkor

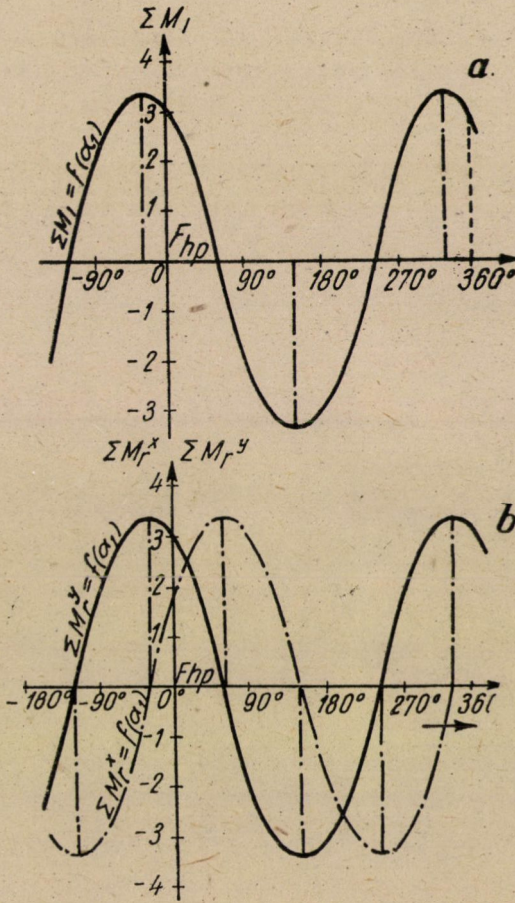
$$M_0 = 3,464 \cdot m_r \cdot \frac{r}{R_0} \cdot \frac{a}{b} \quad (\text{kg/m sec}^{-2}). \quad f)$$

Ez az egyenlet csak akkor érvényes, ha a hengertávolságok egyenlők.

5.) Az elsőrendű erők szabad nyomatékainak kiegyenlítése.



A két segédtengely egymással szemben forog és a két végére ékelt ellensúlyok csak a függélyes síkban fejtenek ki nyomatékot, az elsőrendű erők billentő nyomatéka ellenében.



7. ábra

Ha a segédtengelyek ellensúlyainak tömege  $M_1$ , súlypontjának sugara  $R_1$  és távolságuk  $c$ , akkor a kiegyenlítés feltétele

$$\sum M_1 = \sum M_s,$$

ahol  $\sum M_s$  a segédtengelyek tömegeinek ellennyomatéka.

A legnagyobb billentő nyomaték az első forgattyú  $\alpha_1 = 150^\circ$ , ill.  $\alpha_1 = 330^\circ$  helyzeténél keletkezik. Ekkor a segédtengelyek ellensúlyai a függélyes síkban felfelé, vagy lefelé állanak, a maximális ellennyomaték kifejtésére. Tehát

$$3,464 \cdot m_h \cdot r \cdot \omega^2 \cdot a = 2 \cdot M_1 \cdot R_1 \cdot \omega^2 \cdot c$$



az ellensúly tömege

$$M_1 = 1,732 \cdot m_h \cdot \frac{r \cdot a}{R_1 c} \quad (\text{kg/m sec}^{-2}). \quad (\text{g})$$

A segédtengelyek ellensúlyainak helyzete pontosan mutatja az I-rendű erők nyomatékainak változását. Ha az ellensúlyok vízszintes helyzetben vannak, akkor

$$\sum M_1 = 0 \quad \text{és} \quad \sum M_s = 0.$$

Az I-rendű erők billentő nyomatékát diagrammban is ábrázolhatjuk a 7/a ábra szerint különböző forgattyú-állásoknál és a forgó tömegeket is, a 7/b ábra szerint.

A számítás gyakorlati igazolására kidolgozunk egy példát is.

Függetlenül a GMC-motor adataitól, legyen a

hengertávolság.....	$a = 0,15 \text{ m}$
a hajtómű forgó tömege.....	$m_r = 0,60 \text{ kg/m sec}^{-2}$
a hajtómű ide-oda mozgó tömege.....	$m_h = 0,40 \text{ kg/m sec}^{-2}$
a két szélső forgattyú-karon az ellensúlyok középtávolsága.....	$b = 0,75 \text{ m} \quad (b = 5 \cdot a)$
a segédtengelyek ellensúlyainak távolsága.	$c = 1,0 \text{ m.}$
a forgattyús tengely szögsebességének négyzete.....	$\omega^2 = 50\,000 \text{ 1/sec}^2$
a forgattyú és az ellensúlyok súlypontjának sugarai.....	$r = R_0 = R_1 = 0,07 \text{ m.}$

a) A forgó tömegek billentő nyomatékának kiegyensúlyozása.

A legnagyobb nyomaték pl.  $\alpha_1 = 0^\circ$ -nál az a) egyenlet szerint

$$\sum M_r = 3 \cdot 0,60 \cdot 0,07 \cdot 50\,000 \cdot 0,15 = 945 \text{ mkg}$$

$$\sum M_r = M_0 \cdot R_0 \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \cos \varphi,$$

mivel az ellensúlyok szöghelyzete  $\varphi = 30^\circ$  és  $\cos \varphi = 0,866$  az ellensúlyok tömege

$$M_0 = \frac{945}{0,07 \cdot 50\,000 \cdot 0,75 \cdot 0,866} = 0,414 \text{ kg/msec}^{-2}$$

és súlya

$$G_0 = g \cdot M_0 = 9,81 \cdot 0,414 = 4,06 \text{ kg},$$

amely forgattyúként 2,03 kg-nak felel meg.

b) Az ide-oda mozgó tömegek I-rendű erőitől származó billentő nyomatékok kiegyensúlyozása.

Az ellensúly tömege:

$$M_1 = 1,732 \cdot m_h \cdot \frac{r \cdot a}{R_1 c}$$

$$M_1 = 1,732 \cdot 0,40 \cdot 0,15 = 0,104 \text{ kg/mcse}^{-2}$$

és súlya

$$G_1 = g \cdot M_1 = 9,81 \cdot 0,104 = 1,02 \text{ kg.}$$

c) Ellenőrzésképpen vizsgáljuk meg az I-rendű erők kiegyensúlyozását  $\alpha_1 = 90^\circ$ -nál. Ebben az esetben a segédtengelyek ellensúlyai  $30^\circ$ -kal helyezkednek el elől a vízszintes alatt, hátul pedig fölötte.

Az I-rendű erők billentő nyomatéka

$$M_1 = 1,732 \cdot 0,4 \cdot 0,07 \cdot 50\,000 \cdot 0,15 = 364 \text{ mkg}$$

és a segédteengelyeken levő ellensúlyok nyomatéka

$$M_s = 2 \cdot 0,104 \cdot 0,07 \cdot 50\,000 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 364 \text{ mkg},$$

mivel a nyomatékok egyenlők

$$\Sigma M_1 - \Sigma M_s = 0,$$

tehát a kiegyensúlyozási feltétel teljesítve van.

### ÖSSZEFOGLALÁS

A GM-71 típusú kétütemű Diesel-motor főteengelyén a forgattyúk célszerű elhelyezése folytán szabad erők nincsenek és csak a forgó és az ide-oda mozgó tömegek I-rendű erőitől keletkeznek szabad nyomatékok. Előbbit a főteengelyen, utóbbit pedig a vezér- és segédteengely két végére ékelt ellensúlyokkal egyenlítik ki.

Jelen értekezés a GM-71 forgattyús hajtómű kiegyensúlyozását tárgyalja analitikai alapon.





# SZULFÁTOS ELEKTROLITOK FAJLAGOS ELLENÁLLÁSÁNAK GRAFIKUS MEGHATÁROZÁSA

FEKETE LÁSZLÓ

Beérkezett 1952 január 12-én

A technikai elektrolízisek energiafogyasztása szempontjából nagy jelentősége van az elektrolit ellenállásának és így érthető, hogy sok kutatót foglalkoztatott annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy az elektrolitok ellenállása milyen mértékben függ a különböző tényezőktől.

E kutatásokban kimagasló érdemeket szerzett *Szkovronszki*, a világhírű orosz tudós, aki a réz elektrolitos raffinálásánál használatos elektrolitokkal végzett kísérleteinek kapcsán kidolgozott oly módszert, amelynek segítségével az oldat összetételének és hőmérsékletének ismeretében ki lehet számítani az oldat fajlagos ellenállását.

Dolgozatom I. részében röviden összefoglalom *Szkovronszkinak* a fajlagos ellenállás kiszámítására vonatkozó módszerét, a II. részben pedig ismertetem azokat a tőlem származó diagrammokat, amelyek *Szkovronszki* egyenletének grafikus megoldását teszik lehetővé.

## I. rész

*Szkovronszki* a tiszta kénsavas oldatok ellenállásának vizsgálatából indult ki. A kénsavkoncentrációnak 100 g/l-től 270 g/l-ig való változtatásával meghatározta az oldatok ellenállását. Adott hőmérsékleten az ellenállás a koncentráció növelésével csökken. Egy-egy kénsavkoncentrációnál a különböző hőmérsékleteken mért ellenállás értékét az 55 C°-on mért ellenállás százalékában kifejezve összeállította az 1. táblázatot, amelynek a számait  $p_1$ -gyel jelölte.

A táblázatból látjuk, hogy adott hőmérsékleten  $p_1$  értéke majdnem független a kénsavkoncentrációtól.

Adott kénsavtartalomnál az ellenállás a hőmérséklet emelésével csökken, de ha egyes hőmérsékleteken a különféle kénsavkoncentrációknál mért ellenállások értékét a 150 g/l kénsavkoncentrációnak az ugyanazon a hőmérsékleten megfelelő ellenállás százalékában fejezzük ki, azt látjuk, hogy adott  $H_2SO_4$ -tartalomnál ez a  $p_2$ -vel jelzett százalékos ellenállásváltozás majdnem független a hőmérséklettől. (2. táblázat.)



1. táblázat

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l	A z o l d a t h ő m é r s é k l e t e C°						
	40	45	50	55	60	65	70
100	111,2	107,2	103,4	100	97,1	94,4	92,2
150	112,3	107,5	103,5	100	96,8	94,1	91,6
175	112,2	108,1	103,8	100	96,6	94,—	91,4
200	113,9	108,2	103,8	100	96,7	93,6	90,9
250	114,2	108,8	104,2	100	96,5	93,2	90,3

A számok azt mutatják, hogy az elektrolit ellenállása az 55 C°-on mért ellenállásnak hány százaléka. Jelölésük  $p_1$ .

2. táblázat

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l	A z o l d a t h ő m é r s é k l e t e C°						
	40	45	50	55	60	65	70
100	137,8	138,7	138,9	139,1	139,5	139,9	140
150	100	100	100	100	100	100	100
175	89,6	89,6	89,4	89,1	89,2	89,1	88,9
200	82,2	82,2	81,7	81,5	81,4	81,1	80,9
250	72,9	72,5	72,2	72,7	71,5	71,1	70,8

A számok azt mutatják, hogy az elektrolit ellenállása a 150 g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-tartalomnál mért ellenállásnak hány százaléka. Jelölésük  $p_2$ .

E két táblázat segítségével bármely kénsavtartalomnál (100 g/l és 250 g/l között) és bármely hőmérsékleten (40 C° és 70 C° között) érvényes fajlagos ellenállás értéke kiszámítható a

$$\varrho_0 = 1,364 \frac{p_1}{100} \cdot \frac{p_2}{100} \text{ ohm cm}$$

képlet alapján, ahol

1,364 = ohm cm-ben kifejezett fajlagos ellenállás 150 g/l kénsavtartalomnál és 55 C° hőmérsékleten.

A  $p_1$  és  $p_2$ -nek a táblázatok adatai közé eső értékeit előbb ki kell számítani.

*Szkourowszki* megállapította, hogy adott kénsavtartalomnál és hőmérsékleten az elektrolit ellenállását

1 g/l Cu jelenléte	0,657%-al,
1 g/l Ni	„ 0,766%-al,
1 g/l Fe	„ 0,818%-al,
1 g/l As	„ 0,0725%-al növeli meg.

A rézraffinálásnál használt elektrolit fajlagos ellenállását a fentiek alapján *Szkourowszki* módszere szerint a következő egyenlet tünteti fel:

$$\varrho = 1,364 \frac{p_1}{100} \cdot \frac{p_2}{100} \cdot \frac{100 + 0,657 \text{ Cu}}{100} \cdot \frac{100 + 0,766 \text{ Ni}}{100} \cdot \frac{100 + 0,818 \text{ Fe}}{100} \cdot \frac{100 + 0,0725 \text{ As}}{100} \quad (1)$$

ahol a vegyjelek az illető anyag g/l-ben kifejezett mennyiségét jelentik.

## II. rész

Mivel *Szkourowszki* egyenletében  $p_1$  és  $p_2$  értékeit a megadott táblázatok alapján esetenként külön-külön ki kell számítani, mivel továbbá az egyes oldatban levő fémeknek az elektrolit ellenállására való befolyását kifejező törtek értékét is külön-külön ki kell számítani a behelyettesítés előtt, olyan összesített nomogramot készítettem, amely az oldat összetételének és hőmérsékletének ismeretében lehetővé teszi számolás nélkül a fajlagos ellenállás gyors leolvasását.

A grafikus ábrázolásnak a táblázattal szemben az a hátránya, hogy a leolvasás pontossága függ a diagramm nagyságától, előnye viszont, hogy több mennyiség összefüggését áttekinthető alakban szemlélteti és a leolvasás gyors.

Ha bevezetjük a

$$\varrho_0 = 1,364 \frac{P_1}{100} \cdot \frac{P_2}{100} \quad (2)$$

jelölést, akkor megszerkeszthetők azok a különböző hőmérsékletre vonatkozó görbék, amelyek a tiszta kénsavas oldatok fajlagos ellenállásának változását tüntetik fel a kénsavtartalom függvényében (1. ábra).



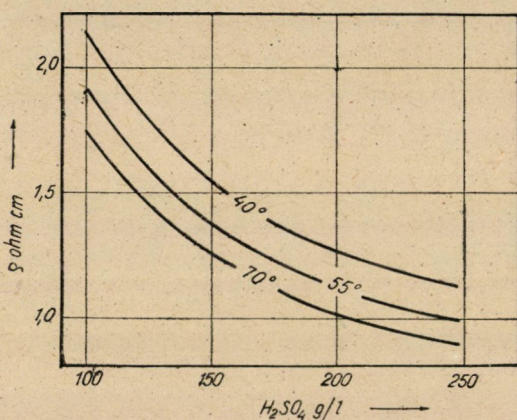
A tiszta kénsavas oldat fajlagos ellenállását a benne oldott fémsók módosítják. Pl. réz jelenlétében a fajlagos ellenállás  $\varrho_0$ -ról  $\varrho_1$ -re nő a

$$\begin{aligned}\varrho_1 &= \varrho_0(1 + 0,00657 \text{ Cu}), \text{ illetve a} \\ \varrho_1 &= \varrho_0 + 0,00657 \varrho_0 \text{ Cu} = \varrho_0 + \Delta\varrho\end{aligned}\quad (3)$$

összefüggés szerint.

Ebből az egyenletből következik, hogy az ellenállásnak réz jelenlétében bekövetkező növekedése ( $\Delta\varrho$ ) függ a réz mennyiségétől és a tiszta kénsavas oldat fajlagos ellenállásától is.

$$\Delta\varrho = f(\varrho_0, \text{Cu}) = 0,00657 \cdot \varrho_0 \cdot \text{Cu}. \quad (4)$$



1. ábra

A 2. ábra a (4) egyenletben előforduló mennyiségek összefüggését tünteti fel. Célszerűségi okokból  $\varrho_0$  értékeit az ordinátatengelyen,  $\Delta\varrho$  értékeit pedig az abszcisszatengelyen tüntettem fel.

Adott Cu-tartalomnál összetartozó  $\varrho_0$  és  $\Delta\varrho$  értékeknek megfelelő pontot a koordináta-rendszer kezdőpontjával ( $\varrho = 0$ ) összekötő egyenes iránytangense a

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varrho_0}{\Delta\varrho} = \frac{\varrho_0}{0,00657 \cdot \varrho_0 \cdot \text{Cu}} = \frac{1}{0,00657 \cdot \text{Cu}} \quad (5)$$

összefüggés szerint kizárólag a réztartalom függvénye.

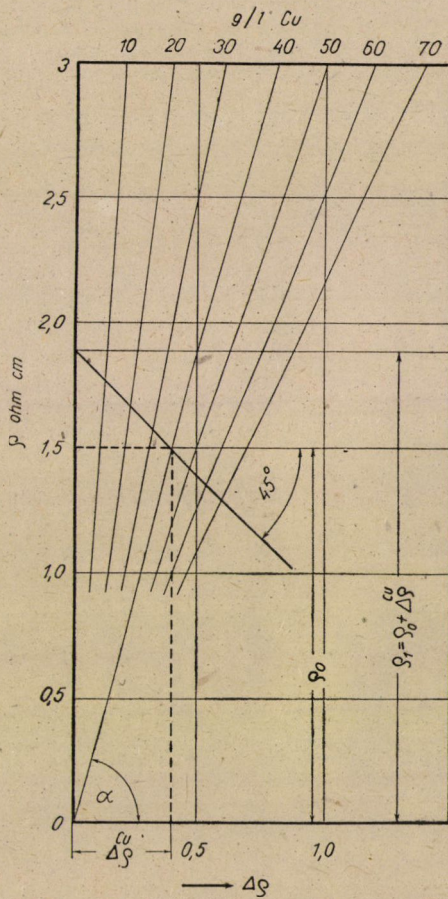
Különböző mennyiségű réznek tehát a diagrammban különböző hajlásszögű egyenesek felelnek meg, melyek valamennyien áthaladnak a koordináta-rendszer kezdőpontján.

Ha  $\varrho_0 = \text{konst.}$ , akkor a (4) egyenlet szerint  $\Delta\varrho$  értéke lineárisan változik a Cu értékével vagyis pl.

$$\frac{40 \text{ g/l Cu}}{\Delta\varrho} = \frac{10 \text{ g/l Cu}}{4 \cdot \Delta\varrho} \quad (6)$$



Ez azt jelenti, hogy a Cu-tartalom feltüntetésére alkalmas skálát úgy kell megszerkeszteni, hogy valamelyik  $\rho_0$  értéken keresztül az abszcisszatengellyel párhuzamosan húzott egyenesre az ordinátatengelytől kiindulva felmérjük a különböző Cu-tartalom és a felvett  $\rho_0 = \text{konst.}$  értékkel kiszámított  $\Delta Q$  érté-



2. ábra

ketek. Csak  $\Delta Q$  értékét kell kiszámítani, mert ennek alapján a (6) egyenlet szerint a skála beosztása elkészíthető.

A skála megszerkesztésénél célszerű olyan  $\rho_0$  értéket alapul venni, amely mellett  $\Delta Q$ -ra kerek értéket kapunk. Így pl.  $\rho_0 = 3,044$  ohm cm mellett  $\Delta Q = 0,2$ -nek adódik. A skála egyes pontjainál csak a Cu g/l mennyiségeit tüntetjük fel.

A 2. ábra alkalmas a (3) egyenlet grafikus megoldására is. A kénsavtartalom és hőmérséklet ismeretében az 1. ábráról leolvasott  $\rho_0$  értékét a 2. ábra



$\varrho$  tengelyén megkeressük, majd innen kiindulva vízszintesen haladunk, míg a Cu-tartalmat kifejező sugarat elérjük. Ennek a metszéspontnak az ordinátatengelytől való távolsága  $\Delta\varrho$ , tehát ha ezen keresztül az abszcisszatengely negatív irányával  $45^\circ$ -os szöget bezáró egyenest fektetünk, ez az egyenes az ordinátatengelyből kimetszi a  $\varrho_1 = \varrho_0 + \Delta\varrho$  értéknek megfelelő távolságot.

Az elektrolitban oldott többi só hatását is a 2. ábrához hasonló sugaras diagrammokkal lehet kifejezni, csak természetesen mindegyik alkatrész számára külön skálát kell szerkeszteni.

Ha azt akarjuk, hogy a skálák beosztása egyforma legyen, vagyis hogy a

$$\frac{10 \text{ g/l Cu}}{\Delta\varrho} = \frac{10 \text{ g/l Ni}}{\Delta\varrho} = \frac{10 \text{ g/l Fe}}{\Delta\varrho} = 0,2$$

egyenlőség fennálljon, akkor a  $\varrho_0$  értékeket kell megfelelően kiválasztanunk, tehát ilyenkor a skálák különböző távolságra lesznek a koordináta-rendszer kezdőpontjától.

A Ni-mennyiségét feltüntető skálát az ordinátának a  $\varrho_0 = 2,611$ , a Fe-mennyiségeket feltüntető skálát pedig a  $\varrho_0 = 2,445$  értékeknek megfelelő pontjain át húzott vízszintes egyenesre visszük fel.

Az As-skála beosztását a többiétől eltérően kell szerkeszteni, mert a  $\frac{10 \text{ g/l As}}{\Delta\varrho} = 0,2$  értéknek  $\varrho_0 = 27,58$  felel meg és így az a skála nagyon messze kerülne a koordináta-rendszer kezdőpontjától. Ha a skálát úgy vesszük fel, hogy  $\frac{10 \text{ g/l As}}{\Delta\varrho} = 0,02$  legyen, akkor azt a  $\varrho_0 = 2,758$  értéken áthaladó vízszintes egyenesre kell felrakni.

A 3. ábrán bemutatott diagramm az 1. ábrának és a vas, nikkelt, továbbá az arzén mennyiségeit feltüntető skálákkal kibővített 2. ábrának az egyesítéséből származik.

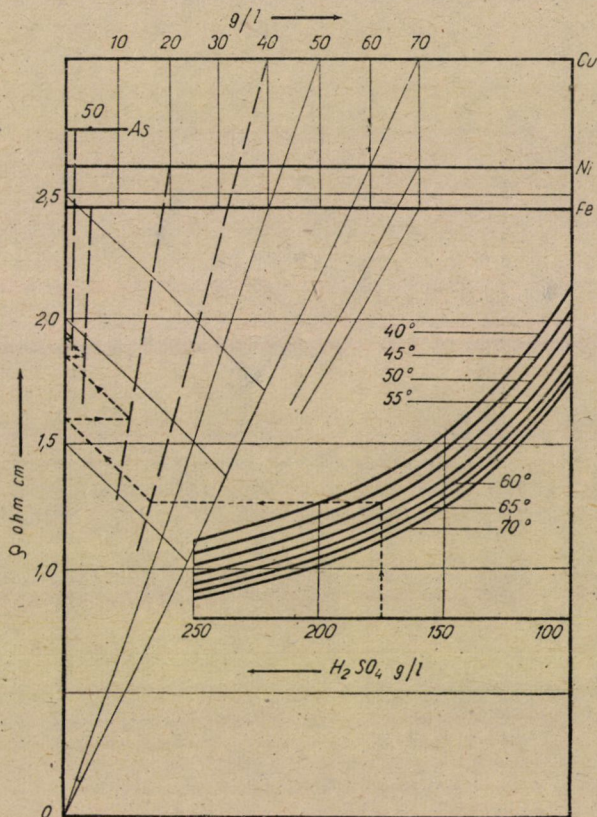
A különböző fémtartalmakhoz tartozó sugarakat úgy szerkeszthetjük meg, hogy a megfelelő skála megfelelő pontját összekötjük a  $\varrho$ -skála nulla pontjával. A skálák használatának bemutatására feltüntettem a 70 g/l Cu, 70 g/l Ni és 70 g/l Fe értékhez tartozó sugarakat is.

A diagrammról leolvasható, hogy pl. 70 g/l Cu ugyanolyan mértékben növeli a fajlagos ellenállást, mint 60 g/l Ni, mert mindkét mennyiséghez ugyanaz a sugár tartozik.

Ha ismerjük valamely elektrolit összetételét és hőmérsékletét, akkor ennek a diagrammnak a segítségével a következőképpen határozhatjuk meg annak fajlagos ellenállását:

A kénsav koncentrációját feltüntető skála megfelelő pontjából kiindulva függőlegesen haladunk fölfelé, míg a hőmérsékletnek megfelelő görbét elérjük. Innen kezdve vízszintesen haladunk a réztartalomnak megfelelő sugárig. A kapott metszéspontot  $45^\circ$  alatt kivetítjük az ordinátatengelyre. Az ordinátatengelynek

ezen pontjából húzott vízszinteset metsszük a nikkeltartalmat feltüntető sugárral, majd ezt a metszésponot ismét  $45^\circ$  alatt kivetítjük az ordinátatengelyre. Ezt a műveletet megismételjük a vas- és arzéntartalomnak megfelelő sugarak figyelembe vételével, majd az ordinátatengelyen leolvassuk  $\rho$  értékét. A 3. ábra használatát példán is bemutatom. Keressük meg olyan rézrafinálásnál használatos igen szennyes üzemi elektrolitnak fajlagos ellenállását, amely literenként 175 g



3. ábra

szabad kénsavat, 40 g rezet, 20 g nikkelt, 5 g vasat és 20 g arzént tartalmaz és hőmérséklete  $50^\circ C$ . A megoldás menetét az ábrán a nyilakkal jelölt szakadozott vonallal feltüntettem. Az ábráról leolvasható, hogy  $\rho = 1,946$  ohm cm.

A gyakorlatban célszerű a sugarak kiindulópontjába ( $\rho = 0$ ) bevert szeghez fonalat erősíteni, amelynek segítségével a megoldáshoz szükséges sugarak helyzetét rajzolás nélkül közvetlenül megállapíthatjuk és így a diagramm és  $45^\circ$ -os vonalzó segítségével bármely feladat könnyen és gyorsan megoldható.

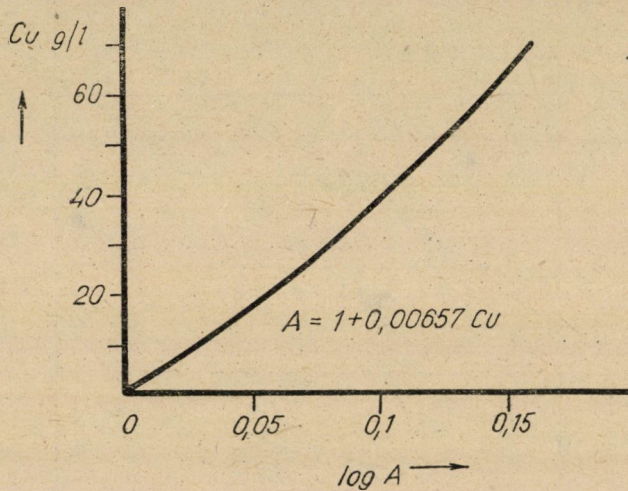
Ennek a diagrammnak hátránya, hogy a sugarak megszerkesztése végett szükségünk van a  $\rho$ -skála nulla pontjára, noha egyébként a fajlagos ellenállás-



nak nullától 1-ig terjedő értékei nem érdekelnek bennünket. Ha tehát a leolvasás nagyobb pontosságának érdekében a rajzot nagyobb léptékben akarjuk elkészíteni, az terjedelmessé és nehezen kezelhetővé válik. Kedvezőbb alakú diagrammhoz jutunk, ha  $Q$  értékeit logaritmikus léptékben vesszük fel a tengelyre (illetőleg, ha a normális beosztású skálán  $\log Q$  értékeit tüntetjük fel).

Ábrázolandó a

$$\log Q = \log Q_0 + \log A + \log B + \log C + \log D \quad (7)$$



4. ábra

függvény, ahol

$$\log Q_0 = \log 1,364 + \log \frac{P_1}{100} + \log \frac{P_2}{100} \quad (8)$$

$$\log A = f(\text{Cu}) = \log (1 + 0,00657 \text{ Cu}) \quad (9)$$

$$\log B = f(\text{Ni}) = \log (1 + 0,00766 \text{ Ni}) \quad (10)$$

$$\log C = f(\text{Fe}) = \log (1 + 0,00818 \text{ Fe}) \quad (11)$$

$$\log D = f(\text{As}) = \log (1 + 0,000725 \text{ As}) \quad (12)$$

A (8) függvény ábrája lényegében hasonló a (2) függvény ábrájához (1. ábra), csak mivel a kénsavtengely léptékét szabályosan vesszük fel, míg  $Q_0$  értékét logaritmusan ábrázoljuk, az izotermák hajlása némileg megváltozik.

A (9) függvény ábráját a 4. ábra szemlélteti.

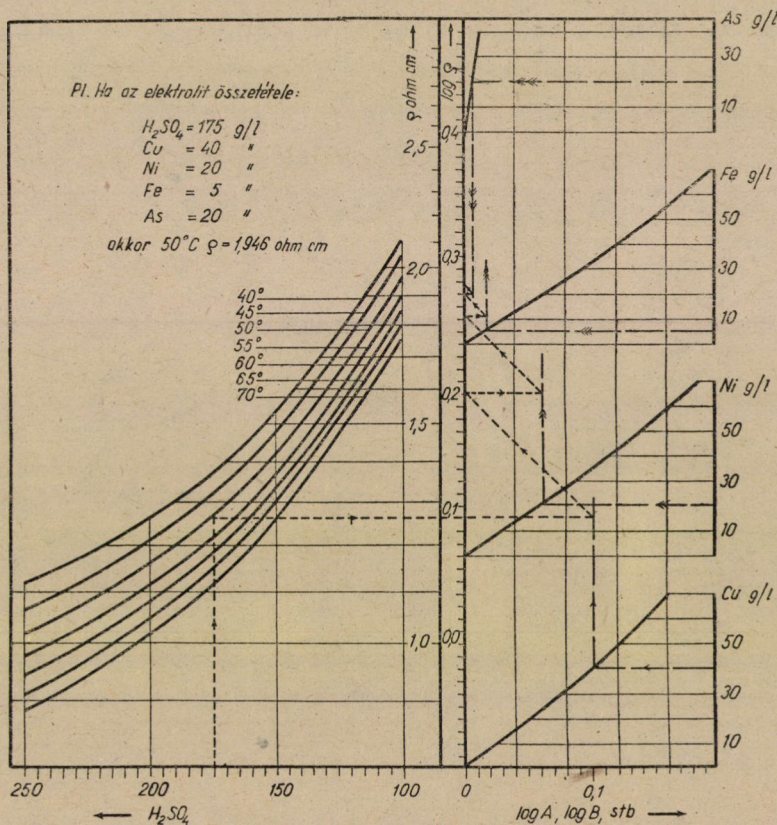
A (10), (11), (12) függvények ábrái hasonlóak a 4. ábrához, csak a görbék hajlása különböző.

Az 5. ábrában bemutatom, hogy a (8)–(12) függvények ábráit miképpen kell egy diagrammban összefoglalni, amelynek segítségével a (7) egyenlet grafikus megoldása lehetővé válik.



A (8)–(12) függvények közös abszcisszatengelyének beosztását a  $\varrho$ -tengely beosztásával azonos léptékben kell felvenni a  $\log A = 0$  értéktől kiindulva. Az 5. ábra használatát ugyancsak példán mutatom be. Keressük meg az előző példában megadott összetételű elektrolit fajlagos ellenállását.

A kénsavtengely megfelelő pontjából függőlegesen haladunk felfelé míg a hőmérsékletnek megfelelő izotermát el nem érjük, innen vízszintesen haladunk,



5. ábra

míg elérjük a  $\varrho$ -tengellyel párhuzamosan futó, attól  $\log A$  távolságra levő egyenest. A metszéspontot  $45^\circ$  alatt visszavetítjük a  $\varrho$ -tengelyre. Az így kapott pontból ismét vízszintesen haladva metszük a  $\varrho$ -tengelytől  $\log B$  távolságban futó párhuzamos egyenest, majd a metszéspontot ismét  $45^\circ$  alatt visszavetítjük a  $\varrho$ -tengelyre. Ezt a műveletet megismételjük, míg valamennyi alkotórész hatását figyelembe vettük és végül leolvassuk  $\varrho$  értékét.

Ennek a diagramnak előnye, hogy függetlenül vagyunk a  $\varrho$ -tengely nulla pontjától, továbbá hogy a  $\varrho$ -skálának 1 és 2 értékei közé eső része jobban szét van húzva.



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk röviden ismerteti *Szkovronski* módszerét a szulfátos elektrolitok fajlagos ellenállásának az elektrolit összetétele alapján történő meghatározására.

*Szkovronski* kísérleti eredményeinek felhasználásával a szerző két diagrammot szerkesztett, amelyeknek segítségével a fenti feladat számolás nélkül grafikusán oldható meg.

## IRODALOM

*V. G. Ageenkov és J. A. Kakovskij*: Elektrometallurgia vodnűch rastvorov, Moszkva, 1947.

# A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM ÁRAMLÁSTANI TANSZÉKÉNEK RÉSOPTIKAI BERENDEZÉSE

LITVAI ELEMÉR

Beérkezett 1952 január 26-án

A résoptikai vizsgálati módszernek (»Schlieren«-optika néven is ismeretes) nagy jelentősége van a tudományos kutatómunka azon területein, ahol a vizsgált közeg sűrűsége változik. Így például az aerodinamikában, ahol a vizsgált nagysebességű áramlásoknál az áramló levegő sűrűsége változik, s a hang terjedési sebességénél nagyobb sebességű áramlásokban előfordulnak ugrásszerű sűrűségváltozások, lökéshullámok is. Ezek a lökéshullámok legcélszerűbben a résoptikai eljárással vizsgálhatók. A következőkben a Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástan Tanszékén ilyen célból létesített résoptikai berendezést ismertetjük, az ismertetés során azonban kitérünk a másirányú, főleg a hőátadás-sal kapcsolatos kutatómunkánál való alkalmazás lehetőségeire is.

## *A berendezés elvi alapjai*

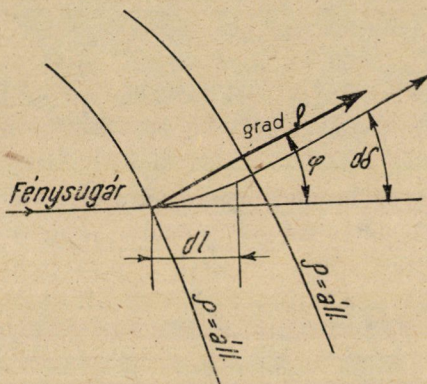
A résoptikai módszer a fénysugárnak sűrűséggradiens hatására való elhajlásán alapszik. Részletesebb ismertetését mellőznünk kell. A felsorolt szakirodalom az idők folyamán kialakult sokféle résoptikai rendszert teljes alapos-  
sággal ismerteti, így ezen fejezetben csak a későbbiek megértéséhez szükséges elvi alapokat tekintjük át. Ismeretes, hogy :

$$d\delta = \frac{\partial \varrho}{\partial f} \frac{n_0 - 1}{\varrho_0} \sin \varphi dl, \quad (1)$$

ahol  $d\delta$  a fénysugárnak  $dl$  hosszon történt elhajlása (1. ábra);  $\frac{\partial \varrho}{\partial f}$  a sűrűséggradiens ( $f$  a  $\varrho = \text{áll. felületek normálisa}$ );  $n_0$  a  $\varrho_0$  sűrűségű levegő törésmutatója;  $\varphi$  a sűrűséggradiens és a fénysugár által bezárt szög és  $l$  a fénysugár hossza mentén mért távolság [1]. A szögelhajlás olyan, hogy az elhajlott fénysugár a sűrűséggradiens és a beeső fénysugár meghatározta síkba esik, a fénysugár mintegy a sűrűséggradiens irányában hajlik el. Véges  $l$  hosszon történő elhajlás az (1) integrálásával adódik.



A résoptikai módszer legcélszerűbben a síkáramlások vizsgálatára alkalmazható. Ilyenkor ugyanis a sűrűséggradiens — a határrétegeket nem tekintve — az áramlás síkjával párhuzamos. Ha tehát a fénysugarat az áramlás síkjára merőlegesen bocsátjuk át az áramló közegen, akkor a fénysugár és a sűrűséggradiens bezárta  $\varphi$  szög derékszög  $s$  a fénysugár eltérítése a lehető legnagyobb értékű lesz  $s$  a sűrűséggradiens eloszlása  $s$  fényelhajlás szögének ismeretében megállapítható. A fénysugár elhajlása azonban kicsiny szögű, így kimutatása csak megfelelő berendezéssel lehetséges.



1. ábra. A fénysugár elhajlása sűrűséggradiens jelenlétében

Az  $L$  fényforrás (2. ábra) megvilágította  $S_1$  rés pontjaiból kiinduló fénysugarakat a  $T_1$  parabolikus tükör párhuzamosítja, minthogy az  $S_1$  rés a tükör fókuszában van elhelyezve. A véges  $s_1$  méretű rés egyes pontjaiból jövő, külön-külön párhuzamos elemi fénynyalábok együttvéve széttartó fénynyalábot adnak. A széttartás szöge a

$$\beta \cong \frac{s_1}{f_1}$$

összefüggésből számítható. Ez a fénynyaláb a vizsgált síkáramlason ( $M-M$ ) áthaladva a  $T_2$  tükörrre esik. A  $T_2$  parabolikus tükörtől  $f_2$  fókusz távolságban elhelyezett  $S_2$  élnél a fénynyaláb  $s_2$  szélességűvé fókuszálódik. Az

$$\frac{s_2}{f_2} \cong \beta \text{ összefüggés alapján } s_2 = \frac{f_2}{f_1} s_1$$

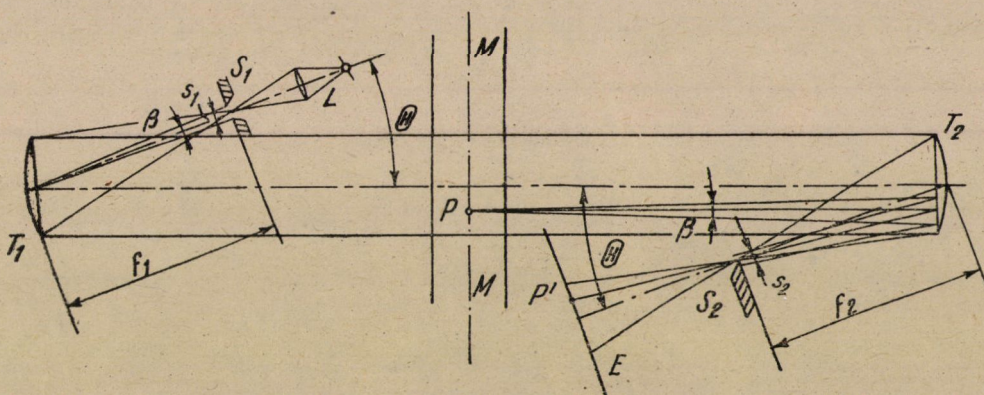
adódik. A fénynyaláb az  $E$  ernyőn vagy fényképező lemezen fogjuk fel, amelyet úgy helyezünk el, hogy rajta az  $M-M$  síknak a  $T_2$  tükör által leképzett éles képe jelenjék meg. Így pl. a  $P$  pontnak az ernyőn a  $P'$  felel meg.

Az  $S_2$  élnél a fénynyaláb tengelyére merőleges irányban való mozgatásával az  $E$  ernyő megvilágításának erősségét változtathatjuk. Az  $s_1$  résméretnek



ugyanis az  $s_2$  résméret felel meg a  $T_1$  és  $T_2$  tükrökön való leképzés után s így az  $s_2$  méret csökkentése lényegileg az  $s_1$  méret csökkentésének, azaz a megvilágítás gyengítésének felel meg és fordítva. A  $P$  ponton áthaladó fénysugarak tehát — amelyek a fentiek szerint  $\beta$  szöggel széttartanak — az  $S_2$  él helyén egy  $s_2$  szélességű fényfoltot képeznek, s az  $S_2$  él mozgatásával a  $P'$  képpont megvilágítását erősítjük vagy gyengítjük.

Tegyük fel ezek után, hogy a  $P$  ponton áthaladó fénysugarak sűrűséggradiens hatására valamely  $\delta$  szöggel elhajlanak ( $\delta$  nagysága adott esetben (1) alapján számítható). Ez azt jelenti, hogy a pontból kiinduló  $\beta$  kúpszögű fénykúp tengelye is elhajlik  $\delta$  szöggel, és hogy az  $S_2$  él helyén levő  $s_2$  átmérőjű fényfolt helye  $b = \delta \cdot f_2$  értékkel eltolódik az  $S_2$  élhez képest. Ennek megfelelően



2. ábra. A kéttükrös résoptikai rendszer elve

a  $P'$  pont megvilágítása a környezetéhez képest megváltozik, világosabb vagy sötétebb lesz aszerint, hogy az  $S_2$  élt a fénynyaláb melyik oldalán helyezük el.

Ily módon az  $M-M$  síkban, illetve a síkáramlásban mutatkozó sűrűséggradiens-eloszlásról szemléletes képet kapunk. Mivel a fényelhajlás a sűrűséggradiens (és a beeső, az  $M-M$  síkra merőleges fénysugár) meghatározta síkban történik, ezzel a módszerrel csak a sűrűséggradiensnek az  $S_2$  élre merőleges komponense mutatható ki. Az  $S_2$  (és ugyanakkor az  $S_1$ ) élnél a fénynyaláb tengelye körül történő elforgatásával azonban tetszőleges irányú komponens vizsgálhatunk.

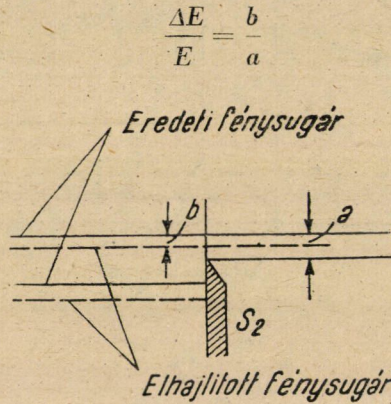
Az elsötétedés, illetve megvilágosodás mértéke a sűrűséggradiensnek az élre merőleges komponensével arányos. Így a résoptikai úton kapott képek megfelelő módon való értékelésével elvileg mennyiségi vizsgálatokat is végezhetünk. Az ilyen mérés összehasonlításon alapszik. A sűrűséggradiens okozta tónusváltozást kalibrált prizmaon mutatkozó tónusváltozással hasonlítjuk össze. Sajnos azonban a határréteg miatt a vizsgált áramlások csak közelítőleg kétdimenziósak. Ezenkívül az áramlási teret, a szélcsatorna mérőterét határoló



ablakokon való fénytörés, azok nem parallel és homogén volta esetében, szintén meghamisíthatja a számszerű eredményeket. Ezekre való tekintettel a résoptikai módszert leginkább csak minőségi megfigyelésekre használjuk. Tekintve a nagysebességű áramlások területén még megoldásra váró nagyszámú problémát, ez a minőségi vizsgálati módszer is kiváló kutatási segédeszközt jelent.

A berendezés érzékenységét kell még megvizsgálnunk. Érzékenység alatt definíciószerűen a  $\delta$  szögeltérés hatására az ernyőn előálló megvilágításváltozásnak ( $\Delta E$ ) s az alapmegvilágításnak ( $E$ ) viszonyát értjük és főképpen a különböző résoptikai rendszerek összehasonlítására használjuk.

A megvilágítás ( $E$ ) az  $S_2$  él által szabadon hagyott  $a$  fénynyaláb-szélességgel arányos, így a 3. ábra jelöléseivel:



3. ábra. Az érzékenység számításához szükséges adatok

ha  $b$  a fénynyaláb  $\delta$  szögeltérés hatására létrejött eltolódása. A  $b = \delta \cdot f_2$  összefüggés alapján ez a

$$\frac{\Delta E}{E} = \delta \cdot \frac{f_2}{a}$$

alakba is írható.

Látható, hogy az érzékenység az  $f_2$  fókusztávolság nagyra való választásával növelhető. Ez a méret egy meglevő berendezésnél állandó érték. Az  $a$  méret, az  $S_2$  él által átbocsátott fénynyaláb vastagsága azonban változtatható. Az  $a$  csökkentésével az érzékenység növekszik. Mégsem lehet azonban  $a$ -t zérusra csökkenteni, mert ekkor a rendszer csak a fénysugarat az  $S_2$  éltől elhajlító sűrűséggradiensre érzékeny, az él felé hajlító gradiensre ellenben az érzékenység zérus. Így az  $a$  méretre optimum adódik, amely legcélszerűbben a kísérletek alkalmával állapítható meg az  $S_2$  él állítgatásával.

Az érzékenység általában még úgy is növelhető, hogy a fénynyalábót nem egyszer, hanem többször is átvezetjük a vizsgált áramláson. Ez az eljárás

az itt ismertetett rendszertől eltérő résoptikai rendszereket eredményez, amelyek leírása a felsorolt szakirodalomban [2, 3] megtalálható, s amelyekre itt nem térünk ki.

Az Áramlástan Tanszéken megvalósított berendezés (»kéttükros« berendezés) előnye, hogy a fénynyaláb mindenütt merőleges az áramlás síkjára, emiatt s az egyszeri áthaladás miatt a leképzés mindenütt pontos és éles. Hátránya a kisebb érzékenység és a  $\Theta$  építési szögből (2. ábra) adódó asztigmatikus hiba. Ez utóbbi — mint ismeretes — abban mutatkozik, hogy a parabolikus tükrök a  $\Theta/2$  szög alatt beeső párhuzamos fénysugarakat nem egy fókuszba, hanem két, egymásra merőleges, a jelen elrendezés mellett kb. függőleges, illetve vízszintes egyenes-darabra gyűjtik össze, amelyek a tükörtől különböző távolságra vannak. Ez egyrészt azt jelenti, hogy az  $S_2$  élnek a  $T_2$  tükörtől való távolsága más kell legyen függőleges él, és más vízszintes él esetén, másrészt, hogy közbeeső élhelyzetekre nem ad a rendszer tökéletes réshatást. Kicsiny ( $6-7^\circ$ )  $\Theta$  szögeknél ez a hiba nem nagy és hatása elhanyagolható.

#### A szikrakeltő berendezés leírása

A tanszéken létesített berendezésen az állandó megfigyelés céljára alkalmas fényforrás ( $L$ ) izzólámpa. Ugyanezt az izzólámpát használjuk fényforrásul fényképezésnél is.

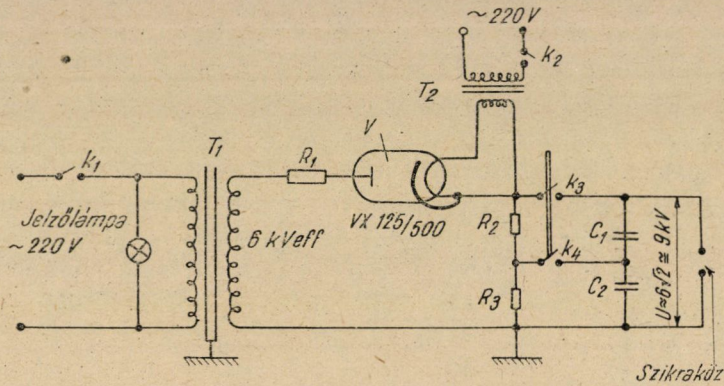
Ismeretes azonban [4], hogy a nagysebességű áramlásokban keletkező lökeshullámok nem stacionáriusak: igen gyors rezgéseket végeznek. Így a szemmel megfigyelt képeken vagy a szokásos fényképezőgép-zárakkal exponált felvételeken a lökeshullámok képe elmosódott. A lökeshullámok pontos strukturájának tanulmányozása céljából ezért rövid (kb.  $10^{-6}$  mp) expozíciós idő mellett nagy fényerőt adó fényforrást kellett alkalmaznunk. Erre a célra az elektromos kisülés, a szikra látszott legmegfelelőbbnek, minthogy a berendezés kivitelezésekor megfelelő rövid expozíciót és elegendő fényerőt adó gáztöltésű villanólámpa nem állott rendelkezésünkre. A szikrakeltő berendezést az alábbiakban ismertetjük.\*

A szikrakisüléshez szükséges energiát a  $C_1 = C_2 = 0,125 \mu F$  kondenzátorokban halmozzuk fel (4. ábra). A kondenzátorok feltöltése a  $T_1$  transzformátor által szolgáltatott és a  $V$  egyenirányítócső egyenirányította nagyfeszültséggel történik. Az  $R_1$  védőellenállás megakadályozza a csőre káros nagyságú töltőáram kifejlődését. Tekintve, hogy megfelelő üzefeszültségű kondenzátorok nem álltak rendelkezésünkre, két  $C_1 = C_2 = 0,125 \mu F$ , 10 kv = próbafeszültségű sorbakötött kondenzátort kellett alkalmaznunk. Az egyenlő feszültség-

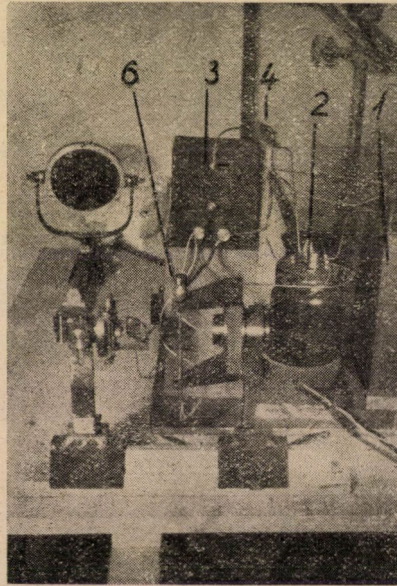
\* Ezen ismertetésért Nits Károly tanársegédnek, a tanszék munkatársának, a szikrakeltő berendezés megtervezőjének tartozom köszönettel.



eloszlást az  $R_2$ ,  $R_3$  feszültségosztó lánc biztosítja. Az egyes szikrák előállításához azonban a töltőfeszültséget le kell kapcsolni kisütés előtt a kondenzátorok sarkairól, mert különben szikrasorozatot kapnánk. Ezzel egyidejűleg a feszültség-



4. ábra. A szikrakeltő berendezés kapcsolási rajza



5. ábra. A szikrakeltő berendezés fényképe az első parabolikus tükörrel

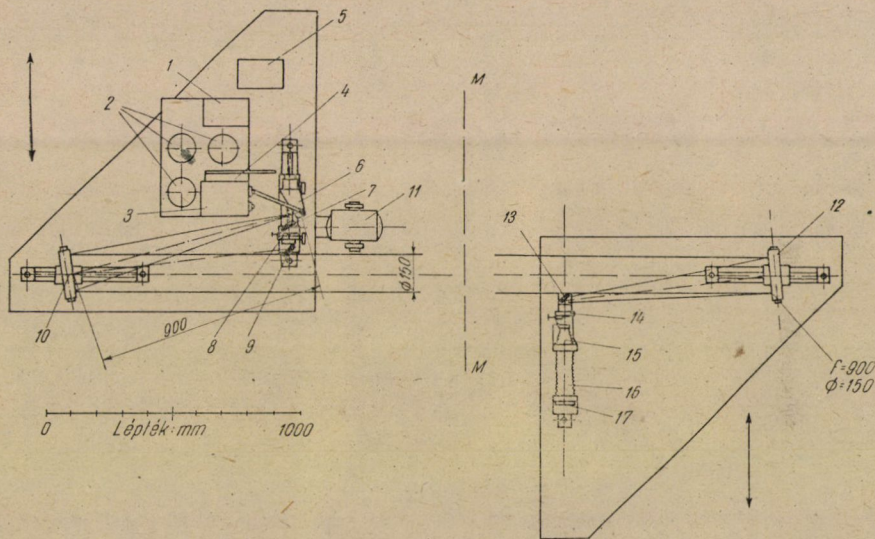
osztó láncot is le kell kapcsolni; mert ellenkező esetben a kondenzátorok ezeken keresztül kisülnének. Erre a célra való a  $k_3$ ,  $k_4$  kontaktusokkal rendelkező kapcsoló. Itt bekapcsolásnál először a  $k_4$  majd a  $k_3$  zár, kikapcsolásnál pedig meg-



fordul a sorrend. A berendezés fényképe az 5. ábrán látható. Az ábrába írt számok jelentése: (1): transzformátor; (2): ellenállások; (3): kondenzátorok; (4):  $k_3$ ,  $k_4$  jelű kapcsoló; (5): fűtőtranszformátor (6. ábra); (6): szikraköz.

### A résoptika leírása

A szikrakeltő berendezéshez, mint fényforráshoz csatlakozik a résoptika többi része, amely a 6. és 7. ábrán feltüntetett vázlatok, valamint a 8., 9. és 10. fényképek alapján tekinthető át.



6. ábra. A résoptikai berendezés vázlata

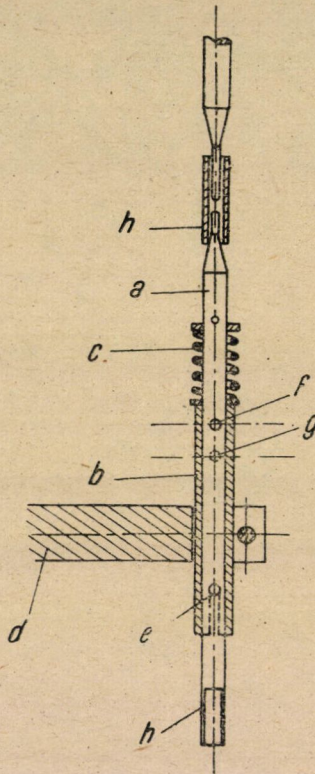
A fényképfelvételek szempontjából fontos, hogy a szikraközön egyetlen kisülés történjék. E célból a szikraköz alsó elektródája a 7. ábra szerint van kialakítva. Az  $a$  elektródát a  $b$  rézesőben a  $c$  rugó rántja fel a szikrakisüléshez megkívánt távolságra, melynek betartását az  $e$  ütköző biztosítja. Nyugalmi állapotban, kisítés előtt az alsó elektródát az  $f$  és  $g$  furatokba illesztett pecek tartja a felső elektródától olyan távolságban, hogy kisülés biztosan ne történhessék. A távolságok beállítása a  $b$  csőnek a  $d$  bakelit-tartóban való mozgatásával történik. A hajlékony földelővezeték a  $h$  csavarmenetnél csatlakozik az elektródához.

Ezek szerint a fényképfelvétel exponálásához szükséges szikra előállítását úgy történik, hogy a  $k_3$ ,  $k_4$  kapcsoló segítségével a kondenzátorokat feltöltjük, majd a töltőáramkörrel kikapcsoljuk. Ezután a szikraközben távolságot tartó



pecekzsinór segítségével történő hirtelen eltávolításakor az elektróda felcsapódik, s a kisülés megtörténik. Az elektródának az alsó helyzetben való rögzítése után a kondenzátorok ismét feltölthetők. A nagyfeszültség miatt a berendezés kezelése kellő óvatosságot követel.

Az elektródákra 1 mm belső átmérőjű üvegcső húzható fel. Ezt, sajnos az üveg felületének megolvadása és elhomályosodása miatt minden felvételhez



7. ábra. A szikraköz vázlata

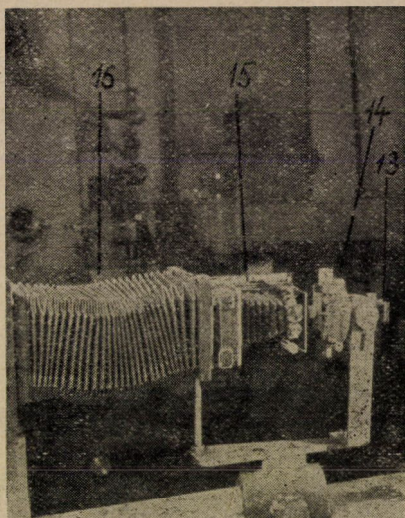
cserélni kell. Így azonban a szikra éles szélű fényforrást képez, és minden külön  $S_1$  rész alkalmazása nélkül a parabolikus tükör fókuszába állítható. A fény útja ilyenkor a (6) szikraköztől közvetlenül a (10) parabolikus tükörhöz vezet (6. ábra). A szikraköz fényképe az 5. ábrán látható. A befogófej vízszintes tengely körül forgatható s így a sűrűséggradiens tetszőleges irányú komponense vizsgálható a fentebb mondottak alapján. A szikraköz kialakítása egyéb fénymenettel való kísérletezést is lehetővé tesz, a tapasztalatok szerint azonban a megvalósított közvetlen fényút biztosítja a legjobb fénykihasználást.

A szikra folyamatos megfigyelésre természetesen nem alkalmazható. Ilyen célokra és olyankor, ha hosszú expozíciós idő is megfelelő, fényforrásul



a (11) lámpa való. Az 500 wattos izzólámpa fényét lencserendszer a (7) síktükör segítségével a (8) részre fókuszálja. A rés szélessége két csavarral szabályozható, s a résfej a fénysugár tengelye körül forgatható. A résről a fény a (9) síktükör segítségével jut a parabolikus tükörré.

Az áramlás síkján ( $M-M$ ) áthaladó fénynyaláb útja ezután a (12) parabolikus tükörig, majd a (13) síktükörtől visszaverve a (14) részben levő  $S_2$  élig vezet. Ez a résfej is forgatható a vízszintes tengely körül. A résfejhez a (15) fényképezőgép csatlakozik. (6. és 8. ábra). Ennek lencsáját eltávolítottuk s a lemezt befogadó kazetta helyére a (16) kihuzat illeszthető. A fényérzékeny lemez ezen kihuzat után a (17) kazettában foglal helyet, ide illeszthető a homályos



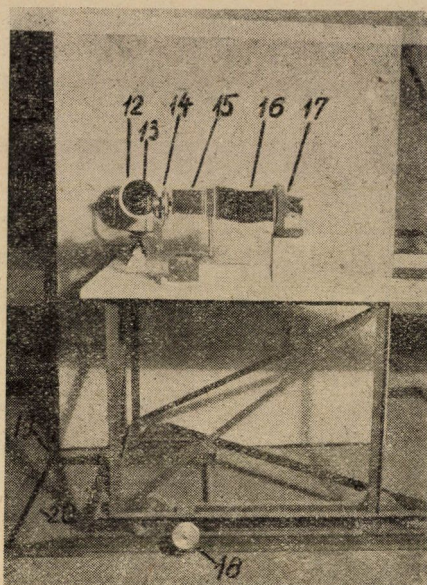
8. ábra. A berendezés egyik részlete

üveg is, amelynek segítségével az élesreállítás elvégezhető. Így a (15) fényképezőgép tulajdonképpen csak a zár szerepét játsza, optikai feladatot nem teljesít.

A tapasztalat szerint igen fontos, hogy a rések ( $S_1$ ,  $S_2$ ) a parabolikus tükrök fókuszában legyenek. Különösen fontos ez a második rés ( $S_2$ , 14) esetében, mert a kép egyenletes alaptónusa csak így biztosítható. Ezért a résoptika valamennyi alkatrésze prizmákon elcsúsztható, ami különben az élesreállítás szempontjából is előnyös.

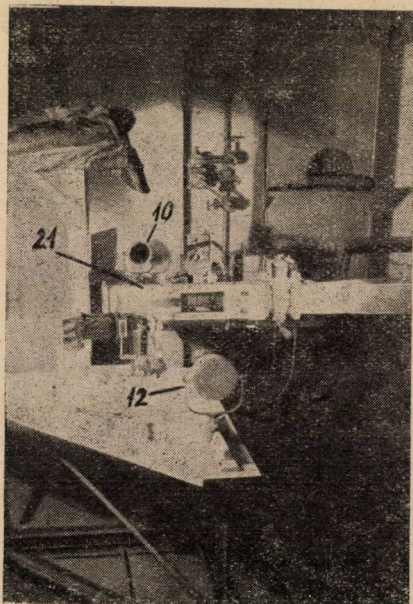
Az egész berendezés két vasszerkezetű állványra (9. ábra) fogható fel, amelyek az áramlás síkjával párhuzamosan kb. 400 mm hosszon, síneken mozgathatók. Így az áramlás a kis szélsatorna (21) egész hossza mentén kényelmesen vizsgálható (10. ábra). Az állványok a (18) jelű kézikérékkel működtetett pofás rögzítőkkal erősíthetők a sínhez a kívánt helyzetben. Az áramlás síkjára merőleges irányú mozgatás — amelynek segítségével a szélsatorna mérőteréről





9. ábra. Az elmozdítható állvány

kapott kép nagysága változtatható — a síneket rögzítő (19) csavarok oldása és a síneknek a laboratórium padlóján végigvonuló rögzítősínek mentén történő



10. ábra. A résoptikai berendezés fényképe a hangsebességű szélcsatornával (21)



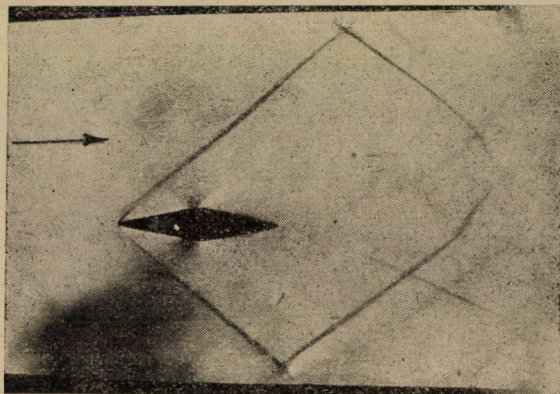
elmozdítása, majd újból való lerögzítése útján történik. Magát az optikai rendszert a következő méretek jellemzik. A parabolikus tükrök, s így a fénynyaláb átmérője : 150 mm, fókusz távolságuk  $f_1 = f_2 = 900$  mm.\*



11. ábra. Szokásos szárnyszelvény körül hangon aluli áramlásban keletkező lökéshullámok

#### Néhány résoptikai felvétel

A fent ismertetett berendezés az Áramlástan Tanszéken már régebben létesített és ismertetett [5] hangsebességű beszívó szélesatornával végezhető kísérletekhez szükséges.



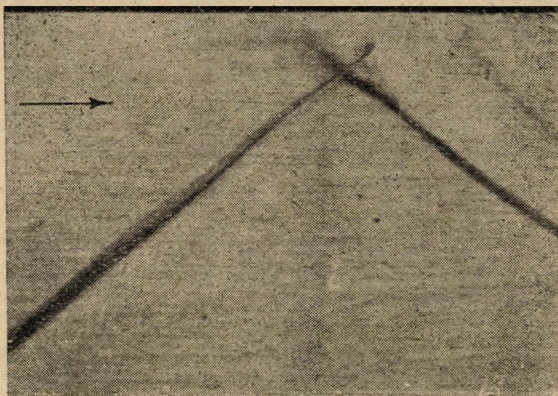
12. ábra. Sárkányszelvény körül kb. kétszeres hangsebességnél keletkező lökéshullámok

A szélesatorna mérőtere  $50 \times 20$  mm méretű. A fénynyalábot a hosszabbik oldalra merőlegesen bocsátjuk át a plexiüvegből készült falakon. Így a fénynyaláb útjának hossza a szélesatornán keresztül : 20 mm.

\*A tükrök a Bosnyákovits Ferenc cég műhelyében készültek.



Alább bemutatunk néhány újabb keletű fényképfelvételt. A felvételkor a rések helyzete függőleges volt, így a fényképeken (11–13. ábra) az áramlás irányába (lásd a nyilat) eső sűrűséggradiensek láthatók. Az áramlás irányában haladva a feketedés sűrűsége növekedést, a világosodás sűrűsége csökkenést jelent. Különösen jól láthatók a hangon túli sebességű tartományban keletkező lökeshullámok, minthogy ezeken keresztül a levegő sűrűsége ugrásszerűen változik s így a gradiens igen nagy. A 11. ábrán egy szokásos szárnymetszet körül  $M < 1$  (itt  $M$  a Mach-szám, az áramlási sebességnek és a hangsebességnek viszonya) esetén történő áramlásban keletkező lökeshullámok láthatók, a 12. ábra pedig ú. n. sárkányszelvény körül  $M \cong 2$  esetén keletkező lökeshullámokat mutatja.



13. ábra. A 12. ábra egyik részlete: a szélcsatorna faláról visszaverődő lökeshullám

Ezen felvételek  $10^{-6}$  mp nagyságrendű expozícióval készültek. Alkalmos negatív anyagnak a  $36 \times 24$  méretű Agfa ISS film mutatkozott. Az így készült felvételek részletei is jól felismerhetők és nagyíthatók. Így pl. a 12. ábra egyik részlete felnagyítva a 13. ábrán látható. A lökeshullámnak a csatornafalról való visszaverődésének nemrég tisztázott részletei [6] jól felismerhetők.

A fent ismertetett berendezés azonban nemcsak a nagysebességű áramlások kutatására alkalmas. A szikrakeltő berendezés igen rövid expozíciót tesz lehetővé, így segítségével sikerrel vizsgálhatók általában az igen gyorsan változó jelenségek. Egy ilyen, az áramlástan körébe vágó jelenség pl. a kavitáció, amely a berendezéssel kutatható.

Az expozíció idejének becslésére és az itt mondottak érzékeltetésére a 14. ábra alkalmas. Ez a felvétel 200 mm átmérőjű,  $n = 5000$ /perc fordulatszámmal forgó korongról készült. A betűk elmosódottságából az expozíciós idő becsülhető. Így  $u = 50$  m/mp kerületi sebesség mellett az  $s = 1$  mm elmosódottságnak

$$t = \frac{s}{u} = \frac{0,001}{50} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mp,}$$

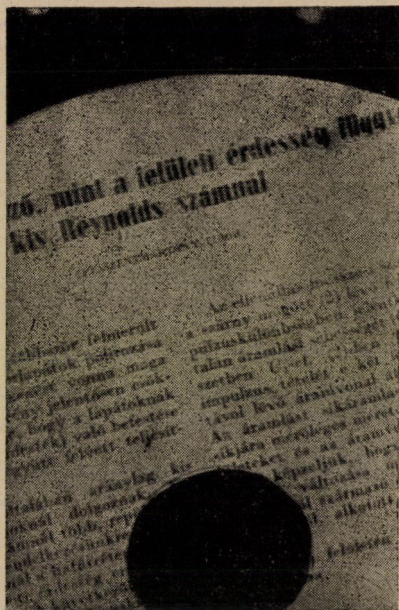


míg  $s = 0,1$  mm elmosódottságnak

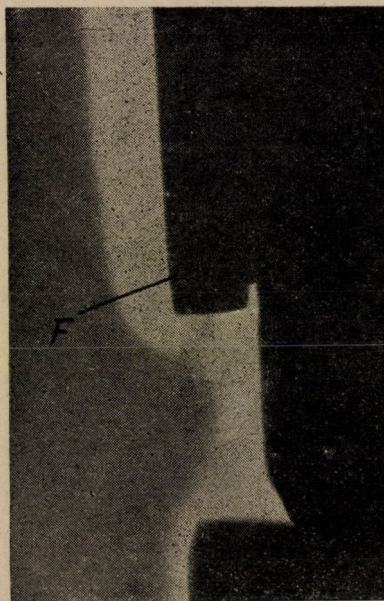
$$t = \frac{s}{u} = \frac{0,0001}{50} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mp}$$

felel meg. A mi esetünkben az elmosódottság 1 mm-nél jelentékenyen kisebb, így az expozíciós idő  $10^{-6}$  mp nagyságrendűre becsülhető.

A résoptikai módszer jól alkalmazható a hőátadás jelenségeinek kísérleti vizsgálatánál ott, ahol a melegített közeg sűrűsége változik. Ennek illusztrálására készült a 15. ábra, amelyen egy függőlegesen elhelyezett villamos főzőlap (F) környezetében kialakult termikus határréteg látható.



14. ábra. 200 mm átmérőjű,  $n = 5000$ /perc fordulatszámú korongról szikrával készült felvétel



15. ábra. Függőlegesen elhelyezett villamos főzőlap (F) környezetében képződött termikus határréteg résoptikai úton készült fényképe

Ezen munka a Magyar Tudományos Akadémia ösztöndíjtámogatásával készült. Köszönettel tartozom konzultánsomnak, Dr. Gruber József egyetemi tanárnak, úgyszintén az Áramlástan Tanszék munkatársainak, akik tanácsaikkal és közreműködésükkel munkámban nagy segítségemre voltak.



## IRODALOM

1. Gruber—Szentmártony : Gázdinamika. Budapest, 1952. 97. old.
2. Popov : Измерение воздушных потоков. Moskva, 1947. 239—255 old.
3. Liepmann, Puckett : Introduction to Aerodynamics of a Compressible Fluid. New York, 1947. 87—98. old.
4. Liepmann, Ashkenas : Shock Wave Oscillations in Wind Tunnel. Journal of the Aeronautical Sciences, Vol. 14. 1947. 295—302. old.
5. Litvai : Hangsebességű beszívó szélcsatornák. M. T. A. Műsz. Oszt. Közl. II. 2. 1952. 339—361. old.
6. Barry, Shapiro, Neumann : The Interaction of Shock Waves with Boundary Layers on a Flat Surface. Journal of the Aeronautical Sciences. Vol. 18. 1951. 229—239. old.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a résoptikai vizsgálati módszer elméleti alapjainak rövid összefoglalása után a Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástan Tanszékén létesített, egy hangsebességű beszívó szélcsatornában történő áramlási vizsgálatok céljait szolgáló kéttükrös résoptikai berendezést ismerteti. Fényforrásul szikraköz szolgál, mely  $10^{-6}$  mp nagyságrendű expozíciós időt tesz lehetővé. Végül néhány fényképfelvételt közöl nagysebességű áramlásokról, s kitér a hőátadás felenségei megfigyelésének lehetőségére is.

# A REFRAKCIÓS ÉSZLELÉSI ADATOK JAVÍTOTT KÖZELÍTŐ KIEGYENLÍTÉSE

KILCZER GYULA

Beérkezett 1952 február 19-én

Valamely refrakciós szelvény útidő-diagrammjának feldolgozása megadja a vizsgált geológiai szerkezet keresett adatait: a rétegssebességeket, dőléseket, stb., azzal a pontossággal, amelyet a refrakciós módszer természete megenged. Ezt a pontosságot korlátozza a refrakciós módszernek az a lényeges tulajdonsága, hogy az említett adatoknak esetleg több kilométeres hosszúságú szelvényre vonatkozó átlagos értékét szolgáltatja csupán, nem pedig a szelvény egyes pontjaira vonatkozó értékét, amely az átlagos értéktől lényegesen eltérhet. Az eltéréseket az átlagos értéktől az észlelési adatok részben visszatükrözik ugyan, de a feldolgozásnál ezt nem vehetjük figyelembe, az útidő-görbét egyenesekkel helyettesítjük, hogy a számításokat egyáltalában el lehessen végezni. A feldolgozásnak ebből az egyszerűsítéséből származnak azután bizonyos ellentmondások, amelyek a számítások sima elvégzését akadályozzák.

Már az első sebességágak az első rétegre általában két különböző terjedési sebességet adnak; egy értéket a szelvény egyik irányában, egy másikat az ellenkező irányban. Ez az ellentmondás még nem okoz lényeges nehézséget, mert a két érték  $v_1$ -gyel jelölendő számtani középértékét használva fel további számításaink folyamán, az ellentmondást kiküszöböltük. Nem ilyen egyszerűen elintézhető a második — és általában a többi — réteg adatainak kiszámítása. A következőkben használt jelöléseket az 1. ábra tünteti fel. Legyenek a második sebességágaknak a legkisebb négyzetek módszerével végzett kiegyenlítéssel kapott egyenletei:

$$t'_2 = \alpha'_2 x'_2 + \beta'_2$$

$$t''_2 = \alpha''_2 x'_2 + \beta''_2$$

Tudjuk, hogy az  $x$  együtthatóinak reciprok értékei adják a látszólagos sebességeket:

$$\frac{1}{\alpha'_2} = v'_2 \quad \text{és} \quad \frac{1}{\alpha''_2} = v''_2.$$





egyenletrendszerben szereplő többi mennyiséggel semmiképpen sincs összhangban.

Ha ezen a bajon segíteni akarunk, akkor mindenekelőtt meg kell vizsgálnunk, mi okozza a  $\gamma_1$ -re kapott értékek nagymértékű különbözőségét? Az (1) egyenletrendszerből

$$h'_1 - h''_1 = \frac{v_1}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} (\beta'_2 - \beta''_2).$$

Ha most a sebességágak egyenleteibe  $x = X$ -et téve a kapott időket  $T'_2$  és  $T''_2$ -vel jelöljük, vagyis

$$T'_2 = \alpha'_2 X + \beta'_2$$

$$T''_2 = \alpha''_2 X + \beta''_2$$

akkor

$$\beta'_2 - \beta''_2 = (T'_2 - T''_2) + X(\alpha''_2 - \alpha'_2)$$

és

$$\begin{aligned} h'_1 - h''_1 &= \frac{v_1}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} [(T'_2 - T''_2) + X(\alpha''_2 - \alpha'_2)] \\ &= X \frac{v_1}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} \left( \frac{1}{v''_2} - \frac{1}{v'_2} \right) + \frac{v_1 (T'_2 - T''_2)}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} \end{aligned}$$

A jobboldal első tagját átalakítjuk:

$$\begin{aligned} X \frac{1}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} \left( \frac{v_1}{v''_2} - \frac{v_1}{v'_2} \right) &= X \frac{\sin(i_{12} + \gamma_1) - \sin(i_{12} - \gamma_1)}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} \\ &= X \frac{2 \cos i_{12} \sin \gamma_1}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1} = X \operatorname{tg} \gamma_1 \end{aligned}$$

így tehát

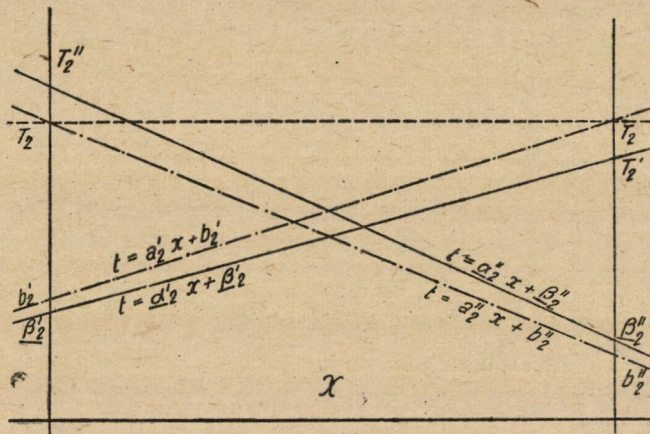
$$h'_1 - h''_1 = X \operatorname{tg} \gamma_1 + \frac{v_1 (T'_2 - T''_2)}{2 \cos i_{12} \cos \gamma_1}$$

Látjuk, hogy  $\gamma_1$ -nek kétféle úton kapott értékei csak akkor egyeznek meg egymással, ha a jobboldali második tag eltűnik; ez pedig csak akkor lehetséges, ha  $T'_2 = T''_2$ , azaz a sebességágak »végső ordinátái« (nevezzük így őket rövidség kedvéért) egymással egyenlők. Tudjuk, hogy ez az egyenlőség szükségképpen fizikai követelmény is, amely a hullámút megfordíthatóságának elve szerint azt fejezi ki, hogy a hullám a szelvényhosszúságot egyik robbantó-ponttól a másikig azonos idő alatt futja be, függetlenül a terjedés irányától. Ha ezt a fontos elvet mellőzzük, vagyis olyan sebességágakkal dolgozunk, amelyeknek végső ordinátái egymástól különböznek, akkor az előbb kimutatott ellentmondás-



hoz jutunk. Ha ezt az ellentmondást számításainkból ki akarjuk küszöbölni, akkor gondoskodnunk kell a  $T'_2 = T''_2$  alapelv teljesüléséről. Ez természetesen valamennyi sebességágra vonatkozik, nemcsak a másodikra.

Ha a sebességágakat a szokásos módon a nyers észlelési adatokból — a beérkezési időkből — a legkisebb négyzetek módszerével egyenlítettük ki, akkor általában egymástól különböző végső ordinátákat kapunk. A végső ordinátának ez a különbsége igen gyakran a szeizmikus időmérésben megengedett hiba többszöröse. Hogy egyenlő értékeket kaphassunk, az észlelési adatokat megfelelő módon meg kell változtatni. Nézzük meg a 2. ábrát. Látjuk, hogy az egyvesszős jelzésű sebességág ordinátáit növelni, a kétvesszős jelzésű sebességág ordinátáit csökkenteni kell. Az ordinátáknak ez a megváltoztatása önkényes.



2. ábra.  $t = a_2' x + \beta_2'$   $t = a_2'' x + \beta_2''$  korigálatlan sebességágak  
 $t = a_2' x + b_2'$   $t = a_2'' x + b_2''$  korigált sebességágak

Azonban úgy fizikai megfontolás alapján, mint matematikai helyesség szempontjából legmegfelelőbbnek látszik, hogy a kényszerű változtatás az ordinátákat egyenlő mértékben érje; a változtatás egyenlő arányban, egyenlő százalékkal történjék. Ez a százalék lesz egyúttal alsó határa annak a százalékos hibának, amellyel a sebességágakból számítandó adatokat meghatározhatjuk.

Legyen az előbbi jelölések alkalmazásával és az 1. ábrával egyezően  $T'_2 > T''_2$ . Ebben az esetben az egyvesszős ágat meghatározó  $t'_2$  beérkezési időket növelni, a  $t''_2$ -ket csökkenteni kell. Ha a növelés és csökkentés közös százalékos mértéke  $p$ , akkor a korigált idők

$$t'_2 + t'_2 \frac{p}{100} = t'_2 \left(1 + \frac{p}{100}\right) = t'_2 e'$$

$$t''_2 - t''_2 \frac{p}{100} = t''_2 \left(1 - \frac{p}{100}\right) = t''_2 e''$$

Ha a korrigált egyenletek

$$\begin{aligned}t'_2 &= a'_2 x'_2 + b'_2 \\t''_2 &= a''_2 x''_2 + b''_2\end{aligned}$$

akkor az  $a$  és  $b$  együtthatókat úgy kell meghatározni, hogy a

$$\begin{aligned}f(a', b') &\equiv \sum (a'_2 x'_2 + b'_2 - e' t'_2)^2 \\f(a'', b'') &\equiv \sum (a''_2 x''_2 + b''_2 - e'' t''_2)^2\end{aligned}$$

függvények értéke minimális legyen. Ezekből a feltételekből az ismeretes eljárással

$$\left. \begin{aligned}a'_2 [x^2]' + b'_2 [x]' &= e' [xt]' \\a'_2 [x]' + b'_2 [1]' &= e' [t]'\end{aligned} \right\} \text{ és } \left. \begin{aligned}a''_2 [x^2]'' + b''_2 [x]'' &= e'' [xt]'' \\a''_2 [x]'' + b''_2 [1]'' &= e'' [t]''\end{aligned} \right\}$$

egyenletrendszereket kapjuk. Ezeknek az egyenletrendszereknek szögletes zárójellekkel — a Gauss-féle jelöléssel — kifejezett együtthatói ugyanazok, mint az  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\alpha'_2$ ,  $\beta'_2$  kiszámítására szolgáló egyenletrendszerekben szereplő együtthatók. A két egyenletrendszer csak a jobboldalokon levő  $e'$  és  $e''$  szorzókban mutat különbséget. Mivel ezek a szorzók az egyenletrendszerek determinánsaiba nem kerülnek be, ellenben az egy és két vesszős  $a$  és  $b$  számlálóiiban mint közös tényezők kiemelhetők, tehát

$$\begin{aligned}a'_2 &= e' \alpha'_2 & a''_2 &= e'' \alpha''_2 \\b'_2 &= e' \beta'_2 & b''_2 &= e'' \beta''_2\end{aligned} \quad \text{és}$$

Most még  $e'$  és  $e''$  értékét kell meghatározni. A meghatározás abból a követelményből adódik, hogy

$$a'_2 X + b'_2 = a''_2 X + b''_2$$

legyen. Tehát

$$\begin{aligned}e'(\alpha'_2 X + \beta'_2) &= e''(\alpha''_2 X + \beta''_2) \\e' T'_2 &= e'' T''_2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\left(1 + \frac{p}{100}\right) T'_2 &= \left(1 - \frac{p}{100}\right) T''_2 \\100 T'_2 + p T'_2 &= 100 T''_2 - p T''_2\end{aligned}$$

$$p = 100 \frac{T''_2 - T'_2}{T''_2 + T'_2}$$



$$e' = 1 + \frac{p}{100} = \frac{2T_2''}{T_2'' + T_2'} = \frac{T_2''}{\frac{1}{2}(T_2'' + T_2')}$$

$$e'' = 1 - \frac{p}{100} = \frac{2T_2'}{T_2'' + T_2'} = \frac{T_2'}{\frac{1}{2}(T_2'' + T_2')}$$

A közös végső ordináta  $T_2' = e' T_2' = e'' T_2''$ , tehát

$$T_2 = \frac{T_2' T_2''}{\frac{1}{2}(T_2' + T_2'')}$$

vagyis a  $T_2'$  és  $T_2''$  harmonikus középárayosa. Ennek figyelembevételével

$$e' = \frac{T_2}{T_2'} \quad \text{és} \quad e'' = \frac{T_2}{T_2''}$$

Így tehát a korrigált együtthatók

$$a_2' = \frac{T_2}{T_2'} a_2' \quad a_2'' = \frac{T_2}{T_2''} a_2''$$

$$b_2' = \frac{T_2}{T_2'} \beta_2' \quad b_2'' = \frac{T_2}{T_2''} \beta_2''$$

Megjegyzendő, hogy a  $T_2'$  és  $T_2''$  harmonikus középárayosa helyett általában nyugodtan vehetjük számtani középárayosukat, mert könnyen kimutatható, hogy ha a  $T_2' - T_2''$  különbség a számtani középnek  $k$ -adrésze, akkor a számtani és harmonikus közepek különbsége ugyanennek  $(2k)^2$ -edrésze. Ha pl.  $T_2' - T_2''$  a számtani középérték 6%-a, akkor a harmonikus közép a számtaninál csupán 0,09%-kal kisebb.

Az itt ismertetett eljárással a sebességágak korrigált egyenleteinek felállítására a következő lépésekben történik:

1. Az észlelési adatokat a szokott módon a legkisebb négyzetek módszerével kiegyenlítjük a

$$t_2' = \alpha_2' x_2' + \beta_2'$$

$$t_2'' = \alpha_2'' x_2'' + \beta_2''$$

egyenletekkel, amelyekben a vesszős jelölés elhagyásával

$$\alpha = \frac{n [xt] - [x] [t]}{n [xx] - [x] [x]} \quad \text{és} \quad \beta = \frac{[t] [xx] - [x] [xt]}{n [xx] - [x] [x]}$$

$n$  az észlelések számát jelenti.

## 2. Kiszámítjuk

$$\alpha'_2 X + \beta'_2 = T'_2 \quad \text{és} \quad \alpha''_2 X + \beta''_2 = T''_2$$

végző ordinátákat. Ezekből

$$T_2 = \frac{2 T'_2 T''_2}{T'_2 + T''_2} \quad (\text{egyszerűbben } T_2 = \frac{T'_2 + T''_2}{2})$$

meghatározása után

$$\begin{aligned} a'_2 &= \frac{T_2}{T'_2} \alpha'_2 & a''_2 &= \frac{T_2}{T''_2} \alpha''_2 \\ b'_2 &= \frac{T_2}{T'_2} \beta'_2 & b''_2 &= \frac{T_2}{T''_2} \beta''_2 \end{aligned}$$

adják a korigált egyenletek együtthatóit.

Megjegyzendő, hogy az eljárás az első sebességágra is változatlanul alkalmazható és tulajdonképpen mindig alkalmazzuk is, amidőn a két irányban kapott első, sebességek számtani középértékét vesszük. Mert ha  $t_1 = \alpha_1 x_1$  és  $t_1 = \alpha_1' x_1$  az első sebességágak korigálatlan egyenletei,  $T_1 = \alpha_1 X$  és  $T_1 = \alpha_1' X$  a végző ordináták, akkor ezeknek harmonikus középértéke

$$T_1 = \frac{\alpha_1 \alpha_1' X^2}{\frac{1}{2} X (\alpha_1 + \alpha_1')} \quad \text{és} \quad \frac{T_1}{T_1'} = \frac{\alpha_1'}{\frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_1')}, \quad \frac{T_1}{T_1''} = \frac{\alpha_1}{\frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_1')}$$

és így

$$a_1' = \frac{T_1}{T_1'} \alpha_1' = \frac{\alpha_1 \alpha_1'}{\frac{1}{2} (\alpha_1 + \alpha_1')} = a_1''$$

A sebesség ennek reciprok értéke :

$$v_1 = \frac{1}{2} \frac{\frac{1}{v_1'} + \frac{1}{v_1''}}{\frac{1}{v_1'} \cdot \frac{1}{v_1''}} = \frac{1}{2} (v_1' + v_1'')$$

Az eljárás alkalmazását példán illusztráljuk.



A szelvényhosszúság  $X = 5540$  m. Az egyvesszős jelzésű sebességát meghatározó észlelési adatok és a belőlük számított összegek (egységek: m és sec):

x	t	$x^2$	xt
1390	0,8098	1932100	1125,622
1490	0,8553	2220100	1274,397
1590	0,9107	2528100	1448,013
1690	0,9562	2856100	1615,978
1790	1,0057	3204100	1800,203
1890	1,0668	3572100	2016,252
1990	1,1122	3960100	2213,278
[x]	[t]	[ $x^2$ ]	[xt]
11830	6,7167	20272700	11493,743

Észlelések száma:  $n = 7$ .  $[x]^2 = 139948900$

$$\text{Az együtthatók: } \alpha'_2 = \frac{7 \cdot 11493,743 - 6,7167 \cdot 11830}{7 \cdot 20272700 - 139948900} = 0,000509000$$

$$\beta'_2 = \frac{6,7167 \cdot 20272700 - 11830 \cdot 11493,743}{7 \cdot 20272700 \cdot 139948900} = 0,0993186$$

A korrígalatlan egyenlet:  $t'_2 = 0,000509000 \cdot x'_2 + 0,0993186$  ( $v'_2 = 1964,6365$ ). (Az együtthatókat és az előforduló mennyiségeket a pontos összehasonlíthatóság kedvéért a megengedettnél több tizedesre kellett kiszámítani.) A kétvesszős jelzésű sebességát meghatározó észlelési adatok és a belőlük számított összegek:

x	t	xx	xt
1000	0,5596	1000000	559,600
1100	0,6080	1210000	668,800
1200	0,6675	1440000	801,000
1300	0,7109	1690000	924,170
1400	0,7674	1960000	1074,360
1500	0,8178	2250000	1226,700
1600	0,8673	2560000	1387,680
1700	0,9228	2890000	1568,760
[x]	[t]	[xx]	[xt]
10800	5,9213	15000000	8211,070

Észlelések száma:  $n = 8$ .  $[x]^2 = 116640000$ .

$$\text{Az együtthatók: } \alpha''_2 = \frac{8 \cdot 8211,070 - 5,9213 \cdot 10800}{8 \cdot 15000000 - 116640000} = 0,000517417$$

$$\beta''_2 = \frac{5,9213 \cdot 15000000 - 10800 \cdot 8211,070}{8 \cdot 15000000 \cdot 116640000} = 0,0416500$$

A korrígalatlan egyenlet:  $t_2'' = 0,000517417 \cdot x_2'' + 0,0416500$  ( $v_2'' = 1932,6650$ )

A végső ordináták:

$$T_2' = 0,000509000 \cdot 5540 + 0,0993186 = 2,91918 \text{ sec}$$

$$T_2'' = 0,000517417 \cdot 5540 + 0,04116500 = 2,90814 \text{ sec}$$

A végső ordináták harmonikus középárányosa:  $T_2 = 2,91365$ .

$$\frac{T_2}{T_2'} = 0,99813, \quad \frac{T_2}{T_2''} = 1,00187$$

Ezekkel a koefficiensekkel korrígalt egyenletek:

$$t_2' = 0,0005080479 \cdot x_2' + 0,0991329 \quad (v_2' = 1968,32)$$

$$t_2'' = 0,0005183876 \cdot x_2'' + 0,041728 \quad (v_2'' = 1929,05)$$

Al átszólagos sebességeket az egyenletekkel együtt már feltüntettük. Számítsuk ki a réteg többi adatát is, mégpedig először a korrígalatlan mennyiségekből:

$$\bullet \quad \sin(i_{12} - \gamma_1) = \frac{v_1}{v_2'} = \frac{1700}{1964,6365} = 0,86530 \quad i_{12} - \gamma_1 = 59^\circ 55'$$

$$\sin(i_{12} + \gamma_1) = \frac{v_1}{v_2''} = \frac{1700}{1932,6650} = 0,87961 \quad i_{12} + \gamma_1 = 61^\circ 36'$$

$$r_2 = \frac{v_1}{\sin i_{12}} = \frac{1700}{\sin 60^\circ 45'} = 1948,5 \quad i_{12} = 60^\circ 45'$$

$$h_1' = \frac{1770 \cdot 0,099319}{2 \cos 60^\circ 45' \cos 0^\circ 50'} = 172,80 \quad \gamma_1 = 0^\circ 50'$$

$$h_1'' = \frac{1700 \cdot 0,041650}{2 \cos 60^\circ 45' \cos 0^\circ 50'} = 72,46$$

$$\tan \gamma_1 = \frac{100,34}{5540}. \quad \text{Ebből } \gamma_1 = 1^\circ 02' 15''.$$

Tehát a mélységi adatokból számítva  $\gamma_1 = 1^\circ 02' 15''$ , szemben a látszólagos sebességekből számított  $\gamma_1 = 0^\circ 50'$  értékkel.

Másodszor számítsuk ki az adatokat a korrígalt mennyiségekből:

$$\sin(i_{12} - \gamma_1) = \frac{v_1}{v_2'} = \frac{1700}{1968,32} = 0,86368 \quad i_{12} - \gamma_1 = 59^\circ 43' 54''$$

$$\sin(i_{12} + \gamma_1) = \frac{v_1}{v_2''} = \frac{1700}{1929,05} = 0,88126 \quad i_{12} + \gamma_1 = 61^\circ 47' 42''$$

$$r = \frac{v_1}{\sin i_{12}} = \frac{1700}{\sin 60^\circ 45' 48''} = 1948,18 \quad i_{12} = 60^\circ 45' 48''$$



$$h_1' = \frac{1700 \cdot 0,099133}{2 \cos 60^\circ 45' 48'' \cos 1^\circ 01' 54''} = 172,55 \quad \gamma_1 = 1^\circ 01' 54''$$

$$h_1'' = \frac{1700 \cdot 0,041728}{2 \cos 60^\circ 54' 48'' \cos 1^\circ 01' 54''} = 72,63$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{99,92}{5540}. \quad \text{Ebből } \gamma_1 = 1^\circ 01' 59''$$

Tehát a mélység-adatokból számítva  $\gamma_1 = 1^\circ 01' 59''$ .

Az eredmények összehasonlításából kitűnik, hogy a korrigálás teljesen megszünteti azt az ellentmondást, amelyet a korrigálatlan adatokból történő számításnál a dőlésszögre kapott két különböző érték okoz. A bemutatott példánál a két érték eltérése egymástól kb 20%-os; a korrigálás ezt kiküszöböli anélkül, hogy a többi adatot a változtatás lényegesen befolyásolná. Amint látható, a többi adat megváltozása 0,2%-os. Ezek szerint az ismertett eljárás előnyösen alkalmazható a refrakciós észlelések feldolgozásánál.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Ha a refrakciós szelvény kétoldali meglövésénél kapott útidőgörbéket, amelyek — egyes kivételes terepeken készült felvételeket figyelmen kívül hagyva — egyenesvonalú szakaszokból állanak, egymástól függetlenül egyenlítjük ki, akkor a látszólagos sebességekből számított dölések többnyire igen erősen eltérnek a robbantópontok alatti mélységekből és a szelvényhosszúságból is meghatározható dőlésértékektől. Ennek az eltérésnek oka az, hogy az összetartozó sebességágak végső, vagyis a kiindulási robbantóponttal ellenkező szelvényvégponthoz tartozó ordinátái nem egyenlők, habár a hullámút megfordíthatóságának elve alapján egyenlőknek kellene lenniök. Az eltérés a kiértékelés folyamán további ellentmondásokra vezet. A dolgozat közelítő kiegyenlítő eljárást mutat be, amely az ellentmondások keletkezésének elejét veszi.

# A REFRAKCIÓS SZEIZMIKUS KUTATÓ MÉRÉSEK ADATAINAK KIEGYENLÍTÉSÉHEZ

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL rendes tag

Beérkezett 1952 május 17-én

*Kilczér Gyula* »a refrakciós észlelési adatok javított közelítő kiegyenlítése« című tanulmányához, mint egyik felkért lektornak az alábbi észrevételeim vannak.

A szeizmikus mérések terjedési sebességének szabatosabb meghatározását kiegyenlítés útján viszonylag hosszabb idő óta szorgalmaztam, márcsak azért is, hogy a különböző közelítési módszerek megbízhatósági fokát a szigorú kiegyenlítéssel kapott értékekkel való összehasonlítás útján le tudjuk mérni. Így alkalmazták azután tanítványaim, *Bognár János*, *Takács Ernő*, *Tersánszky László* és *Zoltán Győző* a Geofizikai Intézetben végzett nyári gyakorlatuk alatt a közvetítő mérések kiegyenlítésének módszerét.

*Kilczér Gyula* említett tanulmányában most felismerte, hogy az odamérésből és visszamérésből külön-külön kiegyenlített értékek egymástól nem függetlenek, s a sebesség végső ordinátájára kapott két értéknek egymással egyezniük kell. *Kilczér* ezt úgy éri el, hogy a két eltérő érték számtani középértékét veszi végleges eredménynek és ehhez viszonyítva mindkét ág közbülső értékeit százalékosan megjavítja. Így *Kilczér* az eddigéhez viszonyítva kétségtelenül jobb eredményeket kap és ez is érdemül számít,

Csak hogy ez a módszer még mindig nem szigorú módszer. Mert ha a két úton számított értéknek egymással egyezni kell, akkor ez a közvetítő mérések keresett ismeretlenjei között fönnálló kényszerföltételi egyenletet ad, és megfelelően pl. sorbafejtéssel lineárisná téve az u. n. negyedik kiegyenlítési csoporthoz: a közvetítő mérések kiegyenlítéséhez kényszerföltételi egyenletekkel vezet. (*L. Tárczy-Hornoch Antal*: A kiegyenlítő számítás II. kiadás 192—197. old.) Jelen esetben csak egy kényszerföltételi egyenlet van, de viszont legtisztább példája ennek a kiegyenlítési csoportnak.

A feladat szigorú kiegyenlítésének elvégzésével *Alpár Gyula* akadémiai ösztöndíjas tanársegédet bíztam meg, aki soraimhoz csatlakozó vizsgálatában a *Kilczér*-féle számítási példát szigorúan kiegyenlíti. Esetünkben a szigorú módszer eredménye nem nagyon tér el a *Kilczér*-féle eredményektől. Oka részben abban keresendő, hogy az odamérésnél és visszamérésnél a kiegyenlítésbe bevont pontok száma csak eggyel különbözik. Nyilvánvaló, hogy mentül el-



térőbb számú pont van az oda- és visszafelé menő sebességágban, annál torzítottabb eredményt ad a két úton kapott értékek számtani közepese. Ez utóbbin az egyes sebességágokban szereplő pontok számát tekintetbevevő mérési súlyok bevezetésével lehetne bizonyos fokig segíteni. *Alpár* vizsgálata erre is kiterjed, s így a Kilczer-féle közelítő kiegyenlítés alkalmazásának megengedhetőségi határát kiterjeszti.

Végül a Kilczer-féle tanulmánynak azzal a megállapításával kell foglalkoznunk, hogy a végső ordinátáknak a különbsége igen gyakran a szeizmikus időmérésben megengedett hiba többszöröse. Ez a probléma a kényszerföltételi egyenlettel való kiegyenlítésnél föl nem merül. A megfogalmazott alakban pedig félreértésekre adhat alkalmat, mert a mérési hibák tulajdonságait, így a hiba többszörösének előfordulását is, a Gauss-féle haranggörbe törvényszerűsége szabályozza.

# SZEIZMIKUS REFRAKCIÓS MÉRÉSI ADATOK SZIGORÚ KIEGYENLÍTÉSE

ALPÁR GYULA

Béérkezett 1952 május hó 19-én

A szeizmikusz refrakciós mérési adatokat eddig is kiegyenlítették, mégpedig a közvetítő megfigyelések kiegyenlítésének ismert módszere szerint, de nem törődtek azzal a további feltételi egyenlettel, amely a rétegdőlés és a robbanásponatok alatti mélységek közt fennáll. *Kilczer* vonta be számításába először ezt a feltételt is, hogy a további számítások során zavaró ellentmondásokat így kiküszöbölje. A mérési adatok rész-kiegyenlítése után az említett feltétellel szemben még fennálló ellentmondást *Kilczer* egyszerűen százalékosan szétosztja, holott ez nyilvánvalóan önkényes eljárás. *Dr. Tárczy-Hornoch Antal* professzorom tanácsára foglalkoztam a feladat kiegyenlítésével és összehasonlításul *Kilczer* példáját választottam. Ennél a példánál ugyan nem nagy a *Kilczer*-féle módszernél elkövetett hiba, mert úgy az oda, mint a visszamérés kb. egyező számú megfigyelést tartalmazott és így a két sebességág pontosság szempontjából nagyjából egyenértékűnek (egyenlő súlyúnak) vehető. Pontosabb eredményeket kaphatnánk, ha a több megfigyelésből kapott sebességágot nagyobb súlyúnak véve számítanánk a súlyos középértéket és végeznénk a hiba elosztását. Azonban még így is csak önkényes szétosztásról van szó.

A szabatos megoldást a közvetítő megfigyelések kiegyenlítése kényszerfeltételi egyenletekkel, az u. n. IV. kiegyenlítési csoport adja. (L. *Dr. Tárczy-Hornoch Antal*: A kiegyenlítő számítás II. kiadás 1950. 192—197. old.) Ez aránylag ritkán alkalmazott kiegyenlítési eljárás és újabban mindinkább csökkent a jelentősége, mert tiszta kényszerfeltételi egyenletek a geodéziában keveset fordulnak elő. Ha pedig a kényszerfeltételi egyenletekbe is kénytelenek vagyunk javításokat bevinni, ahogy azt a növekvő pontossági követelmények ma már mindinkább megkívánják, akkor már a tiszta közvetítő megfigyelések kiegyenlítésével van dolgunk. A jelen példánál fennálló feltétel azonban a legtisztább matematikai kényszerfeltétel, amelyben javításoknak helye nincs és így iskola-példája lehetne az említett kiegyenlítési csoportnak. Lényeges változtatást a számolásban ez az új módszer nem jelent, ugyanis az ismeretlenek közt fennálló kényszerfeltételi egyenletekből valamelyik ismeretlent kifejezve és visszahelyettesítve a közvetítő egyenletekbe, a közvetítő megfigyelések kiegyenlítésének megszokott módszere szerint számolhatunk. Ha az egyenletek nem



lineárisak, úgy közelítő értékek bevezetésével ismert módon, sorbafejtéssel kell ezeket lineárisra tennünk. Általánosságban tehát felírhatjuk a közvetítő egyenleteket a nemzetközileg szokásos jelölések szem előtt tartásával :

$$\begin{aligned} u_1 &= a_1 x + b_1 y + c_1 z + d_1 w + l_1 \\ u_2 &= a_2 x + b_2 y + c_2 z + d_2 w + l_2 \\ &\vdots \\ u_n &= a_n x + b_n y + c_n z + d_n w + l_n \end{aligned} \quad (1)$$

ahol a közhasználatnak megfelelően az abc utolsó betűi jelölik az ismeretleneket. (Kilczer az ismeretleneket görög betűkkel és az adott távolságokat  $x$ -el jelöli.)

Legyen továbbá az esetünkben fennálló egy kényszerfeltételi egyenlet :

$$A_1 x + A_2 y + A_3 z + A_4 w + A_0 = 0 \quad (2)$$

és a fentiek szerint ebből pl.  $w$ -t kifejezve :

$$w = A'_1 x + A'_2 y + A'_3 z + A'_0 \quad (3)$$

Ha ezt (1)-be behelyettesítjük, a megmért értékeket  $o$ -val, javításait  $v$ -vel jelöljük, kapjuk az alábbi egyenleteket :

$$\begin{aligned} u_1 &= a'_1 x + b'_1 y + c'_1 z + l'_1 = o_1 + v_1 \\ u_2 &= a'_2 x + b'_2 y + c'_2 z + l'_2 = o_2 + v_2 \\ &\vdots \\ u_n &= a'_n x + b'_n y + c'_n z + l'_n = o_n + v_n \end{aligned}$$

Mint látható a feltételi egyenlet számításainkban tovább már nem szerepel és a kiegyenlítésben csak három ismeretlennel kell számolnunk, mert a kényszerfeltételi egyenlet segítségével egy ismeretlent kiküszöböltünk. A kiegyenlítésben általában a független ismeretlenek száma annyival csökken, ahány kényszerfeltételi egyenlet szerepel. A kiküszöbölt ismeretleneket befejezésül a kényszerfeltételi egyenletekből számítjuk. Így a szeizmikus mérési adatok feldolgozásánál kialakult gyakorlattal ellentétben itt a két sebességágot együtt kell kiegyenlíteni, amint ezt a köztük fennálló kényszerfeltételi egyenlet is megkívánja.

Jelen példánál a közvetítő egyenletek egyszerűek és általános alakjuk :

$$t = ax + y$$

vagy Kilczer jelölése szerint :

$$t = ax + \beta$$

Mivel a továbbiakban kénytelen leszek az összehasonlítás kedvéért úgy a nemzetközi, mint a Kilczer-féle jelölést használni, rögzítem itt a jelölések közti össze-

függéseket. A továbbiakban tehát a Kilczer-féle  $\alpha'_2, \beta'_2, \alpha''_2, \beta''_2$  ismeretleneknek sorban  $x, y, z$  és  $w$  felel meg nálunk. További tévedésekre ad alkalmat, hogy Kilczer a geofonok távolságát  $x$ -el jelölte, holott ezzel a betűvel a kiegyenlítésben általában ismeretlen mennyiségeket szokás jelölni. A nemzetközi jelölések szerint az ismeretlenek együtthatóit sorrendben  $a, b, c$  és  $d$ -vel jelöltem és így Kilczer  $x$  jelének itt az első sebességágban  $a$ , a másodikban  $c$  felel meg. A szelvény hosszát  $X$  helyett  $L$ -el fogom jelölni.

A fennálló kényszerfeltétel itt :

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{h'_1 - h''_1}{L}$$

azonban az itt előforduló ismeretlenek a kiegyenlítésben előfordulóknak függvényei, tehát az egyenletet át kell alakítani. Egyelőre még a Kilczer-féle jelölést alkalmazva fennállnak a következő egyenlőségek :

$$\begin{aligned} \sin(i_{1,2} - \gamma_1) &= \frac{v_1}{v'_2} & h_1'^2 \frac{\cos i_{1,2} \cos \gamma_1}{v_1} &= \beta'_2 \\ \sin(i_{1,2} + \gamma_1) &= \frac{v_1}{v''_2} & h_1''^2 \frac{\cos i_{1,2} \cos \gamma_1}{v_1} &= \beta''_2 \end{aligned} \quad (4)$$

ezek alapján írható :

$$\frac{\sin \gamma_1}{\cos \gamma_1} = \frac{h'_1 - h''_1}{X} = \frac{v_1 (\beta'_2 - \beta''_2)}{2 X \cos i_{1,2} \cos \gamma_1} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} 2 \cos i_{1,2} \sin \gamma_1 &= \frac{v_1}{X} (\beta'_2 - \beta''_2) = \sin(i_{1,2} + \gamma_1) - \sin(i_{1,2} - \gamma_1) = \\ &= \frac{v_1}{v''_2} - \frac{v_1}{v'_2} = v_1 (\alpha''_2 - \alpha'_2) \end{aligned} \quad (6)$$

ugyanis

$$\begin{aligned} \sin(i_{1,2} + \gamma_1) - \sin(i_{1,2} - \gamma_1) &= \sin i_{1,2} \cos \gamma_1 + \cos i_{1,2} \sin \gamma_1 - \sin i_{1,2} \cos \gamma_1 + \\ &+ \cos i_{1,2} \sin \gamma_1 = 2 \cos i_{1,2} \sin \gamma_1 \end{aligned}$$

tehát a fentiek alapján :

$$\frac{v_1}{X} (\beta'_2 - \beta''_2) = v_1 (\alpha''_2 - \alpha'_2) \quad \text{vagy} \quad (\alpha''_2 - \alpha'_2) X = \beta'_2 - \beta''_2 \quad (7)$$

Innen  $\beta_2$ -t kifejezve kapjuk :

$$\beta_2 = X (\alpha''_2 - \alpha'_2) + \beta''_2 \quad (8)$$



vagy áttérve most már a nemzetközi jelölésekre :

$$y = L(z - x) + w \quad (9)$$

Behelyettesítve a közvetítő egyenletekbe, azok a következőképpen alakulnak az első sebességágban :

$$t + v_t = (a - L)x + Lz + w$$

ill. a másodikban :

$$t + v_t = cz + w \quad (10)$$

Így most már az  $x$ ,  $z$  és  $w$  ismeretlenek kiegyenlítése a legkisebb négyzetek módszere szerint a közvetítő mérésekre megadott összefüggés alapján történhetik. A méréseket Kilczerrel együtt egyenlő súlyúaknak tételeztük fel. A táblázatokban közölt számítás alapján :

$$\begin{aligned} x &= \alpha'_2 = +0,0005074 \pm 0,0000042 \\ y &= \beta'_2 = +0,1020 \pm 0,0037 \\ z &= \alpha''_2 = +0,0005186 \pm 0,0000039 \\ w &= \beta''_2 = +0,0401 \pm 0,0054 \end{aligned}$$

Ezek birtokában a határszög  $i$ , a rétegdőlés  $\gamma$ , a sebesség  $v$  és a robbanásponatok alatti mélységek már egyértelműen számíthatók :

$$\begin{aligned} i_{1,2} &= 60^\circ 43' 15'' \\ \gamma_1 &= 1^\circ 06' 45'' \\ v_2 &= 1948,9915 \text{ m/sec} \\ h_1' &= 177,3136 \text{ m} \\ h_1'' &= 69,7062 \text{ m} \end{aligned}$$

Állítsuk szembe az  $\alpha$ .) kényszerfeltétel figyelembevételével nélkül kiegyenlített és  $\beta$ .) a Kilczer-féle eljárással kiegyenlített értékekből számított eredményeket :

$$\begin{array}{ll} i_{1,2} = 60^\circ 45' & i_{1,2} = 60^\circ 45' 48'' \\ \gamma_1 = 0^\circ 50' & \gamma_1 = 1^\circ 01' 54'' \\ \alpha.) v_2 = 1948,5 \text{ m/sec} & \beta.) v_2 = 1948,18 \text{ m/sec} \\ h_1' = 172,8 \text{ m} & h_1' = 172,55 \text{ m} \\ h_1'' = 72,46 \text{ m} & h_1'' = 72,63 \text{ m} \end{array}$$

Látjuk, hogy az eltérés a Kilczer-féle és a szigorú kiegyenlítés közt jelen esetben nem számottevő, de különböző pontszámból meghatározott sebességágak esetén sokkal nagyobb értékű is lehet. ¶

Kiegészítésképpen megvizsgáltam még a súlyok figyelembevételével történő százalékos szétosztást is. A Kilczer-féle elgondolást nyomonkövetve felírhatom, hogy

$$\begin{aligned} t'_2 \left( 1 + \frac{p}{700} \right) &= t'_2 e' \\ t''_2 \left( 1 + \frac{p}{800} \right) &= t''_2 e'' \end{aligned}$$

és a továbbiakban analóg Kilczer eljárásával kapom a sebességágak együtt-  
hatóit :

$$\begin{aligned}x &= a_2' = +0,00050797 \\y &= b_2' = +0,0991179 \\z &= a_2'' = +0,00051833 \\w &= b_2'' = +0,0417236\end{aligned}$$

Ezekből számítva a szelvény adatait:

$$\begin{aligned}i_{1,2} &= 60^\circ 45' 02'' \\ \gamma_1 &= 1^\circ 01' 58'' \\ v_2 &= 1948,4251 \text{ m/sec} \\ h_1' &= 172,4547 \text{ m} \\ h_1'' &= 72,5947 \text{ m}\end{aligned}$$

Látható, hogy ezek az értékek szorosan Kilczer eredményeihez símulnak, de mégis észrevehető az eltolódás a szigorú kiegyenlítés eredményei felé. Ha megvizsgáljuk a javítások négyzetösszegeit, akkor Kilczer eljárásánál:

$$[vv] = 0,000176$$

míg a szigorú kiegyenlítésből:

$$[vv] = 0,000137$$

Bár az eltérés nem nagy, mégis világosan utal arra, hogy bármely középértéktől számított eltérések négyzetösszege nagyobb, mint a valószínű helyes értéktől számított eltéréseké. Így kézenfekvő, hogy az eltérések négyzetösszegének minimumán alapuló szigorú kiegyenlítési eljárás lesz mindig a pontosabb eredményt szolgáltató és ezt csak azon esetben helyettesíthetjük valamelyik közelítő eljárással; ha az alkalmazott középérték a valószínű helyes értéktől nem nagyon tér el, amint az a jelen példánál is fennáll.

Meg kell még említenem azt is, hogy a mérések pontosságát mutató középhibák csak a szigorú eljárásból számíthatók helyesen. Jelen esetben a kiküszöbölt ismeretlen középhibáját, mint a kiegyenlített értékek függvényének középhibáját számítottam a kényszerfeltételi egyenletből. Hasonló eljárással számíthatók a szelvényadatok középhibái is, amelyekre végeredményben kíváncsiak vagyunk. Azonban ezen aránylag kevésbé használt eljárás helyett célszerűbb a közvetítő egyenleteket úgy átalakítani, hogy azokban a keresett *szelvényadatok szerepeljenek mint ismeretlenek*.

Az átalakítás a (7) egyenletünkből célszerűen sorháfajtéssal történhetik és a Kilczer-féle jelölést használva ilyen alakot eredményeznek az első sebességágban (a kigyózott zárójelben lévő kifejezések a kiegyenlítésnél adott értékek, s könnyen számíthatók):

$$\begin{aligned}t_2' &= \frac{x}{v_1} \sin(i_{1,2} - \gamma_1)_0 + \frac{h_{1,0}''}{v_1} 2 \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0} + \frac{X}{v_1} 2 \cos i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,0} + \\ &+ \left\{ \frac{x}{v_1} \cos \gamma_{1,0} \cos i_{1,2,0} + \frac{x}{v_1} \sin \gamma_{1,0} \sin i_{1,2,0} - \frac{h_{1,0}''}{v_1} 2 \cos \gamma_{1,0} \sin i_{1,2,0} - \right.\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& - \frac{2X}{v_1} \sin \gamma_{1,0} \sin i_{1,2,0} \} \delta i_{1,2} + \left\{ - \frac{x}{v_1} \sin i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,0} - \frac{x}{v_1} \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0} - \right. \\
& - \frac{h_{1,0}''}{v_1} 2 \cos i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,2} + \frac{2X}{v_1} \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0} \left. \right\} \delta \gamma_1 + \\
& + \left\{ \frac{2 \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0}}{v_1} \right\} \delta h_1'' = a' \delta i_{1,2} + b' \delta \gamma_1 + c' \delta h_1'' + l'
\end{aligned}$$

ill. a másodikban :

$$\begin{aligned}
t_2'' &= \frac{x}{v_1} \sin (i_{1,2} + \gamma_{1,0}) + \frac{h_1''}{v_1} 2 \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0} + \\
& + \left\{ \frac{x}{v_1} (\cos \gamma_{1,0} \cos i_{1,2,0} - \sin i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,0}) - \frac{h_{1,0}''}{v_1} 2 \cos \gamma_{1,0} \sin i_{1,2,0} \right\} \delta i_{1,2} + \\
& + \left\{ \frac{x}{v_1} (-\sin i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,0} + \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0}) - \frac{h_{1,0}''}{v_1} 2 \cos i_{1,2,0} \sin \gamma_{1,0} \right\} \delta \gamma_1 + \\
& + \left\{ \frac{2 \cos i_{1,2,0} \cos \gamma_{1,0}}{v_1} \right\} \delta h_1'' = a'' \delta i_{1,2} + b'' \delta \gamma_1 + l''
\end{aligned}$$

A közelítő értékek (»o« index-szel jelölve) felvételével az együtthatók könnyen számíthatók és így sokkal kisebb és könnyebben áttekinthető számokat kapunk.

A közvetítő egyenleteket természetesen itt is a kényszerfeltétel figyelembevételével írtam fel és itt a »h'« ismeretlent küszöböltem ki annak segítségével.

Sajnos, több réteg esetén a sorbafejtés bonyolultabbá válik és így tovább nem foglalkoztam ezzel a módszerrel. A szigorú módszer birtokában azonban összehasonlítások révén támpontokat kaphatunk, hogy az egyes közelítő módszerek mily határok között használhatók a szigorú módszer helyett. Így a Kilczereféle közelítő módszer elfogadható, ha mindkét ágban közel egyforma a pontok száma, s az egyes mérések egyenlő pontosaknak tekinthetők.

Figyelemreméltó az a tény, hogy a szigorú módszer egyszeri végigszámolás után adja az ellentmondás mentes eredményt. A kiegyenlítésben előforduló együtthatók pedig ugyanolyan egyszerűen felírhatók, mint az előzetes kiegyenlítésnél. Az egyik sebességágban ugyanis nem változik semmit a közvetítő egyenletek alakja, a másokban pedig az

$$t = (a - L)x + Lz + w$$

általános formula alapján szintén közvetlenül felírhatók az együtthatók. Például a jelen kiegyenlítési feladat (7) közvetítő egyenlete ennek alapján :

$$1,1122 = (1990 - 5540)x + 5540z + w = 3550x + 5540z + w.$$

A két sebességág együtt való kiegyenlítése itt három ismeretlenes egyenlet-

rendszerre vezet, amely még egyszerűen megoldható. A kiküszöbölt ismeretlen a

$$L(z - x) = y - w$$

általános egyenletből számítható.

Ha továbbá a geofonok egymástól való távolságát szabványosítanánk, akkor a gyakrabban előforduló szelvényhosszak esetére az együtthatók előre számíthatók és táblázatba foglalhatók lennének, sőt az egyenletrendszer megoldását szolgáló lefejtés egyik része is előre számítható és csupán az idő-adatokat kellene behelyettesíteni. Ily egyszerűsítés mellett a korábban említett előnyök mind kívánatosabbá teszik a szigorú eljárás alkalmazását.

A normálegyenletek megoldása (Gauss-séma)

	a	b	c	l
a	+104037500	-149303000	-26950	+25716,7750
b		+229841200 -214262989,873278	+49580 -38675,629941025	-45421,5880 +36905,84316054
c			+ 15,0 - 6,981160639	- 12,6380 + 6,66170454
		bl	cl	ll
b		+15578210,1267215	+10904,370059	- 8515,7448395
c			+ 8,018839361 - 7,63279513	- 5,97629645 + 5,960815286
			c2	l2
			c	+ 0,386044231
				- 0,015480174

$$w = -\frac{-0,015480174}{+0,386044231} = +0,04009948$$

	a	c	b	l
a	+104037500	-26950	-149303000	+25716,7750
c		+ 15 - 6,981160639	+ 49580 - 38675,629941	- 12,6380 + 6,66170454
b			+229841200 -214262989,8732785	-45421,5880 +36905,84316054
		cl	bl	ll
c		+ 8,018839361	+ 10904,370059	- 5,97629546
b			+ 15578210,1267215 -14828241,473697318	- 8515,7448395 + 8126,82912626
			b2	l2
			b	+ 749968,65302418
				- 388,91571324



$$z = \frac{-388,91571324}{+749968,65302418} = +0.000518575949$$

	b	c	a	l
b	+229841200	+49580	-149303000	-45421,5880
c		+ 15 - 10,6951077526	- 26950 + 32206,7703266	- 12,638 + 9,798079426
a			+104037500 - 96986031,26422687	+25716,7750 -29505,49924542
		cl	al	ll
c	+	4,3048922474	+ 5256,7703266	- 2, 839920574
a			+ 7051468,73577313 - 6419123,33191409	- 3788,7242454 + 3467,87081403
			a2	l2
a			- 632345,403859	- 32085343137

$$x = \frac{-320.85343137}{+632345,403859} = +0,000507402172$$

### ÖSSZEFOGLALÁS

A szeizmikus refrakciós mérési adatok kiegyenlítése során felmerült az a probléma, hogy a robbanásponatok és a rétegdőlés közt fennálló, eddig figyelmen kívül hagyott feltételt is teljesítsék, mivel ennek elhanyagolása a további számításoknál zavaróan hat. A lehetséges közelítő eljárásokon túl a feladat egyszerűen megoldható szigorú eljárással is. Míg a közelítő eljárások csak bizonyos megszorítások mellett, addig a szigorú eljárás mindig pontos eredményt ad és egyedül ez ad tájékoztatást a mérések pontossága felől. Az előbbieket és azok egyszerűsége is indokolja általános alkalmazását.

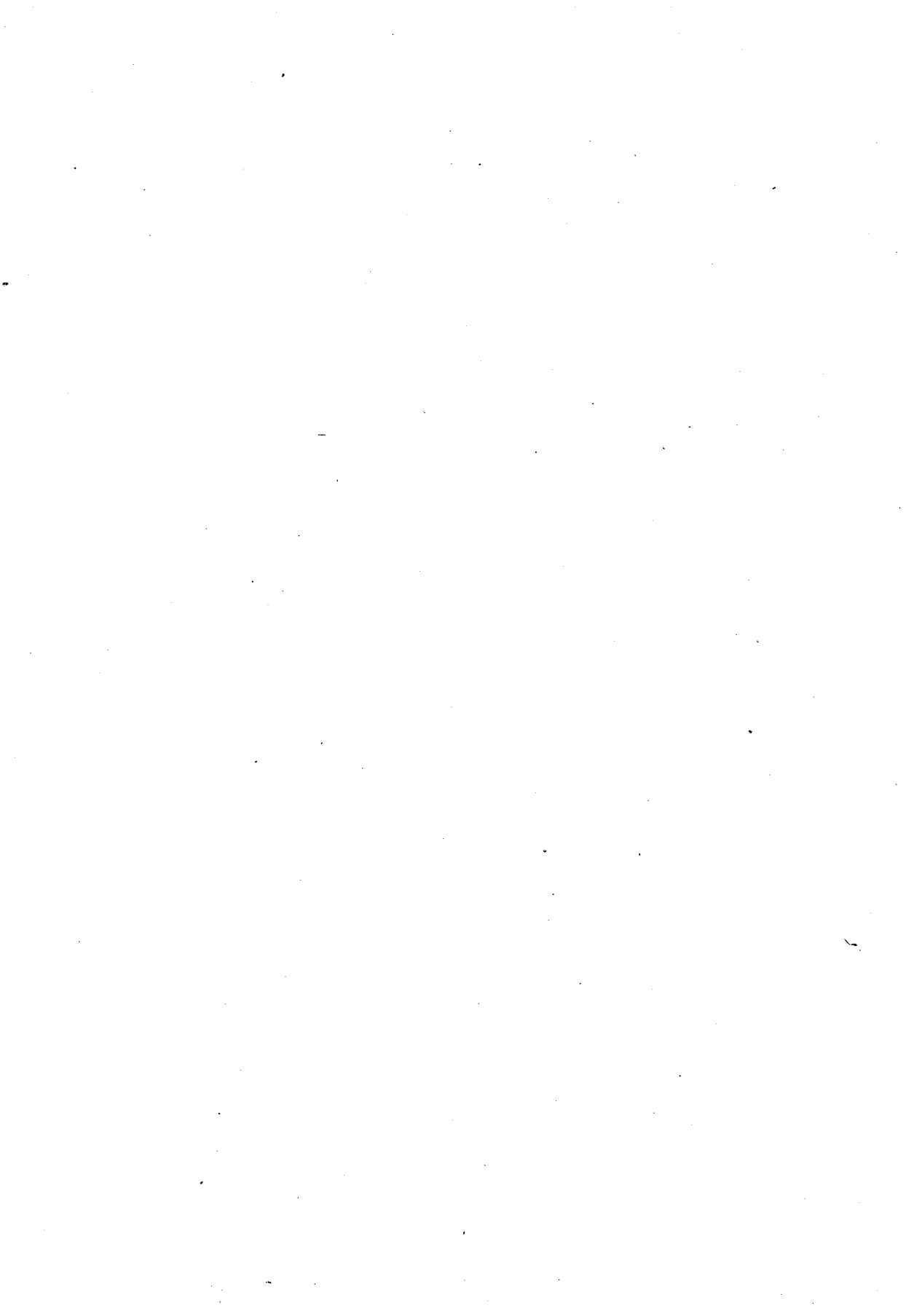
Célszerű átalakításokkal elérhető az is, hogy a kiegyenlítés során a rétegeadatok és azok középpontjai közvetlenül nyerhetők. A szelvények bizonyos fokú normalizálása továbbá lehetővé teszi azt, hogy a kiegyenlítés táblázatok segítségével gyorsabban legyen végezhető.

Együtthatók táblázata

	a	b	c	d	aa	ab	ac	ad	bb	bc	bd	cc	cd
1	-4150	+5540	+1	-0,8098	+17222500	-22991000	-4150	+3360,670	+30691600	+5540	-4486,292	+1	-0,8098
2	-4050	+5540	+1	-0,8553	+16402500	-22437000	-4050	+3463,965	+30691600	+5540	-4738,362	+1	-0,8553
3	-3950	+5540	+1	-0,9107	+15602500	-21883000	-3950	+3587,265	+30691600	+5540	-5045,278	+1	-0,9107
4	-3850	+5540	+1	-0,9562	+14822500	-21329000	-3850	+3681,370	+30691600	+5540	-5297,348	+1	-0,9562
5	-3750	+5540	+1	-1,0057	+14062500	-20775000	-3750	+3771,375	+30691600	+5540	-5571,578	+1	-1,0057
6	-3650	+5540	+1	-1,0668	+13322500	-20221000	-3650	+3893,82	+30691600	+5540	-5910,072	+1	-1,0668
7	-3550	+5540	+1	-1,1122	+12602500	-19667000	-3550	+3948,310	+30691600	+5540	-6161,588	+1	-1,1122
8		+1000	+1	-0,5596					+1000000	+1000	-559,600	+1	-0,5596
9		+1100	+1	-0,6080					+1210000	+1100	-668,800	+1	-0,6080
10		+1200	+1	-0,6675					+1440000	+1200	-801,000	+1	-0,6675
11		+1300	+1	-0,7109					+1690000	+1300	-924,170	+1	-0,7109
12		+1400	+1	-0,7674					+1960000	+1400	-1074,360	+1	-0,7674
13		+1500	+1	-0,8178					+2250000	+1500	-1226,700	+1	-0,8178
14		+1600	+1	-0,8673					+2560000	+1600	-1387,680	+1	-0,8673
15		+1700	+1	-0,9228					+2890000	+1700	-1568,760	+1	-0,9228
	-26950	+49580	+15	-12,6380	-104037500	-149303000	26950	+25716,775	+229841200	+49580	-45421,588	+15	-12,6380

SZERZÉSI REPARÁCIÓS MÉRŐI ADATOK SZIGORÚ KIBŐVÍTÉSE





# RÚDSAJTOLÁS ÉS TUSKÓLYUKASZTÁS

GELEJI SÁNDOR lev. tag

Beférkezett 1952 március 3-án

A rúdsajtolásnál és dagadó lyukasztásnál keletkező erők helyes kiszámítására a műszaki tudományos irodalomban eddig semmiféle elmélet nem ismeretes. [1] Csak *Eisbein* és *Sachs* [2], továbbá *Gubkin* [3] tettek kísérletet arra, hogy rámutassanak a rúdhúzó üregben és rúdsajtolásnál közvetlenül a szerszám mögött befolyó folyamatok analógiájára. *Eisbein* és *Sachs* azt is megkísérelték, hogy a felvevő (a recipiens) falán keletkező súrlódási erőkről is képet adjanak. Azonban sem az itt megnevezett kutatók, sem mások nem dolgoztak ki eddig a sajtolásnál keletkező erők kiszámítására még csak közelítő számítási eljárást sem. Így tehát érdeklődésre tarthat számot, ha az alábbiakban közlöm ennek a kérdésnek megoldásával foglalkozó elméletemet. Magam is részben a rúdhúzás és sajtolás bizonyos analógiájából vezetem le ezt az elméletet, azonban egyúttal kimutatom, hogy a sajtolásnál keletkező erők szempontjából milyen nagy jelentőségük van a sajtoló anyag belső elmozdulásainak (örvényléseinek) előidézéséhez szükséges erőknek.

## a) Rúdsajtolás

Rúdsajtolásnál egy hengeres kamrában, az u. n. felvevőben (recipiensben) elhelyezett hengeres tuskóra (blokkra) a sajtolótuskével akkora nyomást gyakorolunk, hogy a felvevőben lévő anyag a feneket elzáró fedél (sajtolószerszám) alakos nyílásán keresztül kifolyik (1. ábra). A nyíláson kifolyó anyag rúdalakú és keresztmetszete megegyezik a nyílás keresztmetszetével.

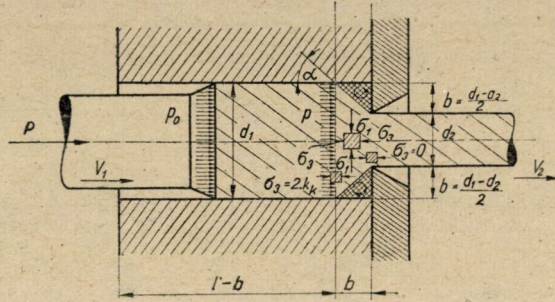
Ennél a műveletnél a keresztmetszetváltozás igen nagy, és éppen ezért az alakítás majdnem kizárólag melegen történik.

Ha behatóan vizsgáljuk a rúd képlékeny alakításának azt az esetét, amikor a rudat a húzóüregben keresztül nyomják, akkor azonnal feltűnik, hogy ez a feladat első megközelítésben egyezik a rúdsajtolás problémájával.

A rúdsajtolásnál tulajdonképpen a felvevő feneké a sajtolószerszám. Olyan nyílás van rajta, amelynek alakja egyezik a sajtolandó rúd keresztmetszeteivel. Sajtolásnál a túske a felvevőben lévő préstuskót  $P$  erővel nyomja

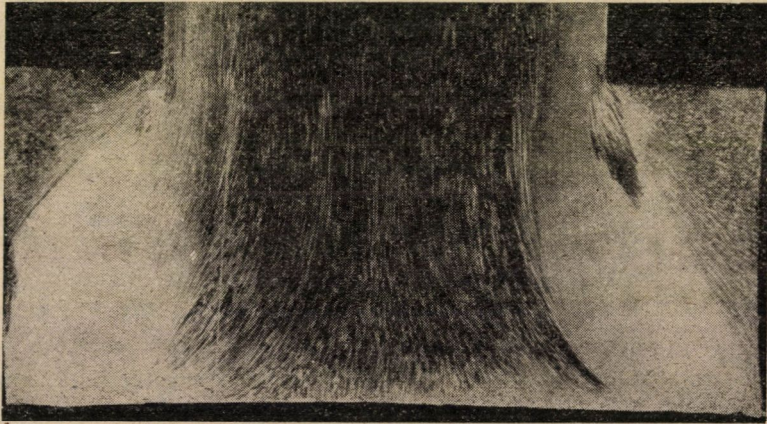


előre a prészserszám falához. Ugyanakkor a képlékeny anyag a szerszám  $d_2$  átmérőjű nyílásán a nyílás alakjával azonos keresztmetszetű rúd alakjában kisajtolódik. A sajtolási tuskónak a szerszám mögötti sűrűn vonalkázott része az anyag folyásában alig vesz részt. Magában az anyagban u. i. a szerszám nyílása mögött kúpos üreg keletkezik és ezen keresztül folyik az anyag a nyílás



1. ábra. A rúd sajtolásánál keletkező erők

felé (2. ábra). Ezt az üreget kúpos húzóüregnek foghatjuk fel, amelyen a rudat keresztülnyomjuk. [1] Mindezek alapján könnyű belátni, hogy a közepes ala-



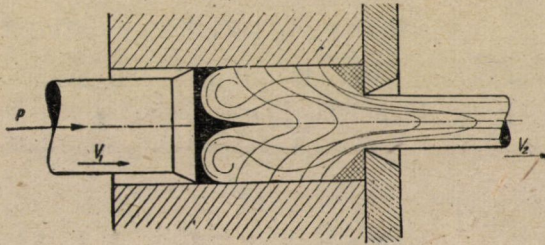
2. ábra. Tölcséreképződés a sajtolószerszám mögött

kítási ellenállást itt is a rúdhúzásra levezetett közepes alakítási ellenállás képletével lehet kifejezni, megjegyezve, hogy a képletben szereplő súrlódási tényező itt az anyag belső súrlódási tényezőjét jelenti [4]. Eszerint a közepes alakítási ellenállás a sajtolószerszám mögött keletkező kúpos üregben [5]:

$$k_k = \frac{k_f}{1 - \frac{F}{2f_1} \cdot \left(1 + \frac{\mu_b}{\alpha}\right)} \quad [\text{kg/cm}^2] \quad (1)$$

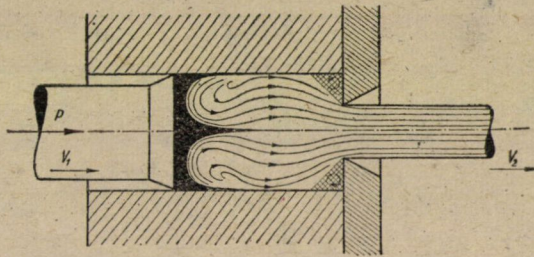


Ebben a képletben  $k_f$  a sajtolt anyag alakítási szilárdsága [ $\text{kg/cm}^2$ ], folyási határa,  $d_1$  [cm] a felvevő belső átmérője,  $d_2$  [cm] a kisajtott rúd átmérője,  $f_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}$  [ $\text{cm}^2$ ] a sajtolt tuskó, illetve a felvevő keresztmetszete,  $f_2 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4}$  [ $\text{cm}^2$ ] a sajtolt rúd keresztmetszete  $F = f_1 - f_2$  [cm] a kereszt-



3. ábra. Anyagmozgás a felvevőn belül

metszetcsökkenés,  $\alpha$  a holt sarok szöge, amelynek nagysága elég tág határok között változik, de amelyet számításainkban közepesen  $45^\circ$ -al veszünk egyenlőnek,  $\mu_b$  a belső súrlódás tényezője, amelyet számos körülmény befolyásol (sebesség, hőmérséklet, stb.). Ezt a  $\mu_b$ -t a szokásos sajtolási sebességek és hőmérsékletek mellett közepesen 0,6-nak vehetjük fel.



4. ábra. Anyagmozgás a felvevőn belül.

Az (1) egyenletet ezek szerint, a behelyettesítések után következő alakban is írhatjuk [5].

$$k_k = \frac{k_f}{1 - 0,93 \frac{F}{f_1}} \quad (2)$$

Az (1) képlettel kifejezett  $k_k$  az anyag közepes alakítási ellenállását jelenti a szerszámnyílás mögött keletkező kúpos üregben. Az alakítási ellenállás a prés-szerszám nyílásában (1. ábra II keresztmetszet) elméletileg egyenlő zérussal. Az ábra I keresztmetszetében ezek szerint  $k_I = 2k_k$  nagyságú alakítási ellen-



állással kell számolnunk. A tengelyirányú fajlagos nyomás tehát a  $I$  keresztmetszetben

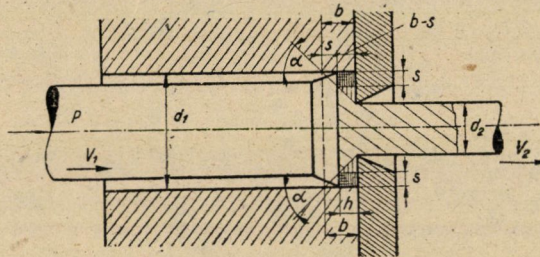
$$\sigma_{31} = p = 2k_k - k_f. \quad (3)$$

mert itt  $\sigma_{11} = 2k_k$ .

Ezzel a (3) egyenlettel kiszámítható a  $P_1$  nyomás, amely a  $I$  keresztmetszetben működik. Ez a nyomás az anyagot a benne keletkező kúpos üregeken keresztül nyomja:

$$P_1 = p \cdot f_1 \text{ [kg]} \quad (4)$$

A  $P_1$  erő azonban nem elegendő a sajtolás létrehozásához. A  $I$  keresztmetszet mögött a sajtolás megindulásakor a préstárcsa előtt levő  $l - b$  hosszúságú préstuskórészben, ennek egész tömegében belső elmozdulások (örvénylések) lépnek fel (3. ábra).



3. ábra. Sajtolás az  $I$  keresztmetszeten túl

A kisajtolt rúd tengelyében a préstuskó anyagának belső része előreszalad a szerszámnyílás felé, a tuskó külső rétegei pedig betüremlenek a sajtolási tengely felé (4. ábra) [6].

Ezen anyagelmozdulások létrehozásához igen tetemes  $P_2$  erőre van szükség. A  $P_2$  erő arányos a felvevőben levő  $(l - b)$  [cm] hosszúságú préstuskó  $V$  [cm<sup>3</sup>] térfogatával, a  $I$  keresztmetszetben fellépő  $p$  [kg/cm<sup>2</sup>] nyomással (3. egyenlet), továbbá egy  $\psi$  függvénnyel, amely a  $v_1$  [cm/sec] sajtolási sebességtől és  $C$  állandótól függ. Ezek szerint

$$P_2 = \psi p \cdot V \quad \text{[kg]} \quad (5)$$

ahol

$$V = (l - b) \cdot f_1 \text{ [cm}^3\text{]} \quad (6)$$

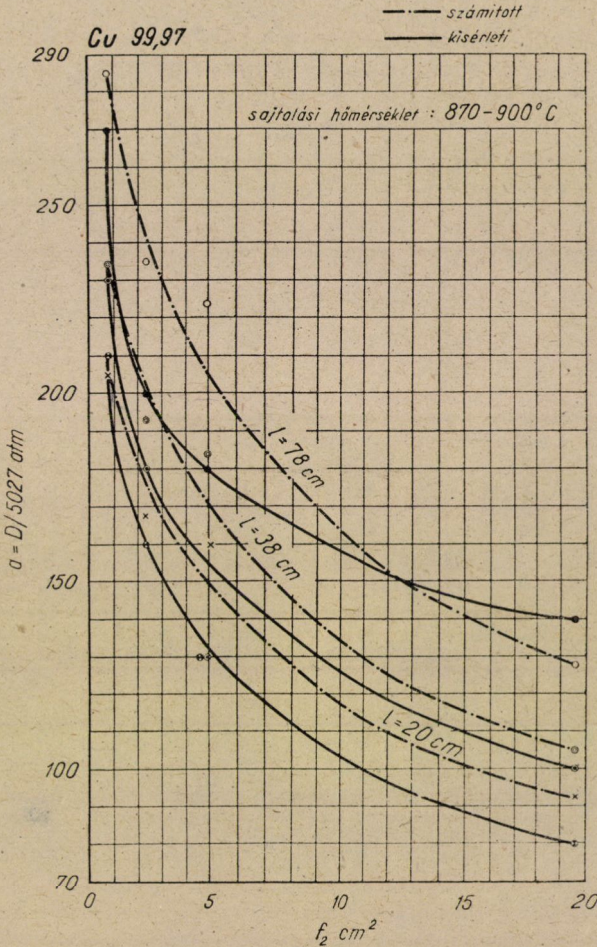
és

$$\psi = C \cdot \sqrt[4]{\frac{v_1}{(l - b)}} \quad (7)$$



Ebben a képletben  $v_1$  a sajtoltüstse sebessége [cm/sec].

A rendelkezésre álló kísérleti anyag alapján [7, 8] úgy találtam, hogy  $C = 0,025$ .



6. ábra. A sajtolási víznyomás számított és kísérleti értékeinek összehasonlítása rézrúd sajtolásánál, a tuskó-hosszúság és a sajtolt rúd keresztmetszetének függvényében. A felvevő átmérője 165 mm, présdugattyúátmérő 800 mm

A sajtolási erő mindaddig amíg  $l > b$  a következőképpen fejezhető ki:

$$P = P_1 + P_2 = p \cdot f_1 + \psi \cdot p \cdot V \quad [\text{kg}] \quad (8)$$

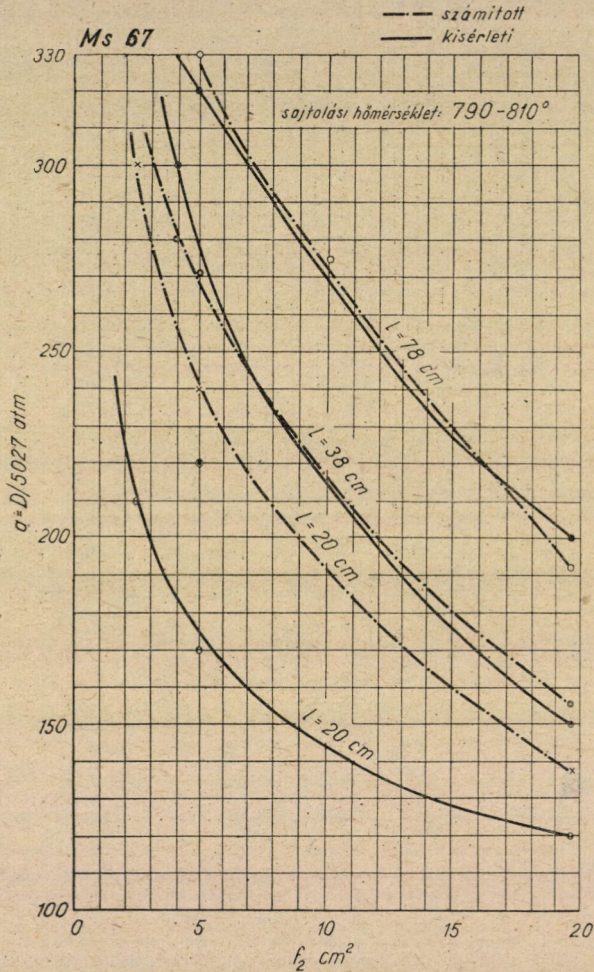
A gyakorlatban a

$$P_0 = \frac{P}{f_1} \quad (9)$$



hányadost fajlagos sajtolási nyomásnak nevezik. Az irodalom legtöbbször ezt az értéket idézi.

Amikor a préstárcsa homloklapja elérkezik a  $I$  keresztmetszethez, akkor  $V = 0$ , tehát a sajtoló erő  $P = P_1$ . Itt tehát a  $P$ -nek minimuma lép fel. Ha



7. ábra. A sajtolási víznyomás számított és kísérleti értékeinek összehasonlítása sárgarézd sajtolásánál, a blokkhosszúság és a sajtolt rúd keresztmetszetének függvényében. Recipiens-átmérő 165 mm, présdugattyúátmérő 800 mm

a préstárcsa a  $I$  keresztmetszeten túlhalad, akkor ismét nyomásnövekedés indul meg. Ha u. i. a préstárcsa a  $I$  keresztmetszeten túlhalad, akkor a holt-sarokban elhelyezkedő anyag egyik része a préstárcsa közvetlen nyomása alá kerül, aminek következménye az alakváltozáshoz szükséges  $P$  erő növekedése (5. ábra). Ha a préstárcsa homloksíkja  $s$  távolsággal haladja túl a  $I$  kereszt-

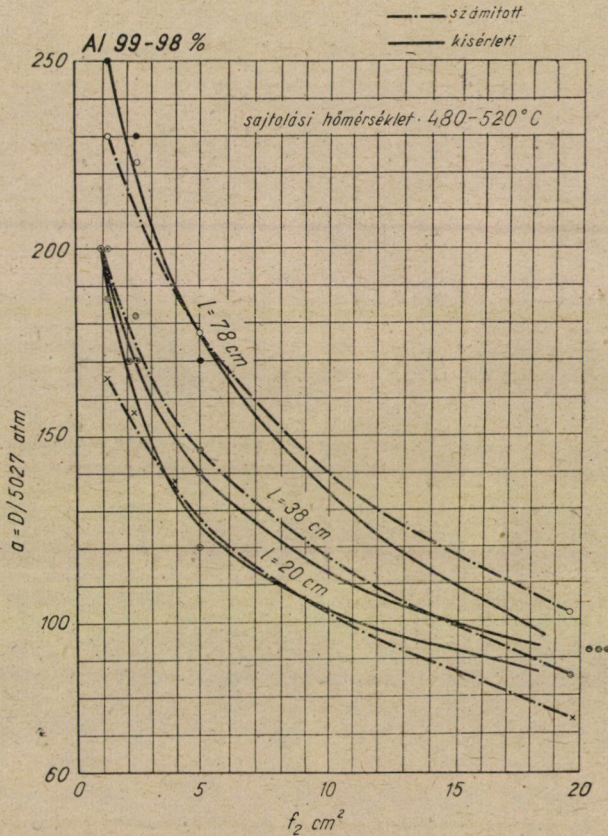


metszetet, akkor a holtarokban  $s$  szélességű gyűrű kerül közvetlen nyomás alá, ami nyomásnövekedést idéz elő. Ez a  $P_3$  nyomás a présnyomáshoz ( $P_1$ -hez) hozzáadódik, superponálódik. A  $I$  és  $II$  keresztmetszet közötti présnyomás

$$P = P_1 + P_3 \quad (10)$$

ahol

$$P_3 = f_s \cdot k_3 \quad [\text{kg}] \quad (11)$$



8. ábra. A sajtolási víznyomás számított és kísérleti értékeinek összehasonlítása alumíniumrúd sajtolásánál, a blokkhosszúság és a sajtolt rúd keresztmetszetének függvényében. Recipiens-átmérő 165 mm présdugattyúátmérő 800 mm

Ebben az egyenletben

$$f_s = [d_1^2 - (d_2 + 2h)^2] \cdot \frac{\pi}{4} = [d_1^2 - (d_1 - 2s)^2] \cdot \frac{\pi}{4} \quad (12)$$

és

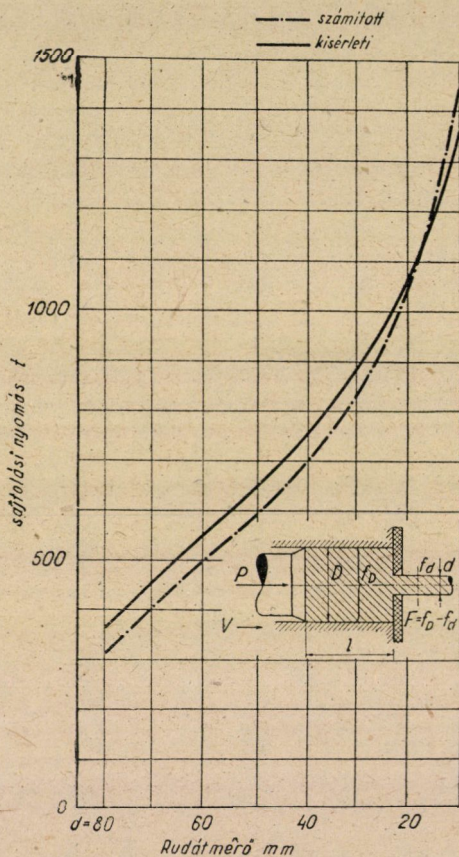
$$k_3 = \frac{k_f}{1 - \mu \cdot \frac{s}{h}} \quad [\text{kg/cm}^2] \quad (13)$$



itt

$$h = b - s = \frac{d_1 - d_2}{2} s \quad (14)$$

Több kutató úgy képzei, hogy a  $P$  sajtolási erő tetemes része arra fordítódik, hogy a préstuskót a recipiensben a szerszám felé előretolja, és hogy a sajtoló-



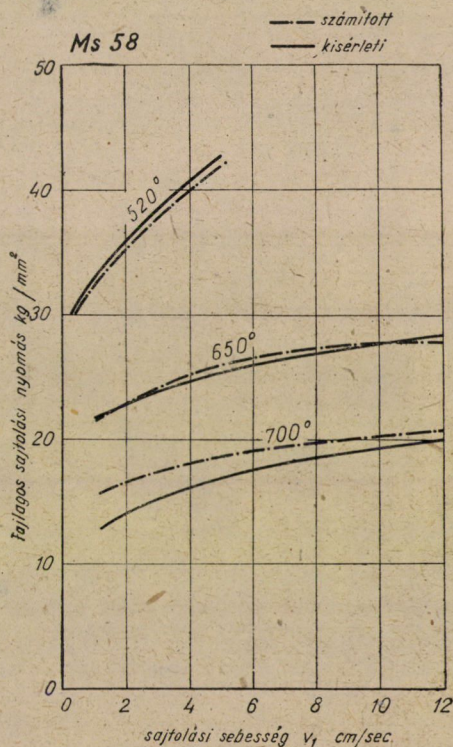
9. ábra. Rézrúd sajtolásánál keletkező kezdeti sajtolási erő kísérleti és számított értékeinek összehasonlítása a sajtoló gömbölyű rúd átmérőjének függvényében. Recipensátmérő 165 mm, blokkhosszúság 780 mm

erőnek a recipiens falán keletkező súrlódást kell legyőznie. Ennek a súrlódásnak azonban — legalább is melegsajtolásnál — nagyon alárendelt jelentősége van, hiszen a felvevőben levő anyag nem előre csúszik, hanem, mint már említettük, betüremlik; tapasztalat szerint továbbá a sajtolási héjjal való préselésnél és a sajtolási héj nélkül való préselésnél fellépő sajtolóerő között gyakorlatilag alig van különbség.



Az itt kifejtett elmélet helyességének kísérleti igazolása *G. Sachs* [1, 2] *Pearson* [10] és *Ch. Bernhoeft* [7] rúdsajtólásra vonatkozó kísérleteiben található meg.

A 6., 7., és 8. ábrán a sajtolási víznyomás számított és *Bernhoeft*-féle kísérleti értékei vannak egymással szembeállítva, réz, sárgaréz és aluminium sajtolásánál, a sajtolt tuskó hosszúságának és a sajtolt rúd keresztmetszetének függvényében. *Bernhoeft* kísérleteit 1500 tonnás régi típusú *Dick* (*Krupp*)-féle rúdsajtón végezte, amelynél a prészivattyútelep közvetlenül



10. ábra. 50 mm átmérőjű sárgarézrúd sajtolásánál keletkező kezdeti fajlagos sajtolási nyomások változása a sajtolási sebesség függvényében. Recipiensátmérő 170 mm, blokkhosszúság 750 mm. Kísérleti és számított értékek összehasonlítása

dolgozott a présre. A mindenkorai présvíznyomást manométerről olvasták le. A présdugattyú átmérője 800 mm, a recipiens átmérője 165 mm volt. A sajtolási sebesség 1,2–1,4 cm/sec között váltakozott.

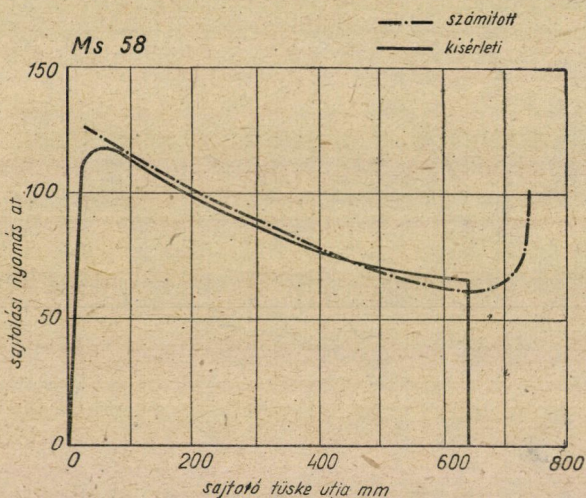
A 9. ábrán gömbölyű rézrúd sajtolásához szükséges  $P$  erő, a számított és *Bernhoeft*-féle kísérleti értékek vannak egymással szembeállítva a sajtolt rúd átmérőjének függvényében. Ezen az ábrán  $P$  a kezdeti sajtolási erő, amikor a préstuskó hossza 780 mm.



A 10. és 11. ábrán G. Sachs kísérleti eredményei vannak az elmélettel számított eredményekkel szembeállítva. A 10. ábrán a kezdeti fajlagos sajtolási

nyomás ( $p_0 = \frac{P}{f_1}$ ) kísérleti és számított értékei vannak a hőmérséklet és a sajtolási sebesség függvényében egymás mellett feltüntetve [9, 10]. A különböző sajtolási hőmérsékletnél az Sr 58. alakítási szilárdsága: 700 C°-nál  $k_f = 80$  kg/cm<sup>2</sup>, 650 C°-nál  $k_f = 110$  kg/cm<sup>2</sup> és 520 C°-nál  $k_f = 174$  kg/cm<sup>2</sup>. G. Sachs kísérleteit szintén egy Dick (Krupp)-féle 1500 tonnás hidraulikus sajtón végezte. A prés felvevőjének átmérője 170 mm, a sajtolt blokkhosszúság pedig 750 mm volt.

A 11. ábrán a sajtolási víznyomás változásának kísérleti és számított értékei vannak egymás mellé állítva a sajtolótüske útjának függvényében [2, 11].



11. ábra. 1500 tonnás prés sajtolási víznyomásának változása a sajtolótüske útjának függvényében, 50 mm átmérőjű sárgarézrúd sajtolásánál. Présdugattyú átmérője 800 mm, recipiens-átmérő 170 mm]

#### b) Gömbölyű tuskó lyukasztása felvevőben (Dagadó lyukasztás)

Dagadó lyukasztásnál a lyukasztandó gömbölyű tuskót egy közel azonos átmérőjű felvevőbe helyezik és tengelyében tuskéval lyukat sajtolnak bele (12. ábra). Minthogy a tuskó keresztmetszetben kitölti a felvevőt, a túske által kiszorított anyag a túske és a felvevő fala között felemelkedik, dagad.

A folyamat a dagadó lyukasztásnál lényegileg ugyanaz mint a rúdsajtolásnál. Annyiban van mégis eltérés, hogy a sajtoló szerszámnyílás a lyukasztótüske és a felvevő fala közötti körgyűrűalakú rés, a holt sarok a lyukasztótüske homloksíkjelölte előtt keletkező kúp alakú anyagfelhalmozódás, amely az anyag

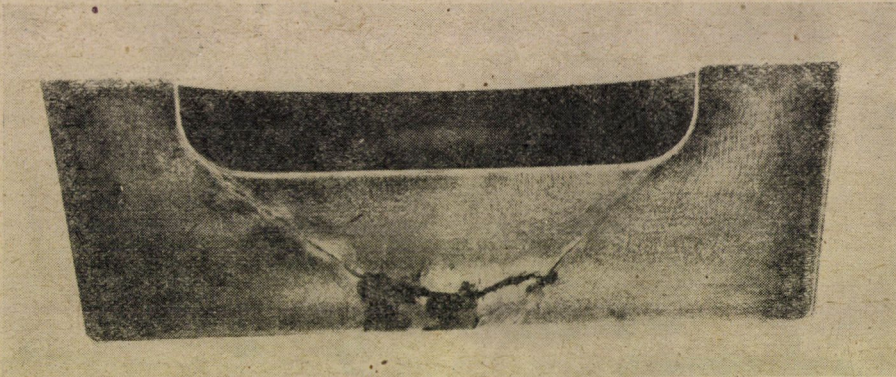


folyásában nem vesz részt (12. ábra). Ez a 13. ábrán a tüske előtti sűrűn vonalkázott kúp. Az anyagban keletkező húzóüreg pedig a felvevő falá és a tüske homloklapja előtt képződő  $b = \frac{d_0}{2}$  magasságú anyagkúp közötti gyűrűalakú üreg. A húzóüreg kilépő keresztmetszete a II keresztmetszet, belépő keresztmetszete a I keresztmetszet. A I keresztmetszet [4, 5]

$$p = 2k_k - k_f \quad (3)$$

fajlagos feszültség terheli, amely az anyagot a I és II keresztmetszet között a benne képződő kúpos üregen keresztülnyomja. Ebben az egyenletben is

$$k = \frac{k_f}{1 - 0,93 \frac{F}{f_1}} \quad [\text{kg/cm}^2] \quad (2)$$



12. ábra. Kúpképződés a lyukasztótüske homloklapja előtt

a kúpban keletkező közepes alakítási ellenállás,  $k_f$  pedig az anyag alakítási szilárdsága. Dagadó lyukasztásnál a keresztmetszetcsökkenés vagy fogyás

$$F = \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \quad [\text{cm}^2] \quad (15)$$

a tüske keresztmetszetével egyenlő, az  $f_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}$  [cm<sup>2</sup>] pedig a felvevő keresztmetszetét jelenti.

A I keresztmetszetre ható erő, vagyis az az erő, amely az anyagot a kúpos üregen keresztülnyomja, itt is

$$P_1 = p \cdot f_1 \quad [\text{kg}] \quad (4)$$

Ez az erő azonban itt sem elegendő a sajtolási munka elvégzéséhez. A sajtolás megindulásakor az I keresztmetszet és a felvevő feneké között levő  $l - b$  magasságú tuskórészben, ennek egész tömegében, belső elmozdulások (örvény-



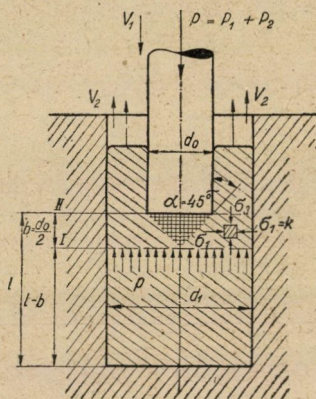
lések) keletkeznek (14. ábra). Ezeknek az anyagelmozdulásoknak létrehozásához itt is egy  $P_2$  erőre van szükség, amely erő arányos a felvevőben levő  $(l - b)$  [cm] hosszúságú blokk  $V$  [cm<sup>3</sup>] térfogatával, a  $I$  keresztmetszetben fellépő  $p$  [kg/cm<sup>2</sup>] fajlagos nyomással (3. egyenlet), továbbá egy  $\psi$  függvénnyel, amely a  $v_1$  [cm/sec] sajtolótüske sebességétől és egy  $C$  állandótól függ. Ezek szerint

$$P_2 = \psi \cdot p \cdot V \text{ [kg]}, \quad (5)$$

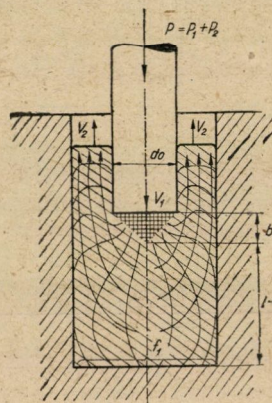
ahol

$$V = (l - b) \cdot f_1 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$f_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \text{ [cm}^2\text{]} \quad (6)$$



13. ábra. Dagadó lyukasztásnál keletkező erők



14. ábra. Anyagmozgás a felvevőben

és

$$\psi = C \sqrt[4]{\frac{v_1}{l-b}} \quad (7)$$

A  $C$  állandó itt is 0,025-el egyenlő.

Ezek szerint a sajtolási (lyukasztási) erő mindaddig, amíg  $l > b$ , dagadó lyukasztásnál is a következőképpen számítható ki:

$$P = P_1 + P_2 = p \cdot f_1 + \psi \cdot p \cdot V \text{ [kg]} \quad (8)$$

Amikor a lyukasztótüske homloklapja a felvevő fenekéhez  $b = \frac{d_0}{2}$  távolságra ér, akkor  $V = 0$ , tehát ekkor a sajtolóerő  $P = P_1$ . Itt tehát a sajtolóerőnek minimuma mutatkozik. Ha a lyukasztótüske homloklapja  $b = \frac{d_0}{2}$ -nél kisebb távolságra jut a recipiens fenekétől, akkor ismét nyomásnövekedés indul meg. Ha u. i. lyukasztótüske homloklapja a felvevő fenekéhez  $l - b$  távolságnál

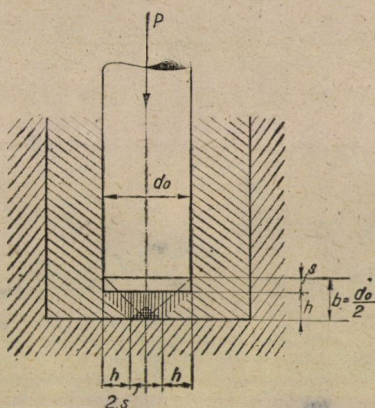


közelebb kerül, akkor a homloklap előtt elhelyezkedő kúp alakú holt anyag egyik része közvetlen nyomás alá kerül, ami az alakításhoz szükséges  $P$  erő növekedését vonja maga után (15. ábra). Ha a sajtoltüstke homloklapja  $b - s = h$  távolságra közelíti meg a felvevő fenekét, akkor  $2s$  átmérőjű hengeres anyagoszlop kerül a tüske homloklapja alatt közvetlen nyomás alá, ami a présnyomás növekedését idézi elő. Ez a  $P_3$  nyomásnövekedés a  $P_1$  nyomáshoz adódik hozzá (szuperponálódik), úgy hogy ha a tüske homloklapja  $b$ -nél közelebb kerül a felvevő fenekéhez, a présnyomás

$$P = P_1 + P_3 \quad [\text{kg}] \quad (9)$$

lesz. Ebben a képletben

$$P_3 = f_s \cdot k_3 \quad [\text{kg}] \quad (10)$$



15. ábra. A lyukasztótüske a homloklap előtt képződő kúp magasságánál kisebb távolságra közelíti meg a felvevő fenekét

ahol

$$f_s = \frac{(2s)^2 \cdot \pi}{4} \quad [\text{cm}^2] \quad (16)$$

és

$$k_3 = \frac{k_f}{1 - \mu \cdot \frac{s}{h}} \quad [\text{kg/cm}^2] \quad (17)$$

Itt

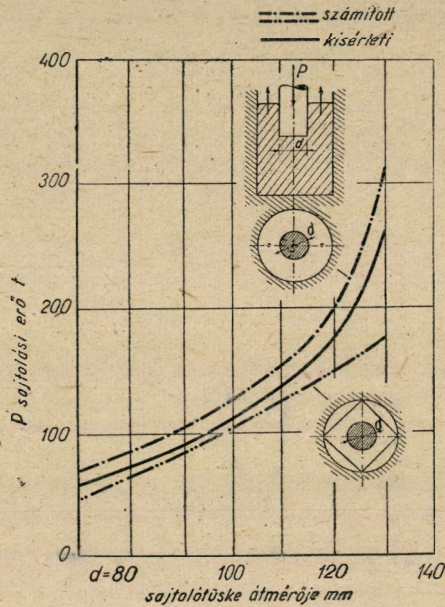
$$h = b - s \quad [\text{cm}] \quad (18)$$

Az itt elmondottak igazolását *F. I. Hofmann* [12, 13] kísérleteiben találjuk meg, amelyek körkeresztmetszetű acéltuskóknak dagadó lyukasztására vonatkoznak. *Hofmann* dagadó lyukasztással 160 mm hosszú,  $80 \text{ kg/mm}^2$  szakítószilárdságú acéltuskókat lyukasztott 147,5 mm átmérőjű felvevőben, 1250–1260 C° hőmérsékleten különböző átmérőjű, sík homloklapú tuskéval. A sajtoltüstke sebessége minden esetben 15,4 cm/sec volt. A sajtolóerő számított és kísérleti értékei a sajtoltüstke átmérőjének függvényében a 16. ábrán láthatók.



## c) Ehrhardt-féle kitöltő lyukasztás

Ennél a lyukasztásnál négyszögletes keresztmetszetű tuskót lyukasztanak hossz tengelye irányában körkeresztmetszetű felvevőben. A lyukasztótüske keresztmetszetét úgy választjuk, hogy lyukasztáskor a tuskó anyaga a felvevőt maradéktalanul kitöltse (17. ábra). Az Ehrhardt-féle lyukasztást ezért kitöltő lyukasztásnak is nevezik.



16. ábra. Acéltuskó dagadó és kitöltő lyukasztásánál keletkező kezdeti sajtolóerők változása, a sajtolótüske átmérőjének függvényében. Recipiensátmérő 147,5 mm, blokkhosszúság 160 mm, sajtolási sebesség 15,4 cm/sec, sajtolási hőmérséklet 1250° C. Kísérleti és számított értékek összehasonlítása

A kitöltő lyukasztás feltétele tehát :

$$\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = a^2 + \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \quad (19)$$

ahol  $d_1$  a felvevő átmérője,  $a$  a négyzetes tuskó keresztmetszetének oldalhosszúsága, és  $d_0$  a tüske átmérője.

Míthogy

$$d_1 = a \cdot \sqrt{2} \quad (20)$$

a (18) egyenletről kifejthető, hogy

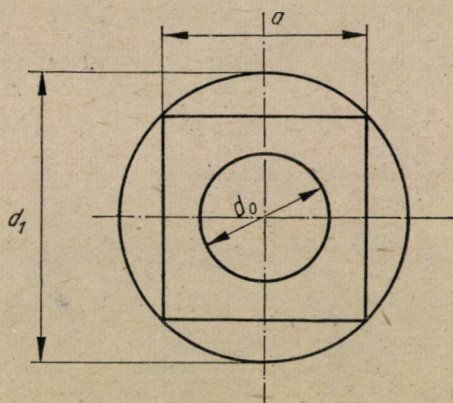
$$\frac{a}{d_0} = 1,67 \quad (21)$$



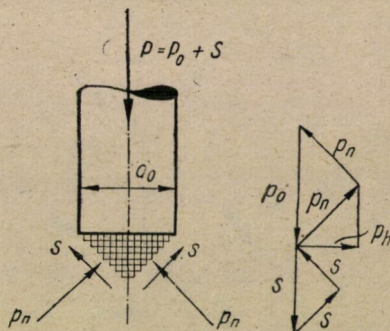
illetve

$$\frac{d_1}{d_0} = 2,35 \quad (22)$$

A kitöltő lyukasztásnál a lyukasztás oly módon történik, hogy a tüske homloklapja előtt felhalmozódott holt anyagkúp a tüske csúcsa gyanánt hatol bele az anyagba és lyukasztja ki a tuskót. A tuskóba behatoló tüske a lyuk térfogatának megfelelő anyagot oldalt szétnyomja és így kitöltődik a felvevő. Lyukasztáskor a tuskóé, illetve a tüske homloklapja előtt keletkező anyagkúpra a 18. ábrán feltüntetett erők hatnak. A tüske homloklapja előtt levő kúp felületére a  $p$  fajlagos nyomás és a  $p \cdot \mu_b = s$  fajlagos súrlódási erő hat



17. ábra. Sajtoltuskóátmérő, tuskó-oldalhossz és recipiensátmérő közötti összefüggés kitöltő lyukasztásnál



18. ábra. Az alakváltozás állapotában lévő blokk keresztmetszete kitöltő lyukasztásnál

ahol  $\mu_b$  az anyag belső súrlódását jelenti. A tuskó anyagában előrehaladó kúp a tuskó *I* és *II* keresztmetszete között levő anyagot széttolja és így a *I* négyzetes keresztmetszetből a *II*-ben körgyűrű-keresztmetszet lesz (19. ábra). Képzeljünk úgy el, hogy a *I* és *II* keresztmetszet között az anyagból kivágott bármely  $\delta$  vastagságú réteget egy  $p_h$  horizontális erő nyom szét (20. ábra). Amikor a  $p_h$  erő a  $\delta$  vastagságú gyűrűt széttolja, akkor a  $\Delta t \cdot \sigma_f$  erő ellen végez munkát.  $\Delta t$  a  $\delta$  vastagságú gyűrű keresztmetszete,  $\sigma_f$  a lyukasztott anyag folyási határa.

Az egész ABCD keresztmetszetű gyűrű alakváltozásához szükséges erő:

$$\sigma_f \cdot t = \left( \frac{d_0}{2} \cdot p_k \right) \cdot \frac{d_0}{2} = \frac{d_0^2}{4} \cdot p_k \quad (23)$$

ebből a deformációhoz szükséges közepes fajlagos erő

$$p_h = \frac{4 \cdot \sigma_f \cdot t}{d_0^2} \quad (24)$$



Az egyenletben szereplő ABCD keresztmetszet :

$$t = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{d_1 - d_0}{2} + \frac{a}{2} \right) \cdot \frac{d_0}{2} \quad (25)$$

Mínthogy

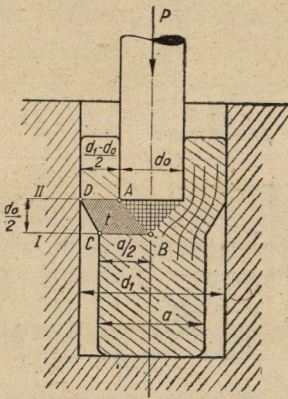
$$d_1 = 2,35 \cdot d_0$$

és

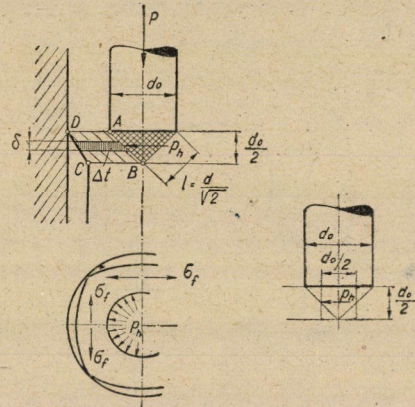
$$a = 1,67 \cdot d_0$$

következik, hogy

$$t = 0,375 \cdot d_0^2 \quad (26)$$



19. ábra. A sajtólötöske homloklapja előtt képződő kúpra ható erők



20. ábra. Az alakváltozás állapotában lévő réteg kitöltő lyukasztásnál

Ha  $t$ -nek ezt az értékét behelyettesítjük a 24. egyenletbe, akkor

$$p_h = \frac{4 \cdot \sigma_f \cdot 0,375 \cdot d_0^2}{d_0^2} = 1,5 \cdot \sigma \quad (27)$$

A kúp palástjára ható erő :

$$P_n = p_n \cdot \frac{d_0 \cdot \pi}{2} \cdot \frac{d_0}{\sqrt{2}} = p_n \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{2\sqrt{2}} = \frac{p_h}{0,7} \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{2\sqrt{2}} = p_h \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{2} \quad (28)$$

A tiszta alakításhoz szükséges erő :

$$P_0 = \frac{P_n}{0,7} = p_h \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{1,4} = 1,5 \cdot \sigma_f \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{1,4} (=) \sigma_f \cdot d_0^2 \cdot \pi$$

$$P_0 = 4 \cdot \sigma_f \cdot \left( \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (29)$$

A kúp felületén keletkező súrlódás legyőzéséhez szükséges erő :

$$S = P_n \cdot \mu_b = P_h \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{2} \cdot \mu_b = 1,5 \cdot 2 \cdot \sigma_f \cdot \left( \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \right) \cdot \mu_b = 3 \cdot \sigma_f \cdot \mu_b \left( \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (30)$$

A lyukasztáshoz szükséges összes erő :

$$P = P_0 + S = 4 \cdot \sigma_f \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} + 3 \mu_b \cdot \sigma_f \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} = (4 + 3 \mu_b) \cdot \sigma_f \cdot \left( \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \right) \quad (31)$$

Ha a belső súrlódási tényezőt egyenlőnek vesszük 0,6-tal, akkor írható, hogy a kitöltő lyukasztáshoz szükséges erő :

$$P = 5,8 \cdot \sigma_f \cdot \frac{d_0^2 \cdot \pi}{4} \quad (32)$$

A kitöltő lyukasztáshoz szükséges erő a lyukasztótüske átmérőjének függvényében a 16. ábrán van feltüntetve.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a rúdsajtolásnál, a dagadó lyukasztásnál és az Erhardt-féle kitöltő lyukasztásnál fellépő erők és erőszükséglet kiszámításával foglalkozik. A számítási eljárás elmélete az egyrészt a rúdsajtolásnál közvetlenül a szerszám mögött másrészt a rúdhuzásnál a húzó-üregben lejátszódó folyamatok analógiájából indul ki, továbbá a sajtolásnál a felvevőben (recipiensben) levő anyag belső elmozdulásainak (örvényléseinek) előidézéséhez szükséges erők meghatározásán alapszik. A kidolgozott elmélet segítségével a rúdsajtoláshoz, a dagadó lyukasztáshoz és a kitöltő lyukasztáshoz szükséges erők különböző anyagoknak különböző sebességekkel történő sajtolásánál igen jó gyakorlati pontossággal kiszámíthatók.

#### IRODALOM

1. *Handbuch der Metallphysik*. Bd. 3. Sachs, G. : Spanlose Formung der Metalle. Leipzig, 1937. Akademische Verlagsgesellschaft, 70. old.
2. *Eisbein, W. u. Sachs, G.* : Kraftbedarf und Fließvorgänge beim Strangpressen. Mitt. dtsh. Mat. Prüf. Anst. Sonderheft. 16 (1931) 67—96. (Spanlose Formung).
3. *Gubkin, S. I.* : Mechanik plastisch deformierbarer Körper (Stangenpressen von Duralumin) Forsch. Inst. Maschinenb. Metallbearb. Moskau, 1931. 363—390 (russ).
4. *Geleji, A.* : Die Kräfte und der Kraftbedarf bei der Formgebung im bildsamen Zustande der Metalle. Mitt. d. berg.- u. hüttenmännischen Abt. Sopron, Ungarn, 14/1942. S. 268/311.



5. *Geleji, A.* : Die Berechnung der Kräfte und des Kraftbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustande der Metalle. Akadémiai Kiadó (Akademischer Verlag), Budapest, 1952, S. 164. u. 187.
6. *Schweissguth, P. H.* : Schmieden und Pressen. Verl. J. Springer, Berlin, 1923. S. 96/104.
7. *Bernhoeft, Ch.* : Arbeitsverhältnisse einer direkt angetriebenen 1500 t Strangpresse. *Z. f. Metallkunde* 24/1932. S. 213/219.
8. *Siebel, E.* : Die Formgebung im bildsamen Zustande. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1932. S. 48/60.
9. *Sachs, G.* : Praktische Metallkunde, II. Verl. J. Springer, Berlin, 1934. S. 111. Abb. 120.
10. *Pearson, C. E. u. Smythe, I. A.* : The influence of pressure and temperature on the extrusion of metals. *J. Inst. Metals*, 45/1931 I. S. 345/381.
11. *Sachs, G.* : Praktische Metallkunde II. Verl. J. Springer, Berlin, 1934. S. 176. Abb. 197.
12. *Hofmann, F. J.* : Die hydraulischen Schmiedepressen nebst einer Untersuchung über den Vorgang beim Pressen eines Stahlstückes in geschlossener Matrize. Verl. J. Springer, Berlin, 1912.
13. *Siebel, E.* : Formgebung im bildsamen Zustande. Verl. Stahleisen, Düsseldorf, 1932. S. 59. Zahlentafel 10.

# A DUGATTYÚS GÁZGÉPEK TELJESÍTMÉNYGÖRBÉJÉNEK ELMÉLETE

JUREK JENŐ

Beérkezett 1952 március 12-én

## *Bevezetés*

A nagyteljesítményű motorok tervezése és a próbákkal kapcsolatos elméleti tanulságok leszűrése lehetetlen, ha a megfogható geometriai méretekből kiinduló, elméletileg helyesen felépített vizsgálatokat nem végeztük el.

Ha ilyen irányú vizsgálatok indultak is, rendszerint az egyes gyárak titkos rekordkísérletei számára nyújtottak támpontot. Más hasonló esetekben az utánzás és a véletlen adta méretek szerencsejátékszerű, öntudatlan felhasználása vezetett sikerre.

Az elméleti szakkönyvek elszigetelt számítási eljárásai még a legdurvább tényező, a motor nagyságrendi változásánál sem adnak egyszerű magyarázatot.

A teljesítménygörbe elméletileg részben termo- részben hidrodinamikai probléma, így a valóságos motor másodlagos zavaró tényezőinek kiszűrése után meg is szerkeszthető. Ha e abszolút pontosan elvégezhető elméleti vizsgálat után nagyságrendi sorrendben egyenként alkalmazzuk a tényleges kivitelnél mutatkozó eltéréseket, olyan pontosan állapíthatjuk meg a jelenség lefolyását, ahogy azt vizsgálatunk megkívánja. Tehát az első lépés a jelenségek elszigetelése és egyenkénti vizsgálata.

Az irodalomban rendszerint minden tényező összevonva, egyszerre szerepel, így még a teljes anyag ismeretében sem nyújt világos képet.

A töltésjelenségek bonyolult rendszerében a kompresszor hatásának belekeverése újabb eszköz a törvényszerűségek vizsgálatának végleges össze-zavarására.

Egyedül Dr. prof. Hans List és Dr. Gaston Reyl: »Der Ladungswechsel der Verbrennungsmaschine 1949« című művében a 45. oldalon látható a sorozatos töltésváltozás helyes képe minden további részletes magyarázat nélkül.

Ezt a részt, tehát az egész kérdésnek kezdetét, tettem vizsgálat tárgyává a »Gázmotorok teljesítménygörbéjének elméletében« először durva alapfelépítésben, utána az eltérések egyenkénti bevezetésének, útján egyre jobban közeledve a tényleges motor szerkezeti adottságaihoz.



Ezek a vizsgálatok a termodinamika és hidrodinamika közötti határvonalon játszódnak le, ezért a különlegesen motorral foglalkozók nem szívesen térnek erre a területre. A gyakorlatban ezzel a módszerrel használati és különleges versenycélokat szolgáló motorok fordulatszám analizését azonnal el lehet végezni, tehát várható tulajdonságaikra választ kaphatunk tervezés közben is. Különösen alkalmas a módszer hasonló típusú, kis mértékben különböző motorok összehasonlítására, ebben az esetben már egyszerű rátekintéssel dönthetünk.

A vizsgálati sorrend felállításával a harmónikus analízis bevált sorrendje alapján igyekeztem haladni, az egész rendszer gerincét alkotó egyszerű vázon keresztül a köréje épülő nagyobb és kisebb eltérések mindinkább finomuló és speciálizálódó során át.

Elhanyagolásokat is alkalmaztam rendszerint összevonások alapján, nagyságrendileg legtöbbször jelentéktelen méretben és amennyiben mód volt rá, a figyelmet fel is hívtam a jelenlétükre.

### I. Általános alapelvek

A dugattyús gázgépek egy lökete alatt kifejthető elméleti munka első-sorban a lökettérfogat méretétől, a benne lejátszódó folyamat termikus hatásfokától, a kitöltő levegő nyomásától és hőmérsékletétől, tehát mennyiségétől függ. Ha az előbb felsorolt tényezők közül a térfogatot és a körfolyam termikus hatásfokát megközelítőleg állandónak tekintjük, a mechanikai hatásfoktól eltekintve, állandó energiasűrűséggel bíró közvetítőközeg esetében a munka nagysága állandó hőmérsékleten a kitöltő nyomással egyenesen arányos.

Kisméretű kisfordulatszámú gépeknél a töltést eszközölő szerkezeti elemek viszonylagos mérete a kitöltendő lökettérfogathoz képest elég nagy, úgy hogy csak jelentéktelen nyomáscsökkenés szükséges a töltéshez.

Akár Otto rendszerű, akár Diesel körfolyam alapján történik az elégés, az elégethető maximális tüzelőanyagmennyiség, így tehát az *egy löket alatt kapott munka felső határát a bejutott levegőmennyiség határozza meg*. Az így kifejthető munka a motor rendszerétől függően változik. (Otto, Diesel,  $\epsilon$  stb.) Ugyanazon motoron belül a levegőmennyiségre vonatkoztatva ez az elméleti munka állandó.

A legtöbb motornál a mindenkori légköri nyomás alapja a hengertérfogat töltésének.

A négyütemű motoroknál a szívólöket alatt rendelkezésre álló beömlő keresztmetszetet rendszerint a kinyíló szívószelep, vagy kivételes esetben a hasonló célra szolgáló tolattyú által szabaddá tett keresztmetszet adja.

A szívólöket alatt a hengerben a felső holtpontról elinduló dugattyú térfogatnövelést hoz létre; ha a szelepet zárva tartanánk légritkulás kelet-

keznék, tehát a nyomás csökkenne. Kétütemű motoroknál, ha a szívás a forgattyúházban jön létre, a felső holtpont közelében a dugattyú alsó éle nyitja a beömlő nyílást. A beömlés itt légritka térbe megközelítőleg álló dugattyúnál történik.

A nyitott szelepen keresztül a külső légköri túlnyomás hatására a gázkiömlési törvényszerűségek szerint hatol be a külső levegő és a rendelkezésre álló keresztmetszet és idő alapján a lökettérfogatot igyekszik kitölteni.

A kitöltés mértéke a rendelkezésre álló időtől függ, így mindjárt megállapíthatjuk, hogy a töltés nagysága a töltési idő csökkenésével kisebbedik. A töltési idő csökkenését a fordulatszám emelkedése okozza, ami a gyakorlatban úgy jelentkezik, hogy növekvő fordulatszámnál a kitöltő levegő mennyisége, amelyet a *volumetrikus hatásfokkal* fejezünk ki, csökken. Tehát a külső légköri nyomás és a hengerben a töltés végén mérhető belső nyomás különbsége kifejezte nyomásesés szolgáltatja azt a gázsebességet, ami a töltést a hengerbe juttatja.

A volumetrikus hatások fordulatszám szerinti változása a gázkiömlési törvényszerűségek alapján határozható meg, tehát elsősorban  $P_1$  nyomású térből  $P_2$  nyomású térbe átömlő gáz nyomás, sebesség és mennyiség viszonyaival foglalkozunk.

Ebből a szempontból a kompresszoros motor sem kivétel, mivel a kompresszor adta nagyobb töltés úgy tekinthető, mintha a *kompresszor csupán a nagyobb nyomású légkört állítaná elő, amelyből az átömlés a hengerbe a gázkiömlés általános törvényszerűségei szerint történik.*

## II. A gázkiömlésre érvényes alapképletek

A legömbölyített kontrakciómentes »F« keresztmetszetű nyíláson  $P_1$  nyomású térből a kisebb  $P_2$  nyomású térbe  $P_2$  csökkentésével a kritikus ellennyomásig növekvő mennyiségű gáz ömlik át. A  $P_2$  ellennyomás kritikus értékéig az átömlő levegő sebessége is növekszik. A kritikus nyomásviszonyon felül a mennyiség állandósága mellett a sebesség csak abban az esetben növekszik, ha a legömbölyített nyílást legszűkebb keresztmetszete után bővülő keresztmetszettel (Laval-csővel) toldjuk meg.

A motor teljesítménygörbéje a fordulatszám-függvényében az időegység alatt teljesített munka változását mutatja.

Ez a munka egy hengertöltés munkájának a fordulatszámmal megszorított értékeiből alakul, így megadott fordulatszámnál az előző bekezdésben felvett elhanyagolásokkal a hengertöltéssel mint arányos mennyiséggel pótolható. Mivel az egy hengertöltés adta munka a kitöltő levegő mennyiségétől függ, a volumetrikus hatásfok mérőszámául nem a beszívott levegő nyomását, hanem a tényleges energiamentisírt tartalmazó, tehát a változó hőfokkal korrigált értékét, súlyát vesszük mértékadónak.



Kiömlési képleteink közül tehát elsősorban ezeket tárgyaljuk.

Kiömlő sebesség =  $C$  m/sec

Kritikus sebesség =  $C_k$  m/sec

Maximális sebesség =  $C_{\max}$  m/sec

Kiömlő mennyiség =  $G$  kg/sec

Maximális kiömlő mennyiség =  $G_{\max}$  kg/sec

Hidraulikus eredő keresztmetszet =  $F_{\min} \text{ m}^2$

$$C = \sqrt{\frac{2gk}{k-1} P_1 V_1 \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (1)$$

$$C_k = \sqrt{\frac{2gk}{k+1} (P_1 V_1)} \quad (2)$$

$$C_{\max} = \sqrt{\frac{2gk}{k-1} (P_1 V_1)} \quad (3)$$

$$G = F_{\min} \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \left( \frac{P_1}{V_1} \right) \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (4)$$

$$G_{\max} = F_{\min} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k-1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2gk}{k+1} \left( \frac{P_1}{V_1} \right)} \quad (5)$$

Ha a kiömlés általános képletéből számítunk, szükséges, hogy a kiömlő mennyiség változását az ellennyomás függvényében ábrázoljuk. E célból a (4) általános képletünket a következő gyakorlati alakra hozzuk:

$$G = F_{\min} \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \left( \frac{P_1}{V_1} \right)} \cdot \sqrt{\left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}}} \quad \text{kg/sec.}$$

A képlet első tagját  $C$  állandóval,  $\frac{P_2}{P_1}$  nyomásviszonyt  $\varepsilon_1$  tényezővel helyettesítve a következő kifejezést kapjuk:

$$G = C \sqrt{\frac{2}{\varepsilon_1^{\frac{2}{k}} - \varepsilon_1^{\frac{k+1}{k}}}} \quad (6)$$

Az általunk használt közegre, levegőre  $k = 1,4$  így

$$G = C \cdot \sqrt{\frac{1,43}{\varepsilon_1^{1,7}} - \varepsilon_1^{1,7}} \quad (7)$$

A négyzetgyökös kifejezés értékei a következő 1. táblázatban foglalhatók össze.

1. táblázat

Kiömlő levegő súlya az ellennyomás szerint

$\varepsilon_1$	$\frac{1}{\varepsilon_1}$	$\left(\frac{1}{\varepsilon_1}\right)^{1.43}$	$\varepsilon_1^{1.43}$	$\left(\frac{1}{\varepsilon_1}\right)^{1.7}$	$\varepsilon_1^{1.7}$	$\varepsilon_1^{1.43} - \varepsilon_1^{1.7}$	$\sqrt{\text{előbbi}}$
1	1	1	1	1	1	0	0
0,9	1,11	1,162	0,860	1,195	0,835	0,025	0,158
0,8	1,25	1,380	0,722	1,462	0,680	0,041	0,205
0,7	1,43	1,670	0,596	1,840	0,542	0,054	0,232
0,6	1,66	2,070	0,482	2,370	0,427	0,061	0,247
0,526	1,9	2,50	0,400	2,970	0,337	0,063	0,251
0,4	2,5	3,700	0,270	4,750	0,210	0,060	0,245
0,3	3,3	5,500	0,180	7,650	0,130	0,050	0,223
0,2	5	10,00	0,100	15,50	0,065	0,035	0,187
0,1	10	27,0	0,037	50	0,020	0,017	0,130
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	0	0

Az ellennyomás csökkenésével közel elliptikusan növekszik a »G« kiömlő mennyiség, maximumát a kritikus nyomásésénél éri el. A következő képlet szerint a kritikus nyomásésés :

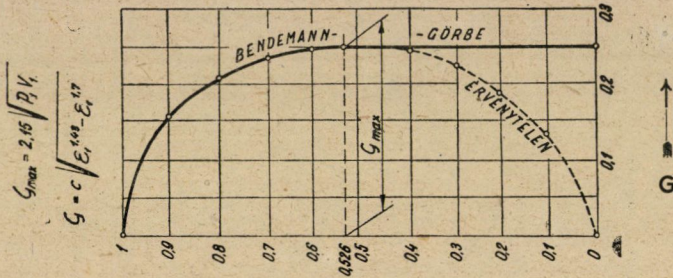
$$\frac{P_k}{P_1} = \frac{2}{k+1} \frac{k}{k-1} \quad \text{levegőre} \quad \frac{P_k}{P_1} = 0,5265 \cong 0,53. \quad (8)$$

Az 1. táblázat adatait ábrázolva ellipsziszt kápunk. Az ellipszis nem teljesen azonos az ismert másodfokú görbével, kissé torzított. A torzítás mértéke a kritikus nyomás és a  $0,5 P_1$  közötti csekély eltérésnek felel meg. Mivel a kritikus nyomásésésén túl sem csökken a kiömlő mennyiség, az ellipszis maximális értéke, tehát nagytengelye alatti rész érvénytelen, csupán a kritikus feletti részre érvényes matematikai kifejezés további folytatásának tekinthető. A valóságban ez annyit jelent, hogy a kiömlés görbéje több függvénynek felel meg, amelyeket érvényességi határok választanak el. — Az ellipszis max. ordinátáját a kritikus



nyomásésés alatt egyenessel folytatva a gőzkiáramlásra használt Bendemann-féle ábrát kapjuk (1. ábra).

Rajztechnikai okokból az ellipszis helyett »G« léptékének gyakorlati megválasztásával kört is rajzolhatunk. (Léptéktorzítás.) Az (5) képletből számított



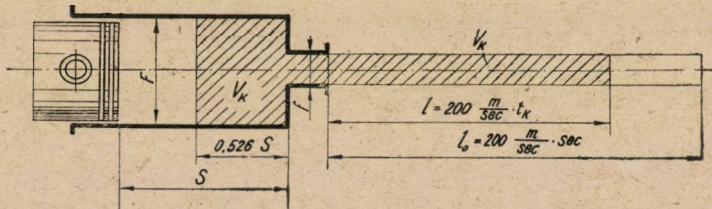
1. ábra

$G_{\max}$  levegőre :

$$G_{\max} = F_{\min} \times 2,15 \sqrt{\frac{P_1}{V_1}} \quad \text{kg/sec.} \quad (9)$$

Ha  $t = 27^\circ$  levegőre számítunk  $P_1 = 10\,000 \text{ kg/cm}^2$   $V_1 = 0,865 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$G/m^2 = 2,15 \sqrt{10\,000/0,865} = 230 \text{ kg/m}^2 \quad (10)$$



2. ábra

A kiömlő levegő volumetrikus mennyiségét az eredeti állapotra vonatkoztatva kiszámítjuk a kiömlő nyílás előtt álló, rajta 1 sec alatt átvonuló maximális mennyiségű levegőhenger hosszát. (2. ábra).

Ez a nyílás előtt álló levegőhenger a nyílás méretének megfelelő átmérőjű és  $230 \times 0,865 = 200 \text{ m}$  hosszú, tehát 1 sec. alatt ezt a levegőmennyiséget nyeli el a munkahenger, ha benne a nyomásésés a kritikust eléri.

A következőkben a könnyebb elképzelés céljából két különböző töltési módot tárgyalunk, amelyek a gázgépek töltésénél rendszerint vegyesen fordulnak elő.

I. tartánytöltés az egyszerű 2 ütemű motoroknál,

II. az egyenes behúzásnak a 4 ütemű motoroknál van nagyobb jelentősége.

### III. A motorhenger töltése álló dugattyú esetén

#### (Tartánytöltés)

Ha üres edénybe vizet töltünk, állandó mennyiségű beömléskor a vízoszlop magassága egyenletesen emelkedik, majd  $t$  idő múlva az edény teljesen megtelik.

Ha a kifolyás időbeli változását állandónak vesszük, az idő, ami alatt az edény megtelik, könnyen kiszámítható.

Ha a víz helyett levegőt veszünk, a töltés lefolyása a növekvő belső nyomás változása ugyanígy képezhető.

Ebben az esetben számításunk alapjául a maximális kiömlő mennyiség és a kritikus nyomás időviszonya szolgál, mivel eddig a határig a levegőbeömlés folyamán az idővel lineárisan növekvő belsőnyomás változása teljesen a vízzel töltött edény töltésének jellegét mutatja.

Motorral kapcsolatban tartánytöltés alatt a felső holtponthól az alsóba zárt szelepek mellett történő dugattyú elmozdulás útján kapott vacuumba irányuló levegőbeömlést értünk.

Ez a jelenség munkanélküli expanzióval folyik le, úgy hogy a beömlő levegő hőmérséklete megnövekszik, mégpedig teljes vacuum és álló dugattyú esetén  $k$ -szor, ahol  $k$  az adiabatikus kitevő.

Levegőre :  $k = 1,4 \quad T_2 = 1,4 T_1.$

Mivel számításunk elsősorban a teljesítménygörbe elméleti szerkesztésének megértését célozza, ezt a máskülönben jelentékeny felmelegedést egyelőre figyelmen kívül hagyhatjuk, annál is inkább, mivel a beömlő levegő maximális mennyiségét nem érinti.

Ha a belső ellennyomás csökkenése szerint változó levegőbeömlést a nyílás előtti térben az eredeti állapotban levő levegőhengerrel ábrázoljuk, hengerünk hossza az eredeti állapotra redukált beömlősebességnek felel meg és a kritikus sebességig nő. A fordulatszám növelésével a belső ellennyomás csökken, így az elnyelt levegő mennyisége tehát a levegőhenger hossza is nő, egész a kritikus nyomás esésig, további nyomásesésnél állandó marad.

Számításunk célja a gázmotorok volumetrikus hatásfokának kiszámítása a fordulatszám függvényében így tehát ábrázolásainkban a motorhenger szokásos jelölését alkalmazzuk (2. ábra).

$S$  = löket méterben

$F$  = dugattyúfelület

$f$  = aktív szelepfelület } közös mértékben

$l_0 = 200$  m, az 1 sec. alatt beömlő max. hosszúságú levegőhenger,

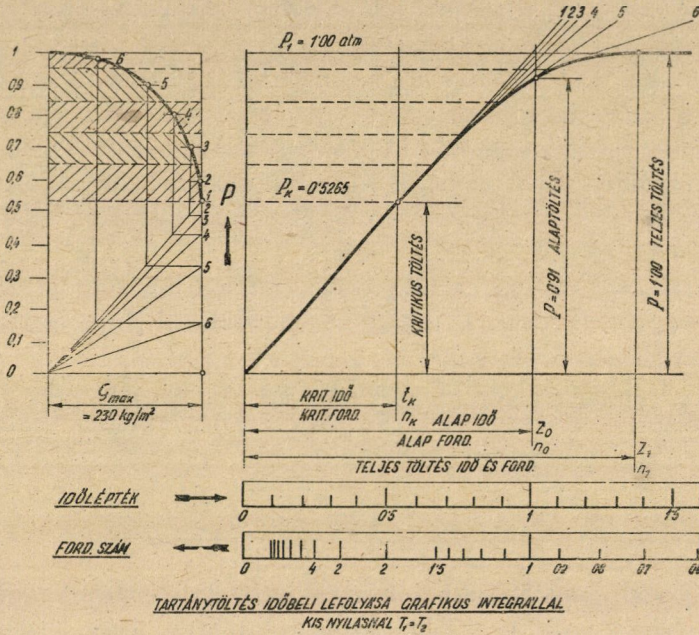
$l_k = 200 \cdot t_k$  a kritikus nyomás eléréséig eltelt idő alatt beömlő levegőhenger hossza.



$V_k = F \cdot S \cdot 0,53 =$  a munkahengert a kritikus nyomásig megtöltő levegőmennyiség eredeti nyomásra vonatkoztatott térfogata.

$V_k = 200 \cdot f \cdot t_k = F \cdot S \cdot 0,53$  ebből a  $t_k$  kritikus töltésidő (11)

$$t_k = \frac{F \cdot S \cdot 0,53}{f \cdot 200}$$



3. ábra

ha a gyorsjáratú motoroknál használt jelöléseket alkalmazzuk :

$\frac{f}{F} = F_0$  keresztmetszeti tényezővel jelölve :

$$t_k = \frac{S \cdot 0,53}{F_0 \cdot 200} \tag{12}$$

A tartánytöltés lefolyását a 3. ábra szemlélteti az idő függvényében. Mivel  $G_{max} P_k = 0,53 P_1$  ellennyomásig állandó, a töltés eddig a határig az idővel egyenes arányos, amit egy ferde egyenes ábrázol.

A további csökkenő mennyiségű beömlés folytán az időegységben lassabban növekvő nyomás változását az ábrában grafikus integrálással szerkeszthetjük meg.

A töltési görbe szempontjából még egy jellemző időértéket találunk, azt a  $t_0$  időt, amely alatt a nyomáskülönbségtől függetlenül max. gázbeömlés töltene meg a tartányt.

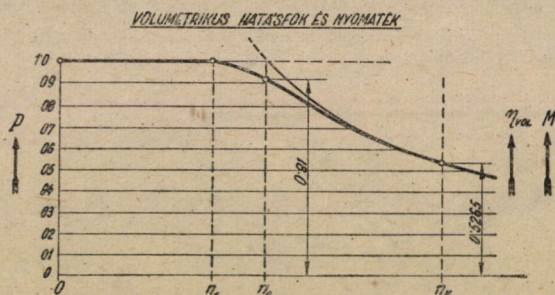


Ez az idő  $t_0 = \frac{t_k}{0,53}$  ből számítva.

$$t_0 = \frac{S}{F_0 \cdot 200} = \text{alapidő.} \quad (13)$$

Ennél a kifejezetten *tartánytöltés*-nek nevezhető, töltési módnál a  $t_0$  idő alatt a tartány nyomása  $0,91 P_1$  értéket ér el. — A teljes megtöltés csak kb.  $1,3 \times t_0$  idő alatt történik, ezután nincs többé változás. Mivel a motorok  $F_0$  keresztmetszeti tényezői a 0,1 nagyságrendi értéket sem érik el a beömlésnél keletkező lengések az itt tárgyalt rövid szívócsövű motoroknál elhanyagolhatók.

Az ábrában az időléptéken kívül még a motorikus vonatkozású reciprok időlépték, a fordulatszám léptéke is látható.



4. ábra

A reciprok lépték megfordításának mértékét a  $t_0 = \text{alapidő}$  egysége adja. Mindkét léptékben egyformán előfordul:

$t_0 = \text{alapidő}$  amelynek megfelel  $n_0 = \text{alapidő fordulatszám}$ .

$t_1 = \text{kritikus töltésidő}$ nek megfelel  $n_1 = \text{kritikus fordulatszám}$ .

$t_1 = \text{tartánytöltéskor}$  még a

$t_1 = \text{teljes töltésidő}$  is van, amelynek  $n_1 = \text{teljes töltés fordulatszám}$  felel meg.

$$\frac{t_k}{t_0} = 0,53 \qquad \frac{n_0}{n_k} = 0,53,$$

$$\frac{t_1}{t_0} = 1,3 \qquad \frac{n_0}{n_1} = 1,3,$$

A töltésre, tehát a levegőmennyiségre vonatkoztatott volumetrikus hatásokra is 3 jellemző értéket különböztetünk meg, amelyek közül a legkisebb az  $n_k$  kritikus fordulatszámnál jelentkező:

*kritikus töltés*  $\eta_k = 0,53$

következik az

*alaptöltés*  $\eta_a = 0,91$  (tartánytöltésnél)



vége a  
teljes töltés  $\eta_1 = 1,00$  (tartánytöltésnél)

$$\frac{n_0}{n_1} = 1,3$$

A tartánytöltés elméletileg tökéletes megvalósításával mennyiségileg mindhárom érték  $k$ -szor kisebb a belső nyomásnál a felmelegedés miatt, és csak  $k$ -szor magasabb fordulatszámoknál érjük el az itt megadott értékeket.

2 ütemű karterkompressziós részvezérlésű motoroknál a beömlés a felső holtpontban megálló dugattyú szabaddá tette résen keresztül a lökettérfogat által megnövelt forgattyúházba történik, így ténylegesen csak ez a töltésmód szerepel.

4 üteműnél a hengertöltés nagy része mozgó dugattyúval állandó depresszió mellett történik, az így lefolyó töltésviszonyok csak az egyenletes behúzás ismertetése után tárgyalhatók. Ha a (12) képletünkbe, a  $t_k$  kritikus töltésidőt a motor  $\frac{1}{2}$  fordulata tehát  $180^\circ$ -ra redukált töltésidejére helyettesítjük:

$$t_k = \frac{60}{2 \cdot n_k}$$

sec, amelyből 12 képlet alapján

$$\frac{60}{2n_k} = \frac{S \cdot 0,5265}{F_0 \cdot 200}$$

ebből átrendezve kapjuk a hidraulikus kritikus fordulatszámot:

$$n_k = \frac{6000}{0,5265} \cdot \frac{F_0}{S} \quad (15)$$

A 3. ábrán felrajzolt idő szerinti töltésváltozás diagramjából az alsó reciprok lépték megfordítása útján az 4. ábrán látható görbét kapjuk, amely a hengerek levegőtöltésének változását a fordulatszám függvényében ábrázolja.

A motor nyomatékának változása arányos a töltéssel, ha tehát ábránkon a töltés léptékében mérjük a középnyomás változását, úgy átszámítva egy harmadik lépték szerint a nyomaték változását kapjuk.

A 5. ábrán a nyomaték ordináták a hozzátartozó fordulatszámokkal szorozva a teljesítménygörbe alapelemeit adják. Az 4. ábrán az egyenlő volumetrikus hatásfokot ábrázoló párhuzamos egyenesek a 5. ábrán a kezdőpontból induló sugársort alkotnak.

A teljesítmény arányos az időegység alatt feldolgozott levegővel, ezért a levegőmennyiség diagrammja a teljesítmény változását is mutatja.

Az 4. és 5. ábrán a kritikus töltést adó  $n_k$  mellett még a 0,91 volumetrikus hatásfokot képviselő  $n_0$  is szerepel a (13) képletből számítva:

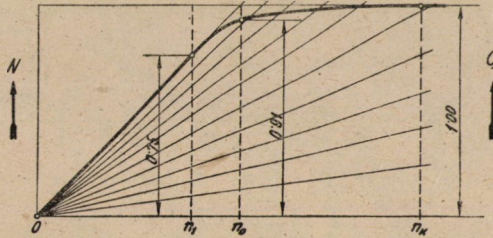
$$n_0 = 6000 \cdot \frac{F_0}{S} = \text{alapfordulatszám.} \quad (16)$$



Alapfordulatszámunkat nevezzük tehát azt a fordulatszámot, amelynél a 100%-os töltéssel kapott lineáris teljesítménygörbe átmetszi a kritikus mennyiség határvonalát.

A gázmotorok effektív teljesítményét az itt még nem részletezett más zavaró tényezőkhöz kívül a súrlódás felemésztette munka, tehát a mechanikai hatások is csökkenti. Az ismertetett eljárás az indikált teljesítmény változásának elég jól megfelel, a mozgó részek súrlódása azonban negatív munkát jelent

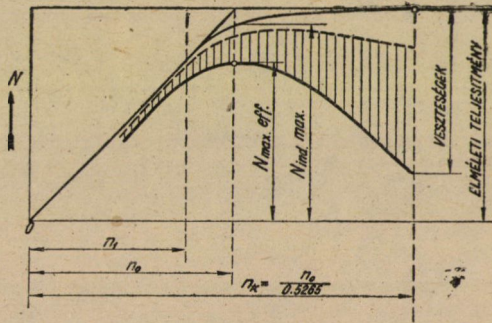
TELJESÍTMÉNY ÉS LEVEGŐNYELÉS GÖRBÉJE



5. ábra

és csak ezen munka levonásával kapjuk meg a motorból tényleg kivethető  $u. n.$  effektív teljesítményt.

A VESZTESÉGEK NÖVEKEDÉSE



6. ábra

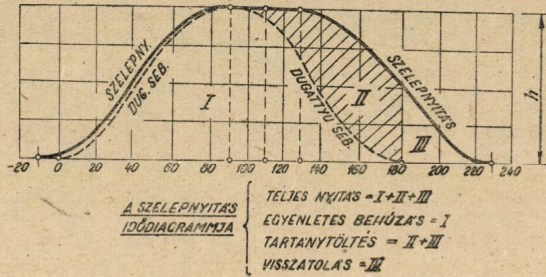
A motorok teljesítményének növelésére irányuló törekvés a szelep és csatorna keresztmetszeteket a lehetőség határáig felnövelte, ami olyan nagy fordulatszámokat eredményezett, hogy itt már a súrlódási és egyéb veszteségi munka a motor teljesítményének jelentékeny részére rúg és növekedése további fordulatszám-növelésnél rohamossá válik. A veszteségi munka egyik eleme a dugattyúsúrlódás a fordulatszámmal nem változik, annál inkább a forgó tömegek centrifugális erejéből eredő súrlódás, amely a fordulatszám harmadik hatványával növekvő ellenmunkát ad. Az  $n_0$  alapfordulatszám rendszerint



az a határ, amelynél a rohamosan növekvő veszteségek már nem engedik érvényesülni az indikált teljesítmény további, már igen lassú növekedését.

Ez az indikált teljesítményből levonandó munka az  $n_0$  alapfordulatszám felett olyan erősen nő, hogy a további teljesítménynövelést megszünteti (6. ábra).

Az ábrán látható, hogy a maximális teljesítményt adó fordulatszám igen kicsi eltéréssel azonos  $n_0$  alapfordulatszámmal. Ezért jogos az  $n_0$  fordulatszámot a motor »maximális«, vagy egyszerűen *fordulatszám*nak nevezni.

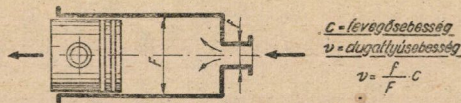


7. ábra

Eddig az üres térbe behatoló levegő hatására keletkező töltésviszonyokkal foglalkoztunk.

Ez a »*startánytöltésnek*« nevezett mód a 2 ütemű motoroknál közvetlenül létesül. A pontos számítási eljárást, valamint a hőmérsékletváltozásokat a 2 ütemű motorok analizésénél ismertetjük.

Az 4 ütemű motor töltése több mint  $180^\circ$ -ot kitevő szívölöket alatt történik (7. ábra).



8. ábra

Az ábrában a szelepmelkedésen kívül a dugattyú sebességeket is ábrázoltuk így a keresztmetszet és sebesség viszonyának változása megállapítható.

Az ábrán a nyitás kezdetén a két görbe olyan közel jár egymáshoz, hogy a viszonyszám közel állandó. A szívás végén a dugattyú megáll, sőt visszafelé mozog, így a szívölöket végén az előbbi mód helyett tartánytöltés útján történik a töltés kiegészítése, sőt egy részét vissza is nyomja a szívócsőbe.

A két határt a felbontott I és II terület aránya szerint vesszük figyelembe, ezért vizsgálunk kell a mozgó dugattyúval létesített töltési módot is, annál inkább, mivel a 4 ütemű motor töltésének legnagyobb része ezen a módon folyik le. Ez a töltési mód pontosan megvalósítva semmiféle hőmérséklet változással sem jár, így a kapott eredmények teljes pontossággal állapíthatók meg.

IV. A motorhenger töltése állandó dugattyúsebességgel

A hengertöltés másik módjának szélsőséges esete az egyenletesen hátráló dugattyú által megnövelt térbe beömlő levegő sebességi és mennyiségi vizsgálata a depresszió függvényében.

Az egyenletes behúzáskor a beömlő levegő sem lehűlést, sem felmelegedést nem szenved, így alkalmas a kitöltő nyomás és a töltés mennyiségi vizsgálatára.

A töltés hőfokviszonyai egészen más jellegű vizsgálatot igényelnek, így ezzel a szerkesztéssel nem függnek össze.

Esetünkben  $T_2 = T_1$  mindaddig, amíg a keresztmetszet és a dugattyúsebesség viszonya állandó.

Mivel a hőfok nem változik, elégséges a depresszió és a beömlő sebesség viszonyát vizsgálni.

A következőkben az állandó nyílás és sebesség viszonya, tehát állandó depresszió alatti töltést, az »egyenletes behúzást« vizsgáljuk. A 8. ábra szerint legyen :

a nyílás aránylag kicsiny, így a dinamikai hatás, belső lengéshullám elhanyagolható.

A kiömlő sebesség :

$$C = \sqrt{\frac{2gk}{k-1} (P_0 V_0)} \sqrt{1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$C = C_{\max} \sqrt{1 - (\varepsilon_1)^{\frac{k-1}{k}}} \quad (17)$$

A képletből számítható sebességértékeket a 2. táblázatban és a 9. diagramban láthatjuk. A táblázatban és a diagramban a  $C_{\max}$  a Laval-csőnél keletkező legnagyobb sebesség értéke 1.

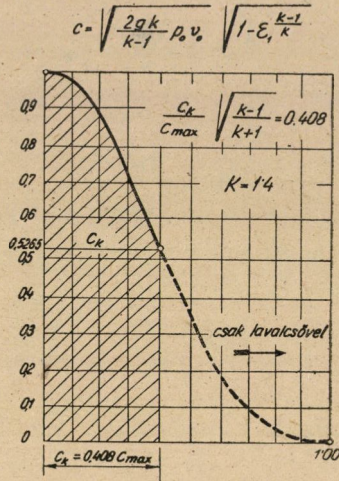
$C_{\max}$  = a kiömlés sebessége légüres térbe.

A sebesség csak a kritikus határig szerepel a töltésnél, ennél kisebb ellennyomáskor is csak a kritikus sebesség fejlődik ki a legszűkebb keresztmetszetben. (Laval-cső nélkül.)

2. táblázat

Nyomásesés / sebesség					
$\varepsilon_1$	$\frac{1}{\varepsilon_1}$	$\frac{3.5}{\sqrt{\varepsilon_1^2}}$	$\frac{1}{\dots}$	$1 - \dots$	$\sqrt{\dots}$
1	1	1	1	0	0
0,9	1,11	1,035	0,965	0,035	187
0,8	1,25	1,072	0,935	0,065	255
0,7	1,43	1,110	0,900	0,100	314
0,6	1,62	1,150	0,870	0,130	360
0,526	1,9	—	—	—	408
0,5	2	1,220	0,820	0,180	425
0,4	2,5	1,300	0,770	0,230	480
0,25	4	1,485	0,670	0,330	575
0,1	10	1,920	0,520	0,480	690
0	$\infty$	$\infty$	0	1	1000



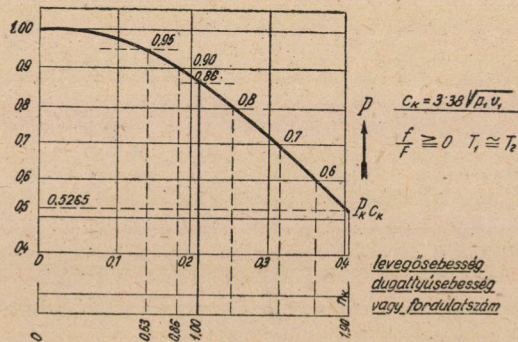


9. ábra

$k$  1,4-nél levegőre :

$$\frac{c_k}{c_{\max}} = \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} = \sqrt{\frac{0,4}{2,4}} = 0,408 \text{ határig.} \quad (18)$$

Ha az »egyenletes behúzás« sebességét a beömlő mennyiséggel állítjuk arányba, a 10. ábrán látható diagramm szerint minden sebességhez leolvashatjuk a hozzátartozó ellennyomást, amely ilyenkor kis nyílás esetén a henger nyomásával egyenlő.



10. ábra

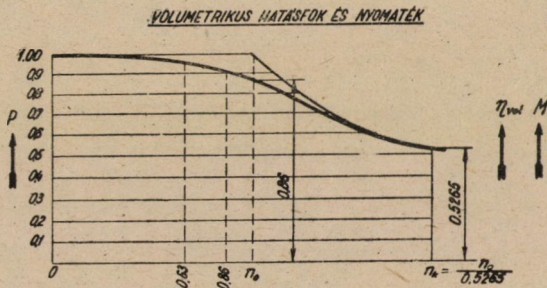
Ha a fordulatszám függvényében a volumetrikus hatásfokot (nyomatékot) ábrázoljuk, a 11. ábra szerinti szerkesztéssel kapjuk a megfelelő értékeket. A 12. ábrában ugyanezen adatokból az állandó dugattyúsebességgel megtöltött



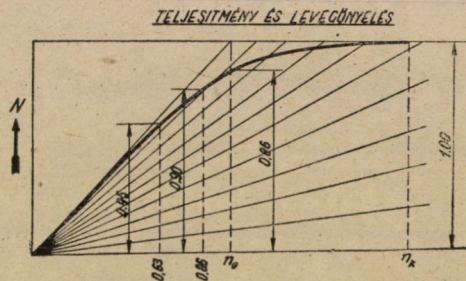
henger levegőmennyiség és egyúttal teljesítménydiagrammja látható a fordulatszám függvényében.

$\eta_{vol}$  : az  $n_k$  kritikus fordulatszámmal = 0,53,

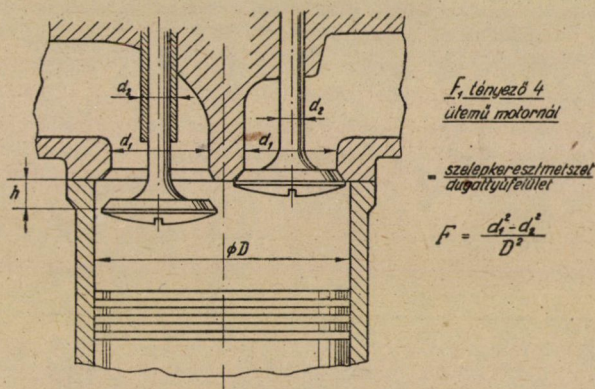
$\eta_{vol}$  : az  $n_1$  alapfordulatszámnál = 0,86



11. ábra



12. ábra



13. ábra

Ezek a diagrammok a töltés alatt teljesen egyenletesen mozgó dugattyúra érvényesek.



Fontos a kritikus gázsebességnél jelentkező kritikus töltés, amely 0,53 értéknél nem lehet nagyobb.

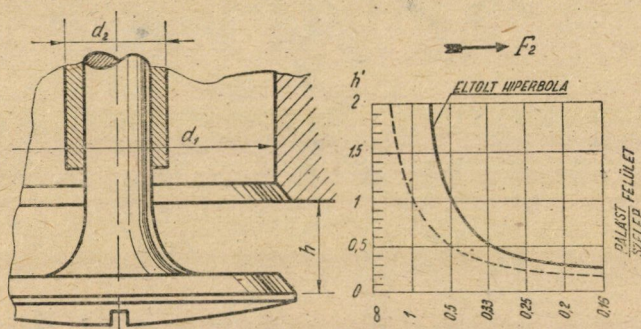
A valóságos 4 ütemű motorok töltése mindig a két töltéstípus közé esik, a kis különbség miatt elégséges a tartánytöltésre és az egyenes behúzásra eső töltés részletek százalékos arányban történő elosztása.

A 7. ábrán látható nyitásdiagram ezután már százalékosan is értékelhető. Tényleges esetben :

$$\text{Szelepnyitás területe} = \frac{200^\circ}{2} + 40^\circ = 140^\circ \text{ (max nyílásra redukálva)}$$

$$\text{I. Behúzás területe} = \frac{180^\circ}{2} = 90^\circ$$

$$\text{II. tartánytöltés területe} = 140^\circ - 90^\circ = 50^\circ$$



$F_2$  tényező leolvasandó a diagrammból.

$h'$  mértékadó emelés alapján

$$h' = \frac{4hd_1}{(d_2^2 - d_1^2)}$$

14. ábra

Arányszám :  $90/50 = 1,8$ , amelyből a végleges töltés megszerkeszthető

$\eta_{vol} = \frac{90 \cdot 0,86 + 50 \cdot 0,91}{140} = 0,88$ . Ez az elméletileg túlegyszerűsített megoldás a szokásos elosztás esetén még igen jól megfelel.

A pontos superpozíciós eljárás a hengertöltés részletes analizisének ugyanazt az eredményt adja.

#### V. Keresztmetszeti tényezők

Minden gázgépnél  $180^\circ$ , tehát  $\frac{1}{2}$  fordulatra vonatkoztatjuk a töltésidőt, ebben az esetben  $F_0$  keresztmetszeti tényező 4 további tényező szorzatára oszlik :

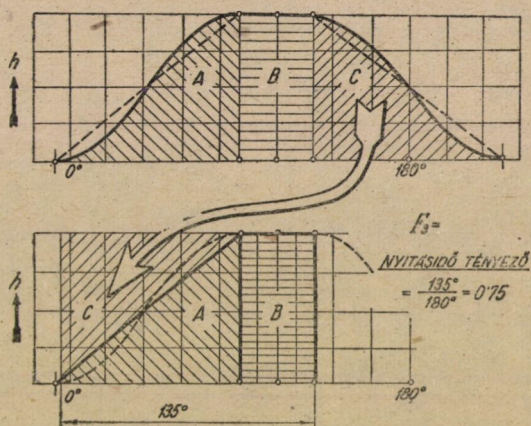
$$F_0 = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \quad (19)$$



$$F_1 = \frac{\text{beömlő keresztmetszet névleges mérete}}{\text{dugattyúfelület}} = \text{Felületarány} < 1$$

$$F_1 = \frac{d_1^2 - d_2^2}{D^2}$$

a 13. ábra szerint szelepes motornál világosan látható a számítás módja. A  $D$  = dugattyúátmérő és a  $d_1$  = szelepnnyílás, valamint a belőle levonandó szelepvezeték  $d_2$  is látható. Ha az ábránk baloldalán látható módon a szelep-



15. ábra

vezeték is benyúlik a szelepnnyílásba, átmérőjének négyzete a szelepnnyílás négyzetéből levonandó. Ha a jobboldali mód szerint csak a szelepszár egyedül képezi a keresztmetszet csökkentést, csak ez vonandó le. 2 ütemű motornál a beömlő nyílás a hengerfalon foglal helyet, itt is ugyanezen vonatkozás szerint számítunk, tehát

$$F_1 = \frac{\text{nyílás keresztmetszet}}{\text{dugattyúfelület}}$$

$F_2$  = átfolyási tényező szelepnél a szelepnnyitás függvényében a 14. ábra szerint. Részvezérlésű motornál közel van 1-hez, így célszerű a következő  $F_3$  tényezővel együtt számítani; A 3 csatornás 2 üteműnél is  $F_1$ -el összevonva vesszük figyelembe.

$F_2$  tényező kiszámításához szükséges a mértékadó emelkedés  $h'$  kiszámítása. Ez szeleprúd nélküli szelepnél azonos  $h$  ténylegesen lemérhető tengelyirányú emelkedéssel.

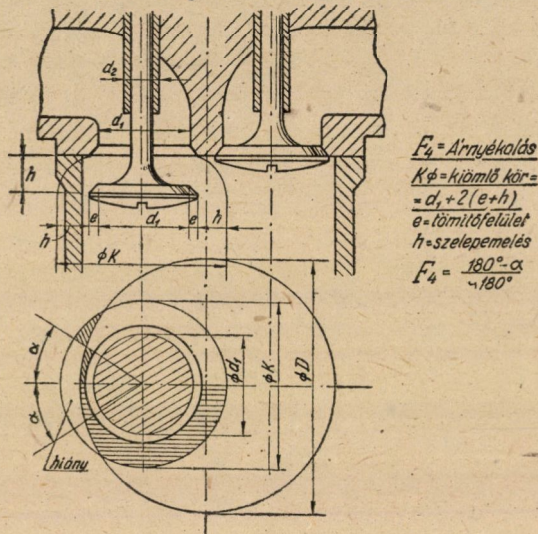


Ha  $d_2$  szeleprúd, vagy szelepvezeték benyúlik a szelephez torkoló csőszerű részbe, ennek a keresztmetszetét éppúgy kell vonni a beömlő keresztmetszethől, mint  $F_1$ -nél már tettük.

Az új  $h'$  nyitás a mértékadó szelepemelkedés

$$h' = \frac{4h d_1}{d_1^2 - d_2^2}$$

A mellékelt  $h' F_2$  diagramból az így kapott  $F_2$  leolvasható.



16. ábra

$F_3 =$  nyitás idő tényező, az áramlási keresztmetszet változás területi integrálja a fő tengely szögfordulásának függvényében a maximális nyílásra vonatkoztatva. Ily módon a kapott négy szög hossza szögelfordulással fejezhető ki. Az így kapott szög osztva  $180^\circ$ -al adja  $F_3$  tényezőt. 2 ütemű 3 csatornás motornál az  $F_2$  átfolyás mérésére a kontrakció miatt módosult beömlőnyílás értékekből felépített területet használjuk.

A 15. ábrán a szokásos szimmetrikus szelepemelés látható. Ebben az esetben diagramm 3 részre oszlik. Az »A« rész háromszögre kiegészített része a növekvő nyitásnak. A »B« rész a teljes nyitás területe. A csökkenő nyitású »C« rész kongruens »A«-val, így miután háromszögre történt a kiegészítés C' helyre áthelyezhető.

Így nyitásidőnk  $A + C' + B = 135^\circ$  amelyből

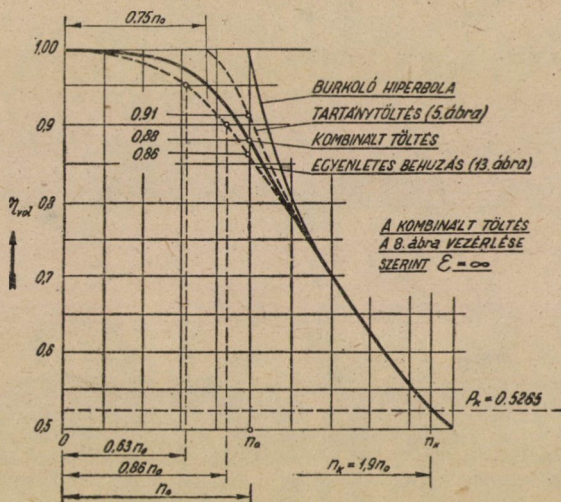
$$F_3 = \frac{135}{180} \text{ kiszámítható.}$$

Kivételesen »B« terület lehet 0 is, sőt  $F_3 > 1$ -nél is.



$F_4 =$  árnyékolás  $< 1$ . Egyes 4 ütemű motornál a szelepek szabad kiömlési zónájába a hengerfej, vagy henger esetleg 3 vagy 4 szelepnél a mellette elhelyezett hasonló célra szolgáló szelep benyúlik, ezáltal a hasznos keresztmetszet csökken. — 2 ütemű motornál  $= 1$ .

Az  $F_4$  tényezőt 16. ábra szerint a kiömlési kör falak által létrejövő megcsönkítéséből vezetjük le.



17. ábra

Az ábra szerint olyan  $\alpha$  szög mentén jelöljük ki a határt, amelynek aránya a félkörhöz azonos a gyűrű csönkítási viszonyaival.

$k_f =$  kiömlő kör

$$k_f = d_1 + 2 \cdot (2e + h)$$

$d_1 =$  szelepnnyílás

$e =$  szelepülés

$h =$  emelkedés.

## VI. A kitolási túlnyomás és káros tér hatása

A 17. ábrán látható volumetrikus hatásfok-görbe váza ily módon pontonként felrajzolható.

Ha tényleges motor számítását végezzük el, minden esetben számolnunk kell a kivitelnél előálló további csökkentő tényezőkkel is.

A 5. ábrán látható szelepnnyílási diagramból az eddig használt adatok leolvashatók.

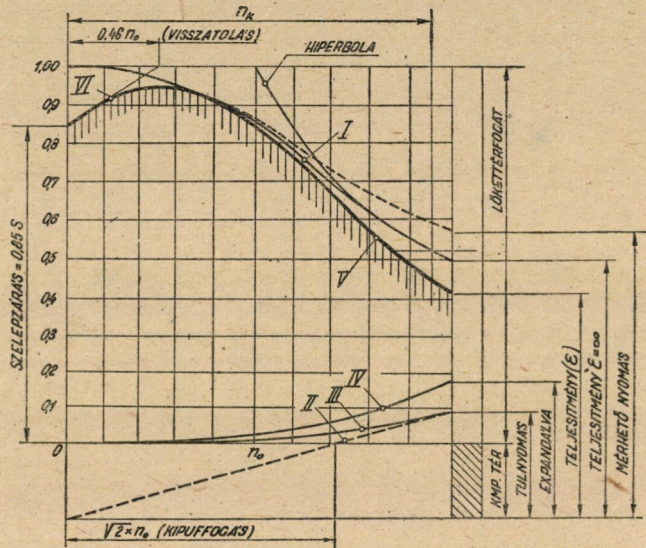
Az  $n_k$  kritikus fordulatszámnál töltésünk tehát  $\eta_{vol} = 0,53$ , amely további fordulatszám emelkedésnél hiperbolikusan csökken. Ha ábránkban a kritikus



töltésből kiinduló hiperbola, valamint a  $\eta_{vol} = 1$  vonalat berajzoltuk, a metszéspont  $n_0$  alapfordulatszámánál keletkezik. Ha továbbá az 4. ábrán látható tartánytöltés, valamint a 11. ábrán látható behúzás töltésgörbéit berajzoljuk, az I és a II terület arányában, tehát 90/50 arányban a behúzás felé eltolódva külön kirajzolhatjuk az eredő töltésvonalat (18. ábra).

Ennek a vonalnak egyik jellemző pontját, azaz az  $n_0$  alapfordulatszámnak megfelelő  $\eta_{vol} = 0,88$  értéket előző számításunkban már megadtuk.

Amint a 6. ábrán a veszteségek felrajzolása után látható,  $n_0$  fordulatszám felett a motor töltése csak olyan kevésbé növekedik, hogy a megnövekedett



18. ábra

ellenállások levonása után már erős csökkenés várható. A motor hasznos teljesítménye itt már eléri maximumát, további fordulatszám emelésnél már csökkenés mutatkozik. A tömeghatások további növekedése a további fordulatszám növelésnél nemcsak a belső ellenállásokat növelné meg, hanem töréseket is okozna, annál is inkább, mivel a tervezésnél felesleges biztonságot nem alkalmaznak, tehát a feleslegesen nagy fordulatszámot a szilárdsági méretezés sem engedi meg.

A gyakorlati célt szolgáló motor jellemző adata a max. teljesítmény, az ehhez tartozó fordulatszámot erősen túllépni és így már a csökkenő teljesítmény zónájába átmenni drága és legtöbbször felesleges pazarlás. Amerikai túlméretezett luxuskocsikon mégis alkalmaznak ilyen különlegesen elasztikus motort is, a vezetés kényelme érdekében.

Miután az ismertetett számítási móddal a kompresszió tér nélküli elméleti motor töltése megoldottnak tekinthető, vizsgáljuk meg a helyzetet véges kompresszió térre nézve is.

Ha a szívó ütemen kívül a kipuffogó ütem szerepét is nézzük, a kipuffogás végén a kompresszió térben túlnyomású égéstermék marad vissza.

Ez a *kitolási túlnyomás* az előforduló határok között a szívási depresszió ellengörbájének tekinthető, ha tehát a 18. ábrában a vol. hatásfok görbáját (I) fordítva berajzoljuk, a kipuffogás ellennyomását kapjuk (II) vonalat.

Mivel a gázsebességek az abszolút hőfok négyzetgyökével arányosak, a valóságban az  $n_0$  fordulatszám helyett a kipuffogásnál  $n_0$  számítandó, ami a görbe eltolódásának felel meg. (II. vonal).

$$n_0' = n_0 \sqrt{\frac{T_4}{T_1}} \quad \sqrt{\frac{T_4}{T_1}} = \sqrt{2} = 1,41$$

értékkel számolva,  $n_0' = n_0 \cdot 1,41$  tehát a nagyobb fordulatszámok felé tolódik el.

Azonban a (III) vonal túlnyomásértékeit a mindenkori volumetrikus töltés nyomására kell redukálni, ami olyan mértékű mennyiségi terjeszkedéssel jár, hogy az ábrában a (III) görbe értékei az I-el osztva a IV-vonalat adják.

Ez a mennyiségi terjeszkedés foglalja el a beszívott friss keverék helyét, így tehát a teljesítménygörbéből kell le vonni.

Ha  $\varepsilon = \infty$ , nincs kompresszió tér, az égéstermeknek nincs mennyiségi terjeszkedése sem.

Ha  $\varepsilon$  értékével a kitolási túlnyomás értékeit elosztjuk, megkapjuk a kompresszió térben visszamaradt túlnyomással bíró égéstermék terjeszkedése közben elfoglalt térfogatrészt, amely a Pt expandált túlnyomás osztva  $\varepsilon$ -al. Ábránkban az V vonal mutatja az indikált középnyomás szempontjából fontos friss gáz megmaradt parciális nyomását.

### VII. A visszatolási görbe

A 7. ábrán felrajzolt szelepnnyitási diagrammot még egy harmadik terület is jellemzi.

Az I terület a behúzás, a II a tartánytöltésre jutó rész.

A II területnek egyik része a III-al jelzett rész a szívószelep utózárási területe, az alsó holtponton túl a visszafelé induló dugattyú zónájába esik, így igen kis fordulatszámnál a zárás végpontjának megfelelő dugattyúhelyzet adja a 0 fordulatszám közelében lehetséges töltést.

Ez a töltés a véghelyzet szerint kisebb az egységénél, az átmenetet, a  $T_1$  hőfokú gáz visszatolási görbéje adja meg.

A 7. ábrában ez a terület  $0,4 \cdot \frac{50}{2} = 10$  egység, így a visszatolás keresztmetszeti tényezője a motor 140 egységével szemben  $10/140 = 7\%$ .



Hogy a fordulatszámviszonyt megállapíthassuk meg kell határozni az érintett mennyiséget is.

0 fordulatszámnál a végső dugattyúhelyzet a  $230^\circ$ -nak megfelelően a teljes löket 85%-a, így az érintett mennyiség  $\frac{15}{100} = 15\%$  tehát a visszatolás fordulatszáma  $n_v = n_0 \frac{7}{15} = 0,46 n_0$ . Mivel a *III* terület négyszög helyett erősen hegyezett háromszögalakú, a visszatolás *VI* jelzett vonalát komplikált részletes átszámítás helyett egyenessel is helyettesíthetjük (18. ábra).

Az eredő parabolikus átmenet a kis méretek folytán érzés szerint behúzható.

A kapott görbe nem azonos a mérhető nyomások görbéjével, az eltérés  $n_0$ -tól  $n_k$ -ig növekszik. Az eltérések egyik oka az adiabatikus lehűlés, a másik a munkanélküli felmelegedés, amely két ellentétes hatás egymást részben kiegyenlíti. Eltérést ad a kompresszió térben visszamaradt égéstermék parciális nyomása is, amely a volumetrikus hatásfokot látszólag javítja, a beszívott mennyiséget ellenben csökkenti, mivel a szívás kezdete csak a kompresszió térben visszamaradt égéstermékek expanziója után kezdődik.

A 18. ábra nyomatékgörbéje alapján szerkesztendő meg a 4 ütemű motor teljesítménygörbéje a további veszteségek figyelembevételével.

A fordulatszám ilyen szabatos kiszámítása csak akkor lehetséges, ha motorunknak a szelep és a hozzá tartozó igen rövid csővezetéken kívül semmi más ellenállást okozó szerkezeti eleme nincs. Többhengeres hosszú szívócsővel felszerelt kocsimotoroknál az  $F_1 F_2 F_3 F_4$  tényezőkn kívül még az  $F_5$  csővezeték ellenállást is ismerni kell, így a számítás pontosan nem végezhető el. Ugyancsak számítási hibát okoznak a többhengeres motor szívócsővében keletkező irányváltozások és az ütemek esetleges túlfedéséből keletkező torlódások fellépése is.

Ennek elkerülésére a versenymotoroknál már az 1923. év óta rendszeresen alkalmazzák a megrövidített szívócsövet, valamint a torlódások elkerülésére a porlasztók számának növelését is. Számításunk Diesel motorra is érvényes, jelentősége azonban itt kevés, mivel a Diesel motornál égéstechnikai okok nem engedik meg a maximális fordulatszámot létesítő szeleprendszerek kihasználását.

Ha motorunknál kompresszort alkalmazunk, a teljesítmény minden fordulatszámnál növekszik. Az egyes kompresszor típusok szállítási képessége erősen romlik a fordulatszám csökkenésével, ha az ilyen kompresszonnal felszerelt motor teljesítmény és fordulatszám diagrammját nézzük ez olyan látszatot kelt, mintha a kompresszor alkalmazása nemcsak a középnyomást, hanem a fordulatszámot is növelné.

Ilyen másodrendű hatás valóban van, mégpedig a kompresszor melegítő hatása következtében. Az így létesülő fordulatszám emelkedés csak az abszolút hőfokok négyzetgyökével arányos (lásd a gázkiömlési képleteket) ugyanakkor

ennél jelentékenyebb a középnyomás csökkenése, amely a melegebb töltés folytán az abszolút nyomással fordítva arányos.

A kompresszor melegítő hatásának eredménye tehát veszteség, így nem is beszélhetünk gyakorlati értelemben vett fordulatszám emelésről ott, ahol a fordulatszám emelése helyett célunk elsősorban a teljesítmény növelése volt.

A kompresszoros motorok kezdetben erősen elhomályosították a kérdés tisztázását sőt a szelepméret és fordulatszám közötti viszony fennállását is kevésbé fontosnak mutatták. Példa erre a 3 szelepes kompresszoros Bugatti kocsik kezdeti nagy sikere. Az elméleti alapelvek vitathatatlan helyességét itt is bebizonyította a gyakorlat, amikor a cég a konkurencia nyomására igen gyorsan áttért a 90°-os 2 szelepes rendszerre.

Ezek szerint is helyes a fentebbiekben érintett felfogási mód, mely szerint a kompresszor csak a nagyobb nyomású külső légkört állítja elő, amelyből a beáramlás a hengerbe a gázkiömlés általános érvényű törvényei szerint folyik le.

Ha tehát kompresszoros motornál abban a reményben, hogy majd a kompresszor elintézi a töltést, kis szelepeket alkalmaznánk, oktalan módon aránytalanul megnövelnénk a kompresszor drága és melegítő hatása folytán káros munkáját.

A kompresszor nélküli versenymotorok szívócsövének rövidítését már elég régen alkalmazzák. Az 1923-as évek 4 majd 8 karburátoros »Miller« kocsijai, a közismert 2 karburátoros »BMW« »ZÜNDAPP«, sőt az olasz 4 karburátoros 4 hengeres »GILERA« »MV« motorkerékpárok gyakorlati bizonyítékai az elmélet elvi helyességének. A 2 ütemű kis hengerűrtartalmú motorkerékpármotorok versenyszerű ú. n. felfűsülése akár házi, akár gyári alapon szintén nem más, mint levegőkeresztmetszet növelés, amihez még kompresszió emelés is járul.



## ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzőekben a dugattyus gázgépek egyszerű 4-ütemű típusának max. fordulatszámát és ezzel kapcsolatban a várható teljesítmény legnagyobb értékét kívántuk elméleti alapon meghatározni.

1. *A gázkiömlési törvényszerűségek* alapján minden gáz (levegő) állapotra kiszámítható a maximális kiömlő mennyiség, amely az eredeti állapotra vonatkoztatott levegőhengerrel ábrázolható.

2. *A max hosszúságú levegőhengerből* kiindulva a hengertöltés két főtípusa már levezethető.

3. *A tartánytöltés logikailag könnyebben hozzáférhető*, tehát emberi vonatkozásban közelebb álló idő diagrammja itt az első lépés, amelyet itt hőváltózási problémák szándékos elhagyásával tárgyalunk. Az idő diagrammban

4. az *alapidő és kritikus idő fogalmát* vezetjük le, amelyből motorvonatkozásban

5. az *alapidő fordulatszám és a kritikus fordulatszám* következik. A fordulatszám szerinti töltésváltozásból

6. a *teljesítmény diagramm* egyszerű szorzással állítható elő. A 4-ütemű motornál a töltés nagy része más típusú beömlési rendszer szerint folyik le, ez a

7. *egyenletes behűzés*, amelyből az előbbi módszer szerint képezhető a töltés (nyomaték) levegősúly (teljesítmény) diagramm.

8. *A keresztmetszeti tényezőket* a motor szerkezeti részeiből levezetve az  $n_0 = \frac{6000}{S} \cdot F_0$

alapidő fordulatszám már minden egyszerű 4-ütemű motorra képezhető.

A további eljárás a szelepvezérlés utózárásából adódó visszatolási, valamint a kompressziótérben visszamaradt égéstermékek túlnyomásának káros hatásából eredő veszteségeket tárgyalja, amelyek minden kivitelezett 4-ütemű motornál mint kisméretű másodlagos veszteségek találhatók meg.

# LEMEZOSZTÓ MIKROFOTOGRAFÁLÓ KÉSZÜLÉKEK

DIEBOLD KÁROLY

Beérkezett 1952 június 16-án

Az Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Közleményeinek II. kötet 1. számában megjelent: »Mikrofotografálás tekeresfilmre és kisfilmre« c. dolgozatomban a kisfilmes fényképezés gazdaságosságát és a nagyobb méretű lemezekre való fényképezéssel szemben mutatkozó egyéb előnyeit részletesen ismertettem.

A mikrofényképezéssel foglalkozókat nem kell különösebben biztatni, hogy erre az olcsó és kényelmes eljárásra áttérjenek. Nagyobb baj az, hogy a kisfilmes mikrofényképezéshez kisfilmes fényképezőgép is kell, ami elég tekintélyes beszerzési költséget jelent. Az is előfordul, hogy van ugyan Leica vagy Contax, de nincs hozzá élesre állító kereső berendezés, vagy ennek a megvétele okoz nehézséget.

Ezeknek az akadályoknak részbeni áthidalása céljából, olyan mikrofotografáló készülékeket szerkesztettem, amelyekhez komplikált tükrök, prizmák és lencsék nem kellenek és így gyártásuk aránylag egyszerű, üzemekben még házilag is elkészíthető. Kényelmes kezelésük és gazdaságos üzemük semmiben sem marad el a kisfilmes készülékek mögött. A negatív azonban nem a 36 mm-es perforált film, hanem normális méretű lemez, síkfilm vagy tekeresfilm (6×9, 6 $\frac{1}{2}$ ×9, 8 $\frac{1}{2}$ ×8 $\frac{1}{2}$  vagy 9×12 méretben), aszerint, hogy a berendezést milyen nagyságú negatívhoz készítjük. Egy emezre, annak elforgatásával vagy eltolásával több (4 vagy 6, esetleg még több) felvételt készíthetünk.

Lemezekben és síkfilmekben igen sok fajta, kiválóan alkalmas anyag áll rendelkezésünkre, amelyek elsősorban a mikrofotografálásnál különösen fontos fényudvarmentesség szempontjából a kisfilmeket felül is múlják, pl. Agfa Autolith és Dokument síkfilmek.

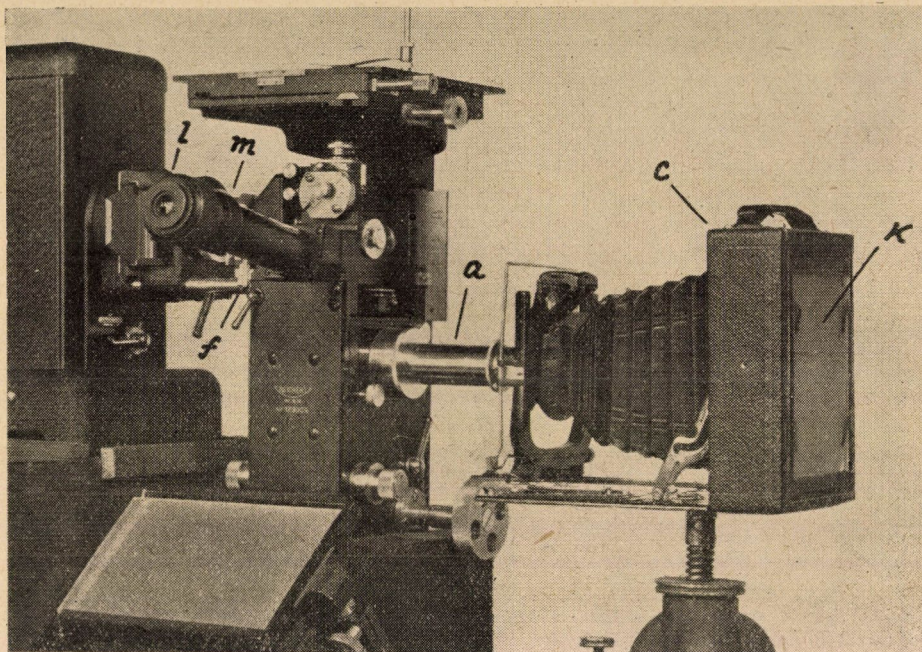
Az a körülmény, hogy egy lemezre több (4 vagy 6) felvétel készül, a pozitív eljárás munkáját is igen meggyorsítja, mert egy lemezről egyszeri nagyítással mindjárt 4 vagy 6 felvétel képét megkapjuk, amit egyes felvételek esetén külön-külön kellett volna nagyítanunk. Különösen fontos ez nagyobb üzemekben és kutatóintézetekben, ahol 40—50 vagy még ennél is több darab alkotta sorozatot fényképeznek és minden felvételtől több másolat is készül.

Mielőtt a készüléket részletesen ismertetném, röviden foglalkoznom kell a fényképezendő tárgy képének a lemez síkjában való élesre állításával. Olyan



egyszerűsített módszert fogok ismertetni, amely gyakorlatomban igen jól bevált.

Kísérleteimet Reichert »MEF« típusú fémmikroszkópon végeztem, ehhez terveztem a készülékeimet és az ábrákon is ez a mikroszkóp látható.\* Az említett mikroszkóp lényeges felszerelése — az egyéb mikroszkópokon is megtalálható objektív tubuson, tárgyasztalon és világító berendezésen kívül — egy beépített, változtatható kihúzatú  $9 \times 12$  olyan fényképezőgép, amelyre



1. ábra

nincs szükségünk. Van azonban a mikroszkópon egy kereső okularis és a mikroszkóp testből oldalt kiágazó csomagtartó, ahová a kisfilmes készülék és az újonnan szerkesztett berendezésem csatlakoztatható.

Az ismertetendő szerkezetek és eljárások természetesen más gyártmányú és rendszerű mikrofotografáló készülékekre is alkalmazhatók.

Az eddig használt mikrofotografáló berendezésekben a kép élesre igazítása a lemez síkjában a következőképpen történt:

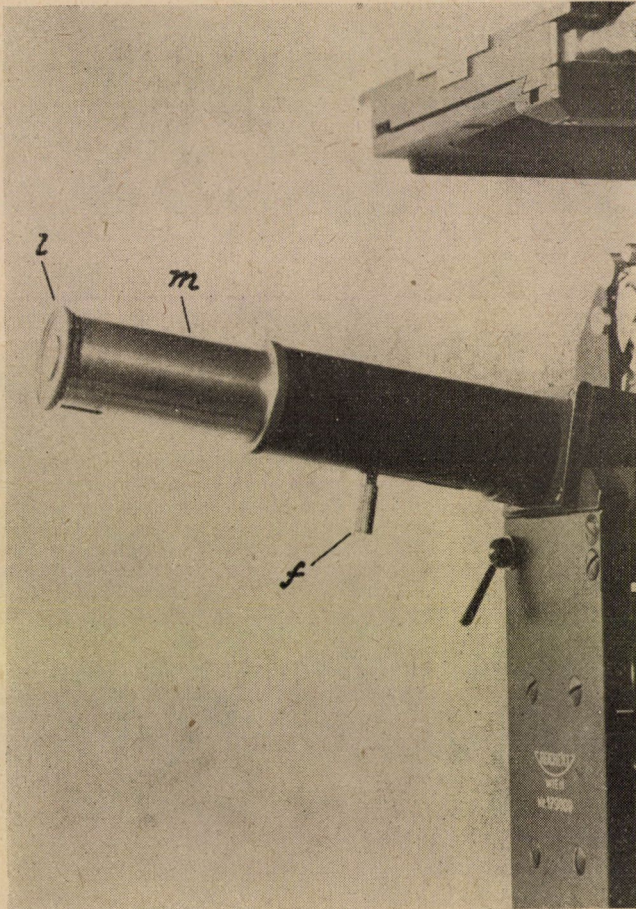
A beépített lemezes gépek homályos üvegén, esetleg átlátszó üvegén, nagy nagyítású lupával kell élesre igazítani. Ez az eljárás azonban nagyon kényelmetlen. A mikrofotografáló berendezésnek vagy elsötétített szobában kell lenni, hogy a homályos üvegen láthassunk valamit, vagy — ha ez nem lehetséges —

\* E helyen mondok köszönetet Bummer Antalnak, aki a készülékeimet a tőle megszokott pontossággal készítette.



fekete kendőt kell használni. A homályos üvegen a kép elég sötét, az üveg szemcsézete is zavar, (átlátszó üvegen a nagyító üveg túlzott nagyítása miatt látszik a kép életlennek), a beigazítás igen körülményes és szemrontó.

A kisfilmes tükörreflex gépekben a beigazítás ugyancsak homályos üvegen történik, tehát az előbb ismertetett nehézségekkel itt is számolni kell.



2/a ábra

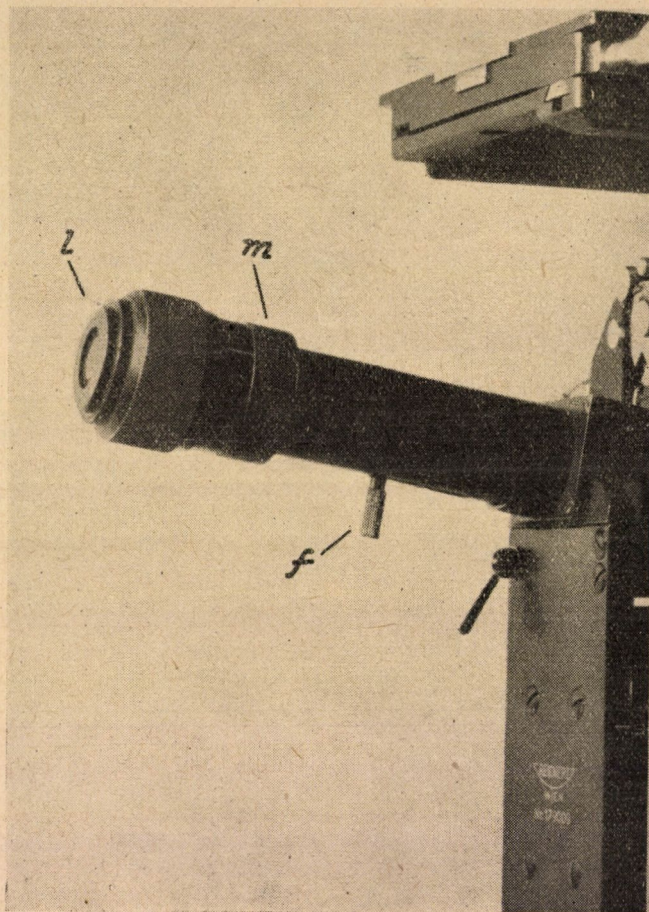
A Leica, Contax és más ezekhez hasonló kisfilmes készülékek ez idő szerint mikrografálásra csak akkor használhatók, ha a kép élesre állítását segédokularissal felszerelt prizmás keresővel, vagy tükörreflex berendezéssel végezhjük.

Ezzel szemben módszerem lényege, hogy bármilyen fényképezőgépen a képnek a negatív síkjában való élesre állítását a mikroszkóp kereső okulárisával



is elvégezhetjük. Feleslegessé válik tehát a homályos üveg és a segéd okularissal felszerelt prizmás kereső berendezés is.

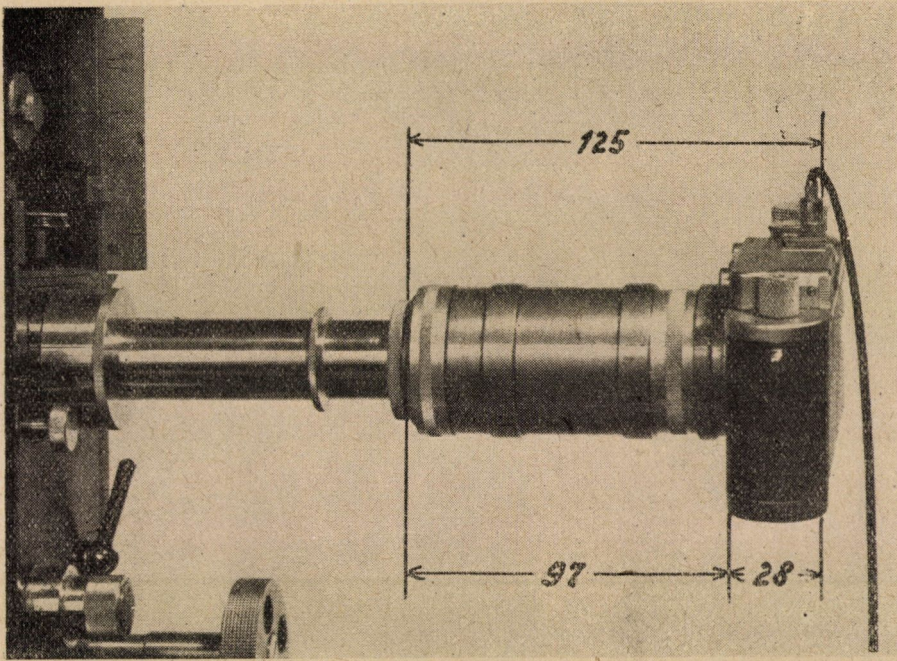
Ha ugyanis az 1. ábrán feltüntetett berendezésben a (c) fényképezőgép (k) homályos üvegén a fényképezendő tárgy képét élesre állítottuk és ezután a



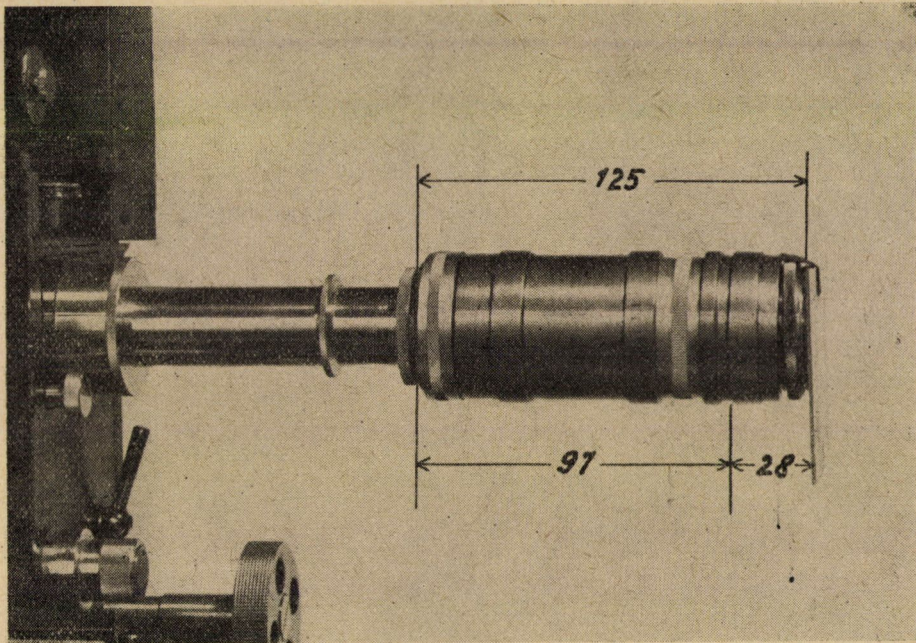
2/b ábra

mikroszkópnak a gyár szállította okularis tartóba tölt [1] okularisába nézünk, abban a tárgy képe nem éles. Ha azonban az [1] okularis állandó hosszúságú (m) tartó tubusát (2/a ábra) pl. csigamenetes foglalattal változtathatóvá alakítjuk (2/b ábra), akkor az okularis be- és kicsavarásával a képet a fényképezőgép homályos üvegén és a kereső okularisban egyidejűleg élesre állíthatjuk. Az okularisnak ezzel az egyszeri beállítással a homályos üvegen keletkező és a kereső okularisban látott kép közötti fókusz-differenciáját egyszersmindenkorra



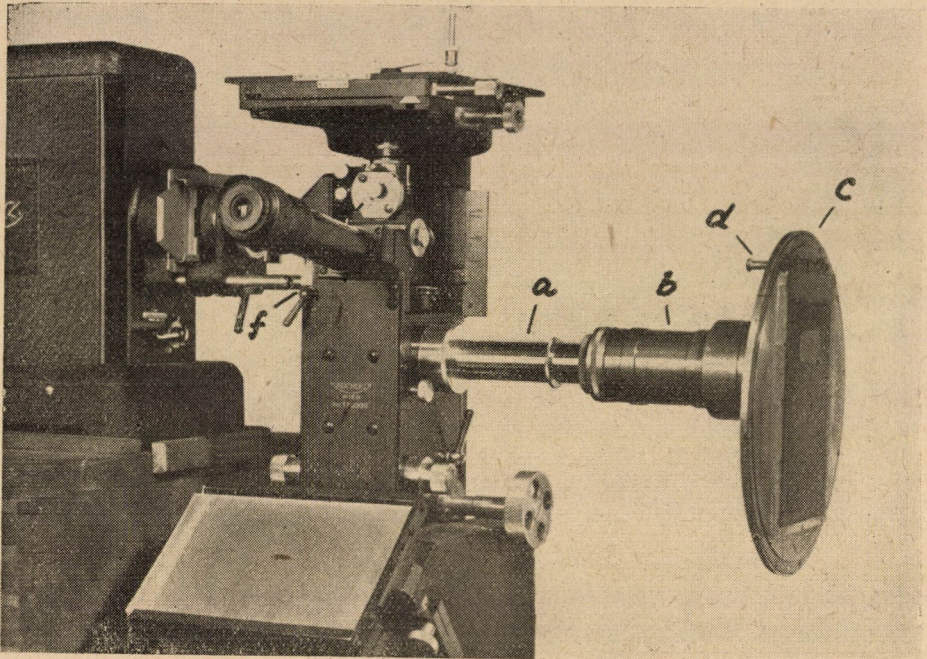


3/a ábra

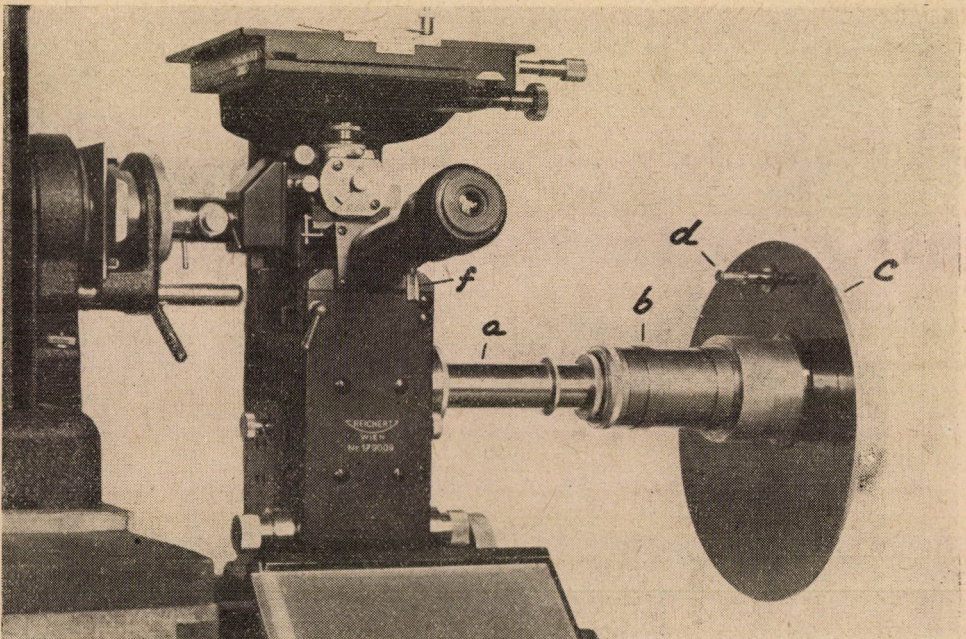


3 b ábra





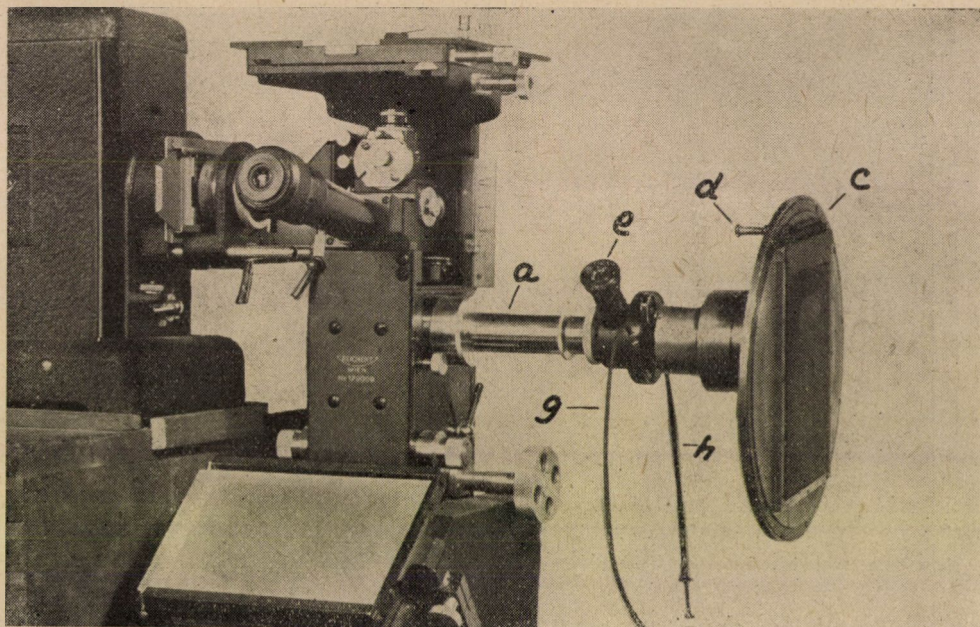
4/a ábra



4/b ábra



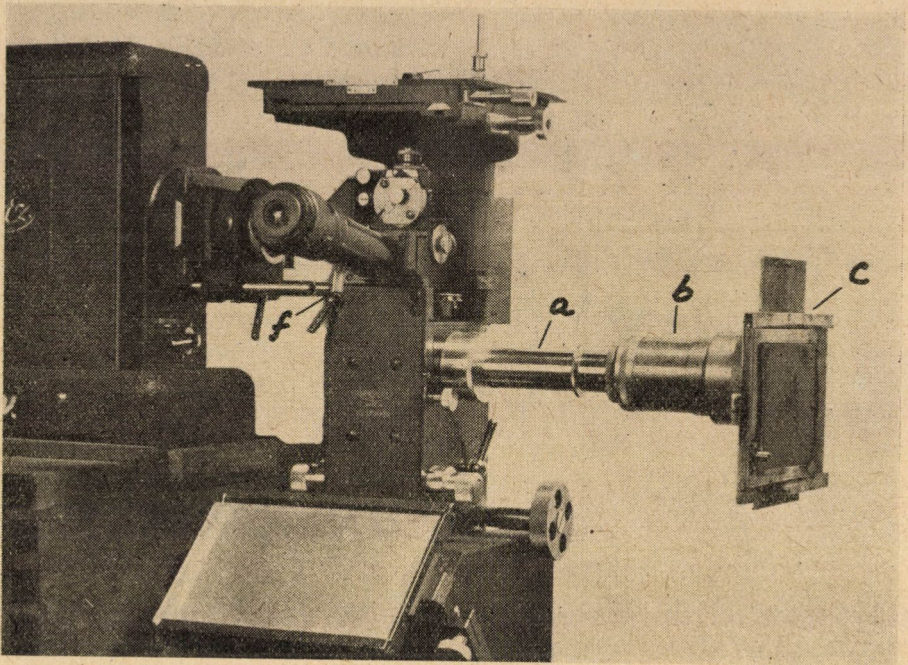
kiküszöböltük. Az okularis tartócső hosszúságát ebben a helyzetben rögzítve az élesre állítást ezután már a kereső okularissal végezhetjük. Az okularis így megállapított csőhosszága akkor sem változik, ha közben objektíveket cserélünk. Újabb csőhossz megállapításra csak akkor lesz szükség, ha más, lényegesen hosszabb vagy rövidebb kihuzatú fényképezőgépet használunk, vagy a fényképezőgép okularisát cseréljük ki. Csígmentes tartótubussal ez az újból való beigazítás minden különösebb nehézség nélkül elvégezhető és az adott körülmények között megint egyszer és mindenkorra érvényes.



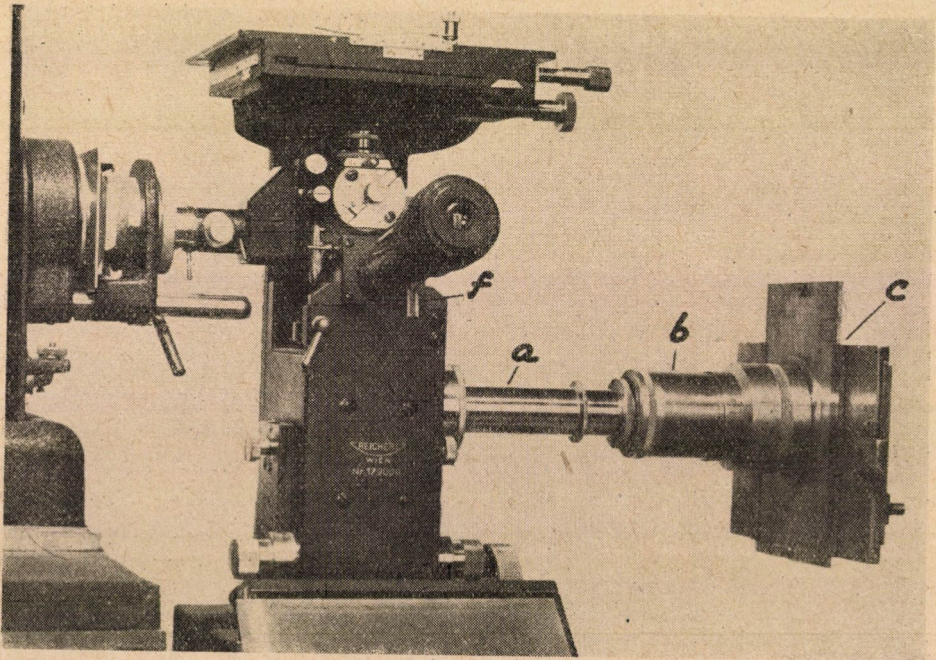
4/c ábra

Ez a módszer igen kényelmes, gyors munkát biztosít és a kereső okularisban látott szép, világos kép a szemet is kíméli. Ez az egyszerű megoldás Leica, Contax és ezekhez hasonló fényképezőgépek használatakor feleslegessé teszi a segédokularis prizmás kereső berendezés beszerzését is. Ha pl. Leicánk van, elegendő hozzá egy csövet készíteni, amit a gépből kicsavart Leica objektív helyébe csavarunk. A cső másik végébe kerül a fényképező okularis, ezt pedig a mikroszkóp fényképező, elágazó csomójába toljuk. A cső olyan hosszú, hogy a gépbe csavarva az okularis kilépő pupilla nyílásának a film síkjától mért távolsága 125 mm legyen (3/a ábra). Ha a gépet a csőről lecsavarva a helyébe — egy póteső közbeiktatásával — az okularis kilépő pupilla nyílásától ugyancsak 125 mm-re homályos üveget ragasztunk (3/b ábrán p.) akkor ezen a homályos



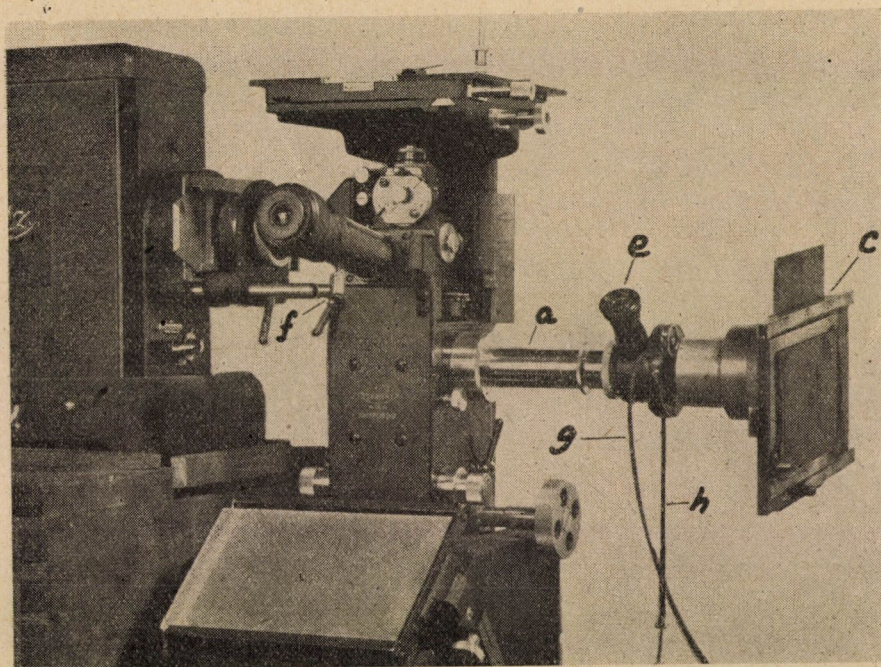


5/a ábra

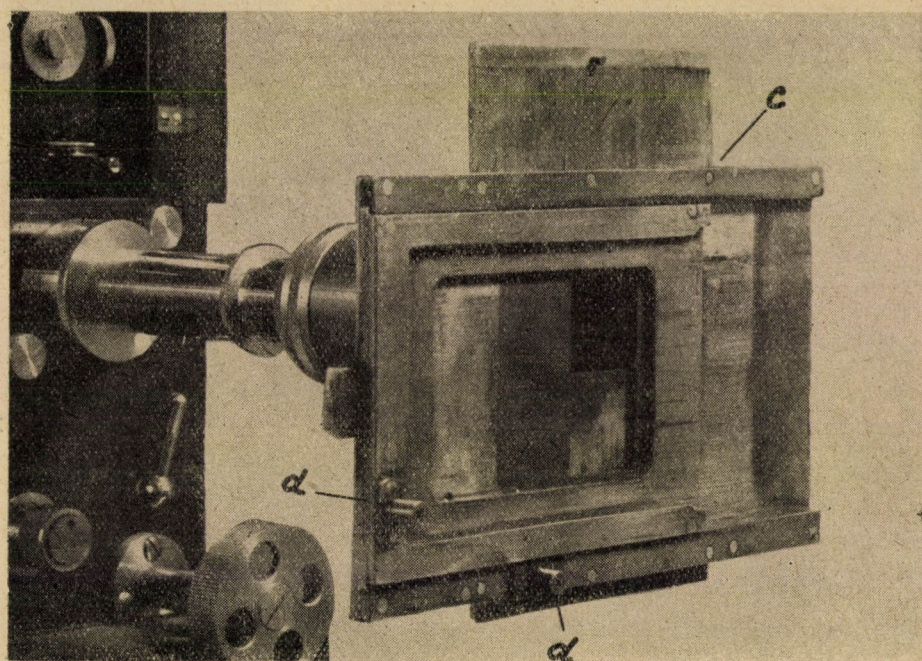


5/b ábra





5/c ábra

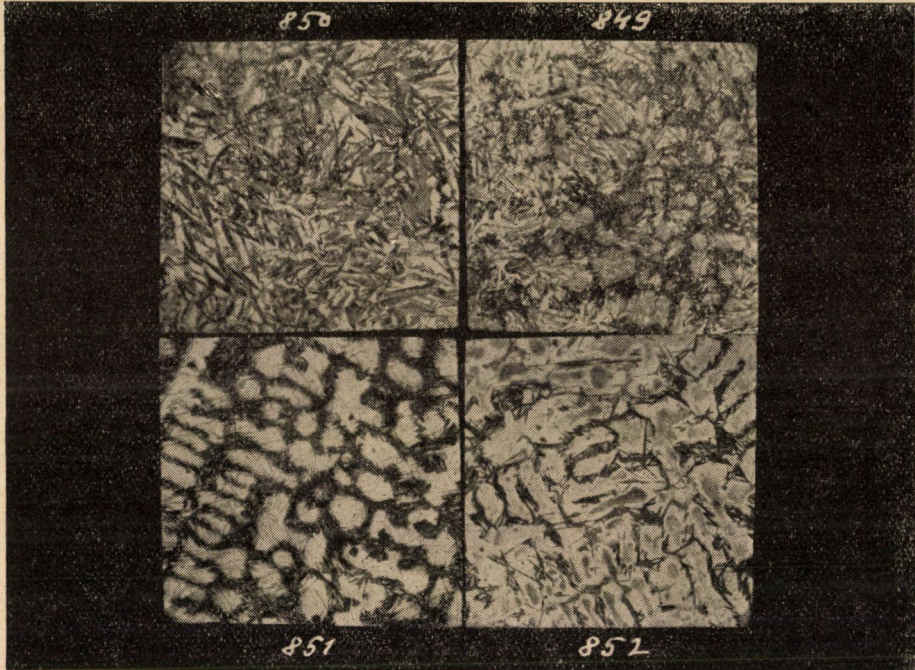


5/d ábra



üvegen a képet élesre állíthatjuk. Ezután a tubushossz változtatásával a mikroszkóp kereső okularisában is élesre állítjuk a képet és ezt a tubushosszat rögzítjük. A 3/a ábrán látható módon a gépet a helyére csavarjuk és a továbbiakban már csak a mikroszkóp kereső okularisával kell élesre állítani.

Ami már most a lemez osztását illeti, az egyik lehetőséget a 4/a, 4/b, 4/c, 4/d ábrákon mutatom be. A mikroszkóp a elágazó csonkjában levő fényképező okularishoz a 125 mm hosszúságú tubus csatlakozik (b). A tubus hossza most

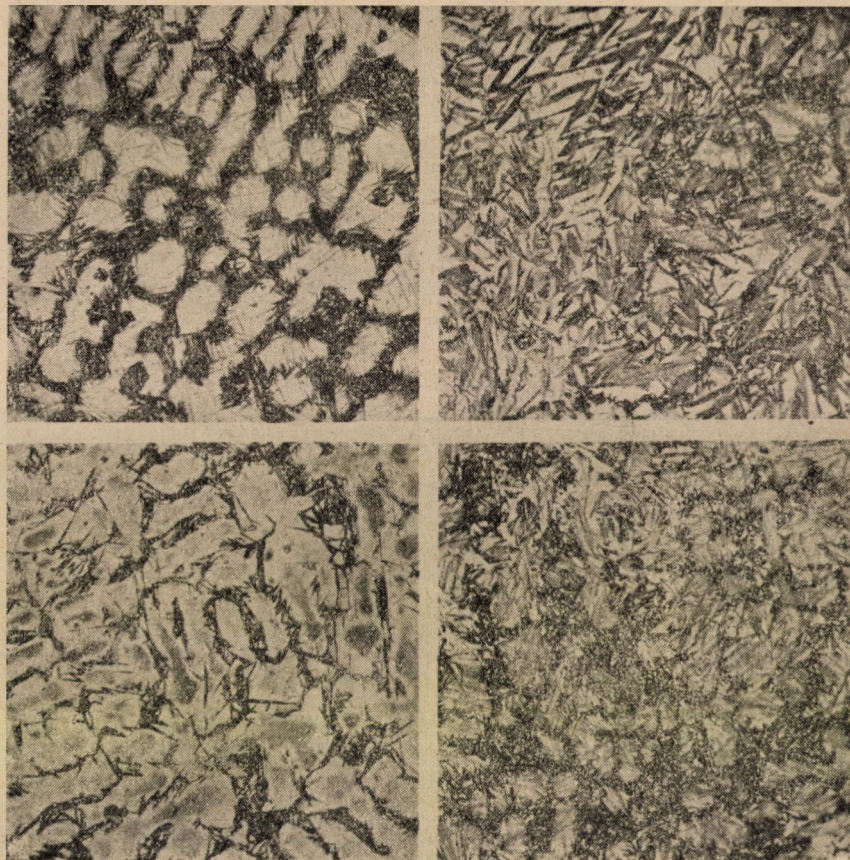


6/a ábra

is az okularis kilépő pupilla nyílásától a lemez síkjáig mért távolság. Ez a tubus  $36 \times 36$  mm nagyságú négyzetes ablakban végződik. Erre van szerelve a  $9 \times 12$  lemeztartó befogadására alkalmas tárcsa (c), ami a lemez középpontja körül körbe forgatható. Egy negyed körívvel történő négyszeri elforgatással a  $9 \times 12$  lemezre 4 drb.  $36 \times 36$  mm nagyságú felvételt készíthetünk. A 4/d ábra különösen szemléltetően mutatja a készülék működését. A 90 fokra való elforgatás pontosságát rúgós csappantyú (d) biztosítja, amely a készüléket ebben az állásában rögzíti. A kép élesre állítása a negatív síkjában a 4/a és 4/b ábrákon feltüntetett kivitelezésnél a kereső okularissal történik. Annak sincs semmi akadálya, hogy a kép élesre állítása céljára a tubusba segédokularissal felszerelt prizmás kereső berendezést, vagy valami más rendszerűt, pl. tükörreflexet építsünk (4/c



ábrán (e), amilyenek a kisfilmes készülékekben is használatosak. Az így felszerelt készülék bármilyen mikroszkóp okularis tubusába betolva fényképezésre alkalmas. Ez a megoldás azonban költségesebbé teszi a berendezést és olyan



6/b ábra

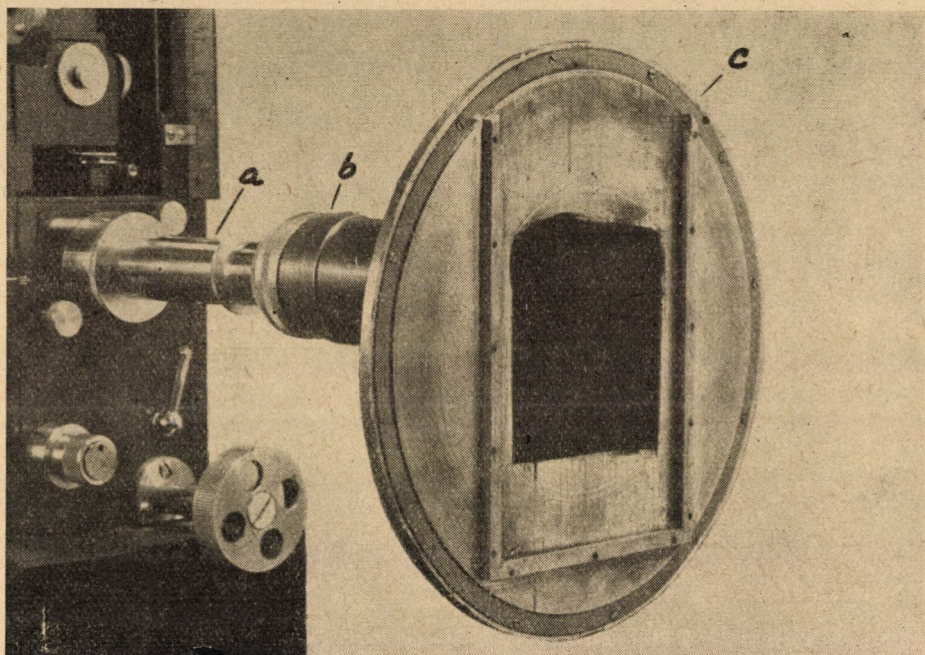
mikroszkópokban, amelyekben megvan a lehetőség külön kereső és külön fényképező okularis alkalmazására, felesleges is.

A fényképezés menete a 4/a és 4/b ábrákon látható szerkezettel a következő:

A fényképezendő tárgyat a tárgyasztalra tesszük. A kereső okularis tubusában eltolható  $f$  toló reteszt és az azon levő tükröt ütközésig betoljuk, hogy a tárgyról az objektíven át érkező fénysugarakat a tükör felfogva a kereső okularisba vetítse. A lemezzel megtöltött lemeztartót a helyére toljuk és a lemeztartó fedelét kihúzzuk. Bekapcsoljuk a világítást. Ekkor a lemezt fény még nem érheti, mert a kereső okularishoz irányító tükör olyan helyzetben van,



hogy a fény útját a lemez felé elzárja. A képet a kereső okularison keresztül élesre állítjuk és a fényforrást kikapcsoljuk. Az *f* tolóreteszt ütközésig kihúzzuk. Ez magával húzza a kereső okularis fényirányító tükrét, úgy hogy a fény útja a lemez felé a fényképezőkészülék okularisán keresztül szabaddá válik. A világító berendezés bekapcsolásával exponálunk. Ennek megtörténte után *f* toló reteszt ütközésig betoljuk és a lemeztartó tárcsát 90 fokkal elforgatjuk. Ha a második,



6/c ábra

harmadik, majd a negyedik felvétel is elkészült, a lemeztartó fedelét a helyére toljuk és lemeztartót cserélünk.

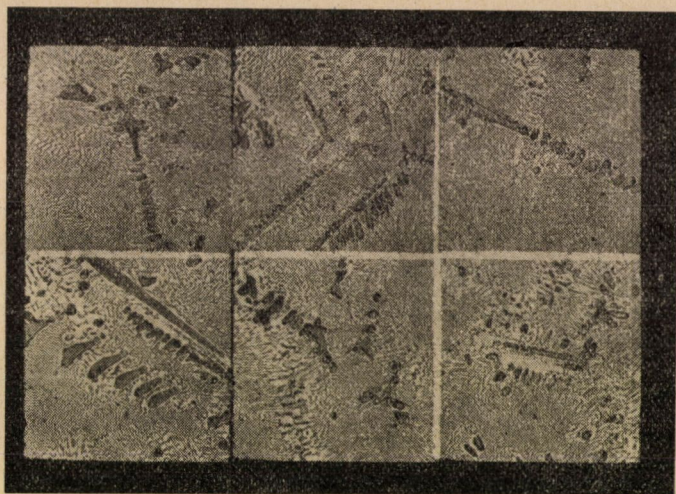
Ha a 4/c ábrán látható, segédokularisos prizmás kereső berendezéssel dolgozunk, akkor itt a lemez felé irányított fénysugarak útjába még külön fényelzáró szerkezetet is be kell építeni. Ilyenkor a fényképezés menete is módosul. Az *f* toló reteszt ütközésig felhúzzuk és az a továbbiakban is így marad, mert a beállítást az *e* segédokularissal végezzük. A 4/c ábrán látható *g* kioldó a fényelzáró szerkezetet nyitja és zárja, *h* kioldóval pedig a segédokularishoz tartozó prizmát távolíthatjuk el a fénysugár útjából. A *g* és *h* kioldó, olyan kis szerkezetben is egyesíthető, melynek ki és bekapcsolásával vagy *g*-vel nyitjuk a zárat és ugyanakkor *h*-val kiforgatjuk a prizmát a fény útjából, vagy pedig *g*-vel csukjuk a zárat és ezzel egyidejűleg *h*-val a prizmát a fény útjába toljuk.



Ha nincs ilyen szerkezetünk, akkor a két kioldót külön kell kezelni. A továbbiakban ez utóbbi lehetőséget tételezzük fel.

A *g* kioldóval a zárat csukjuk, *h* kioldóval pedig a fény útjába helyezzük a prizmat. A lemezzel töltött lemeztartót betoljuk a tárcsába és a lemeztartó fedelét kihúzzuk. Bekapcsoljuk a világító berendezést és a segédokularison keresztül élesre igazítjuk. A világítást kikapcsoljuk, *g* kioldóval a zárat nyitjuk, *h* kioldóval a prizmat a fény útjából kiforgatjuk és a világítás bekapcsolásával exponálunk. Azután *g* kioldóval a zárat csukjuk, *h* kioldóval a prizmat vissza forgatjuk. A tárcsát és vele a lemezt 90 fokkal elforgatjuk stb.

Az így készült négy felvételes negatívról, amint azt az előzőkben már említett-



7/a. ábra

tem, a négy kép egymás mellett és alatt egyszeri nagyítással elkészíthető, ami összehasonlító felvételek készítésekor különösen célszerű.

Az egy lapon lévő négy képet fehér szegéllyel keretezhetjük. Evégből átlátszó celluloid fóliára, vagy kifixált lemez zselatinos oldalára tussal olyan rácsot rajzolunk, ami a negatívunkra helyezve a négy, egymás mellett lévő felvétel körvonalait pontosan fedi. A nagyítást ezen a rácson keresztül végezzük el.

A 6/a ábra ilyen készülékkel előállított négyes felvétel másolata, 6/b ábra pedig ugyanerről a negatívról készített nagyítás.

Ugyanez a készülék megfelelő lemeztartó betétekkel  $8\frac{1}{2} \times 8\frac{1}{2}$  lemezekkel is használható, sőt a lemezt tulajdonképpen ennél a méretnél használjuk ki a leggazdaságosabban.

Az 5/a, 5/b, 5/c, 5/d ábrákon más megoldást mutatok be. Itt a mikroszkóp testből kiágazó a csomban levő fényképező okularishoz egy 100 mm hosszú



tubus *b* csatlakozik, amely  $26 \times 26$  mm nagyságú négyzetes ablakban végződik. Erre van szerelve a  $6\frac{1}{2} \times 9$  lemeztartó befogadására alkalmas, kétrészes fémlemez *c*, melynek részei egymáshoz és az ablakhoz képest vízszintes és függőleges irányban eltolhatók, úgy hogy egy  $6\frac{1}{2} \times 9$  lemezre 6 felvétel készíthető,  $26 \times 26$  mm nagyságban. A készülék működését az *5/d* ábra világosan szemlélteti.

A felvételek készítését a lemez egyik szélső állásában, pl. a bal felső sarokban kezdjük meg. Azután a lemezt a tartó szerkezettel 26 mm-rel balra toljuk, a rögzítést két rúgós csappantyú végzi, *5/d* ábrán *d*, erre a lemezrészre készül a második felvétel. Azután 26 mm-rel ismét balra tolunk a harmadik felvétel számára. Most függőleges irányban 26 mm-rel felfelé toljuk a szerkezetet (negyedik felvétel), majd jobbra megyünk 26 mm-t, (ötödik) és azután ismét jobbra 26 mm-t (hatodik felvétel). A *7/a* ábrán így készített negatív másolatát mutatom be.

A kép élesre állítása a negatív síkjában az *5/a* és *5/b* ábrákon feltüntetett elrendezésnél a kereső okularissal történik, az *5/c* ábrán pedig a készüléket ismét segédokularisos prizmás kereső berendezéssel szereltem fel.

A fényképezés menete lényegében ugyanaz, mint ahogy azt már a *4/a*, *4/b*, *4/c*, *4/d* ábrákon feltüntetett készüléknél ismertettem, azzal a különbséggel, hogy itt a lemezt az egyes felvételek között nem körbe forgatjuk, hanem egy-egy képkockával vízszintesen és függőlegesen csúsztatjuk el.

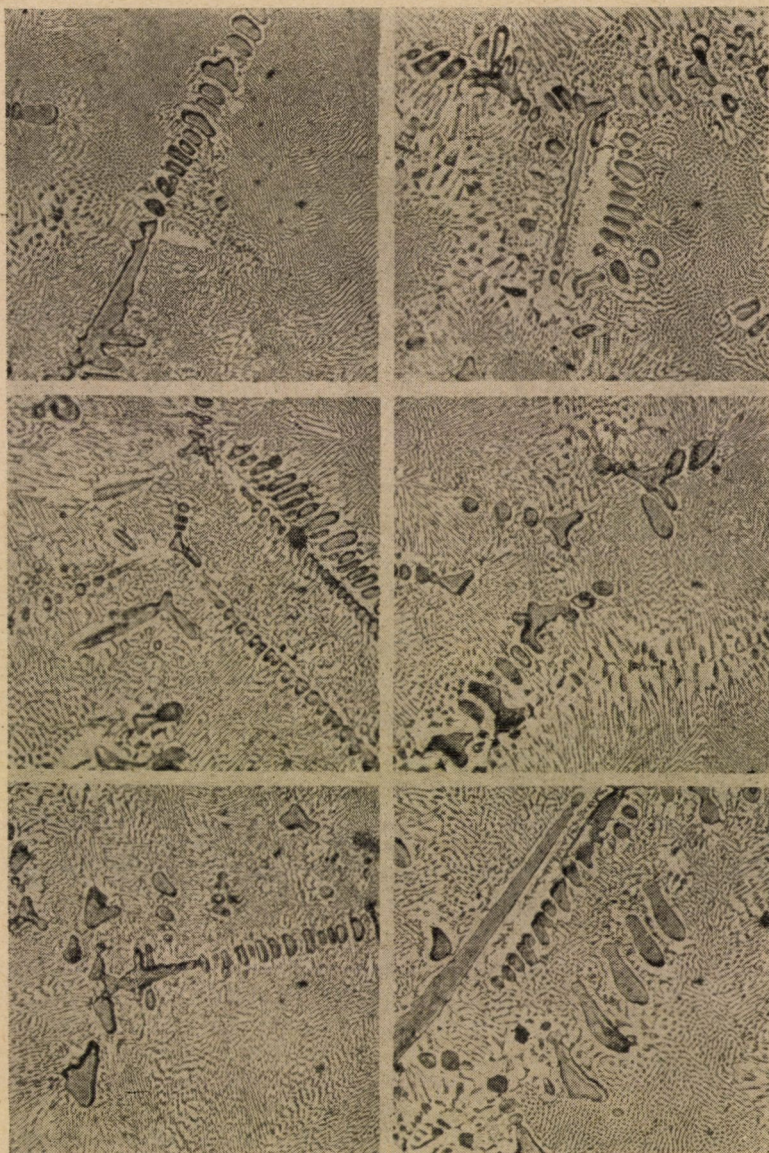
Az így készített negatívról a hat képet egymás mellett és alatt egyszeri nagyítással kapjuk. A *7/b* ábra a *7/a* negatívjáról készült nagyítás. Az egyes felvételek közti fehér szegélyt ismét úgy kapjuk, hogy a negatívra a nagyítóban az egyes felvételek körvonalainak megfelelő rácsos borítót (maszkot) helyezünk.

Ha lemez helyett tekercsfilmet használunk megfelelő tekercsfilm kazettában, akkor egy tekercsen 8 drb.  $6 \times 9$  filmkockának megfelelően összesen 48 felvételt készíthetünk.

Természetesen annak sincs akadálya, hogy ilyen negatívokon levő négy vagy hat felvétel közül bármelyikről külön nagyítás készüljön.

Az előzőkben a lemezosztó berendezéseknek csak két alternatíváját ismertettem, elképzelhető azonban más megoldások is. Lehetne pl. a  $9 \times 12$  lemezhez is csúsztatós berendezést készíteni, amikor 6 drb.  $36 \times 36$  vagy 12 drb.  $26 \times 26$  mm nagyságú felvétel lenne egy-egy lemezen. Ez a megoldás azonban elég nagy méretekhez vezetne, bár a lemez kihasználása gazdaságosabb, mint a négy felvételes forgó tárcsánál. Van azonban egy körülmény, ami amellettszól, hogy ne használjuk ki túlzott mértékben a lemezt. Sok felvételnél fontos, hogy a lemezen valahová fel is jegyezzük a felvételre vonatkozó adatokat, legalább is a folyó számok szerinti sorrendet. A négy felvételes forgó tárcsás szerkezetnél a  $9 \times 12$  lemezeken a feljegyzések számára elég hely marad. A *6/a* ábrán pl. a lemez szélén van a felvételek sorszáma. Ilyen céllal a  $6\frac{1}{2} \times 9$  lemezekhez is készíthetnénk forgó tárcsás osztó szerkezetet 4 drb.  $26 \times 26$  mm felvétel számára. Ez a szerkezet aránylag kis méretekkel megoldható lenne. Hogy a készülék aránylag

kis méretű maradjon, a  $9 \times 12$  lemeznél a forgatást a csúsztatással is kombinálni lehetne, kisebbíthetnénk még a képméretet is. Ezzel egy lemezre igen sok fel-

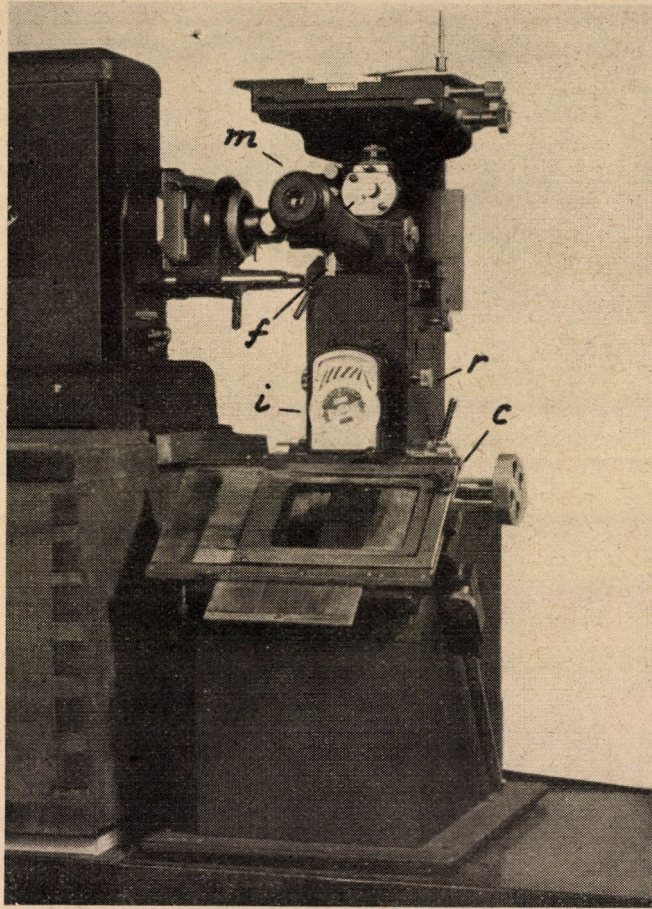


7/b ábra

vételt lehetne elhelyezni. A jó reprodukciós lemezek olyan finom szemcséjűek, hogy húszszoros linearis nagyítás minden különösebb megerőltetés nélkül készíthető róluk. Mehetnének tehát a képmérettel  $12 \times 12$  mm méretig, hogy egy



6×9 lemezen 24 felvételt igen kényelmesen el lehetne helyezni. Ennek ellenére a lemezosztó berendezéseknél a négy vagy hat felvételt teljesen elegendőnek tartom. Amennyire meggyorsítja a nagyítás munkamenetét az, ha egy lemezen sok felvétel van, ugyanúgy meglassítja, ha ez a sok felvétel nem egyforma fedettséggű negatívon jelentkezik. Négy vagy hat felvételig könnyű tartani az



8. ábra

egyenletes fedettséget, de 24 vagy még annál is több felvétel között már előfordulhat egy-két expozíciós hiba. Ilyenkor a negatívokon kell pepecselni és a nagyításkor takargatni, ami igen hátráltatja a munkát és növeli a selejtet.

Amikor a készüléket házilag állítjuk elő, különös gondot fordítsunk arra, hogy a belső felületek, amiken keresztül fény áthalad, homályos feketék legyenek, nehogy fényvisszaverődések következtében reflexfény jusson a lemezre és fátýolosodást okozzon. A célnak megfelelő homályos fekete felületet kapunk, ha a

kezelendő részeket fekete olajfestékkel vékonyan befestjük és a befestett részt akkor, amikor a festék még teljesen nem száradt meg erősen kormozó füstbe (égő gumi) tartjuk. A korom beleragad a festékbe és a felületet homályos feketévé teszi.

Felmerülhet még egy kérdés. Ha a  $9 \times 12$  lemezekre való mikrofotografálás nem gazdaságos (már pedig valóban nem az), akkor miért kell a mikrofotografáló berendezéseket még ma is úgy készíteni, hogy főleg erre a nagy méretre legyenek berendezve és a kisfilmes készülékek legjobb esetben is csak egy szerény oldalszonkon kapjanak helyet. Nem lehetne-e ez fordítva? Nem gyárthatnának olyan berendezéseket, ahol a hangsúly a kisméretű felvételen van, de szükség esetén  $9 \times 12$  méretű felvételt is lehetne készíteni.

Az erre vonatkozó elgondolásomat a 8. ábrán ismertetem olyan módon, hogy a kísérleti mikroszkópomra egyszerűen felraktam azokat a felszereléseket, amiket korszerű mikroszkópon kívánatosnak tartanék. A lemezosztó berendezés *c*, helyette kisfilmes kamara is lehet. Ez azonban lényegesen rövidebb kamarakihuzatra kerülne, mint ahogy az az ábrán látható. Az elosztó rész leszerelhető és a kihuzat meghosszabbítása után a helyére egy  $9 \times 12$  vagy  $6 \times 9$  lemez befogadására alkalmas adapter tolható. Az élesre állítás *m* kereső okularisal történik, homályos üveget nem használunk.

Igen fontosnak tartanám fotocellás megvilágításmérő beépítését (*i*). *r* terelőkaron levő tükörrel a tárgyról az objektíven át érkező fényt a fotocellába lehetne vezetni és a megvilágítási időt egy skálán pillanatok alatt le lehetne olvasni. Ez a megvilágításmérő a lemezosztó berendezés használatakor lenne fontos, mert az egy negatívon levő felvételek helyes megvilágítását, tehát egyforma fedettségét biztosítaná.

Jó negatívok elérése szempontjából az sem közömbös, hogy milyen negatív lemezt használunk és hogyan hívjuk azt elő.

A negatív lemez megválasztásánál bizonyos mértékig tekintettel kell lenni a rendelkezésünkre álló objektívekre is. Tudjuk, hogy általános mikrofotografálási célra ez idő szerint három objektív típus készül (az ibolyántúli, vörösön inneni stb. sugarakban való fényképezéssel itt nem foglalkozunk, mert ezekhez speciálisan korrigált objektívek kellenek). Vannak apochromatok, fluoritok és achromatok. Az apochromatok a teljes látható spektrumra korrigáltak, tehát mentesek a chromatikus hibától. A fluoritoknál és achromátoknál a chromatikus hiba kiküszöbölését csak elsőleges spektrumra végzik el, a másodlagos spektrumra a hiba továbbra is megmarad, kiküszöbölése színszűrőkkel és a negatív helyes megválasztásával történhetik. Az elsőleges spektrum rendszerint a sárga és zöld sugarakat öleli fel.

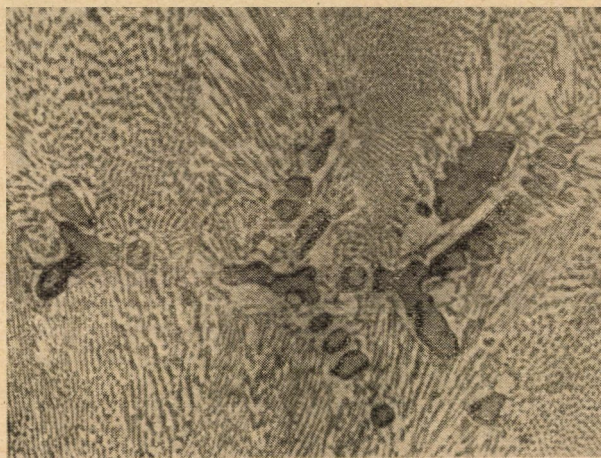
Színérzékenység szempontjából vizsgálva, negatív anyagot háromfélet gyártanak: panchromatikus, ortochromatikus és csak a kék és ibolyántúli sugarakra érzékenyek. A panchromatikus anyagok minden színre érzékenyek, az



ortochromatikusak a kék, zöld és sárgára, a kék és ibolyántúli színre érzékenyek pedig csak ezekre a színekre. Ilyenek pl. a diapozitív lemezek.

Az objektívek színekre való korrigáltságát és a lemezek színérzékenységét egybevetve megállapítható, hogy apochromatokkal bármilyen színérzékenységgű anyagon, bármilyen szűrővel éles képet kapunk.

Az achromat és fluorit objektíveknél, mivel azok a sárga és zöld színekre vannak javítva, ortochromatikus lemezeket használjunk sárga, zöld vagy zölde sárga szűrővel kombinálva, hogy a kék és vörös sugarak kiszűrésével objektívünk tökéletes rajzolását elősegítsük.



9/a ábra

Teljesen elhibázott dolog lenne achromat objektívvel diapozitív lemezre (csak kékre érzékeny) fényképezni, esetleg még kék szűrővel kombinálva. Mivel ez a lemez csak a kék sugarakra érzékeny, az objektívnek csak ezek a nem korrigált sugarai hatnának az emulzióra és a felvétel életlen lenne. Így készült a 9/a ábrán bemutatott felvétel. Ha azonban ugyanilyen diapozitív lemezt színérzékenyvé teszünk és a felvételt sárga szűrő közbeiktatásával, de egyébként ugyanolyan körülmények között megismételjük, már teljesen éles képet kapunk (9/b ábra). Ez egyben arra is utal, hogy a diapozitív lemez ortochromatikusává téve mikrofelveletekre kiválóan alkalmas anyag. A színérzékenyvé tétel sem túlságosan körülményes eljárás, az alábbiakban ismeretemet.

1 g erythrosint oldunk 1 liter desztillált vízben. Ebből az alapoldatból 50 cm<sup>3</sup>-t ugyancsak desztillált vízzel 1 literre felhígítva készül a színérzékenyítő fürdő. Az oldatot teljesen tiszta tálba öntjük és a diapozitív lemezeket vörös fényenél 3 percig fürösztjük. Azután leöblítés nélkül szárító állványra téve megszáritjuk. Fontos, hogy pormentes helyen dolgozzunk és végezzük a szárítást.



Igen jó szolgálatokat tesz egy szárító szekrény, ami egy fadobozból és hajszárítóból esetleg házilag is előállítható. A lemezeket száradás után dobozukba visszacsomagoljuk és szükséglet szerint féléven belül felhasználhatjuk őket, anélkül hogy színérzékenységükből veszítenének. A lemezek ortochromatikusak lesznek, tehát sárgára és zöldre érzékenyek. Érzékenységük gyenge, de szemcsészetük annál finomabb. Ha időnk engedi, akkor az így kapott lemezeket fényudvarmentessé is tehetjük. Lámpakorom fekete finom festékport víz és egy kevés ragasztóanyag (dextrin oldat vagy ehhez hasonló) hozzáadásával híg péppé keverünk és a száradás meggyorsítása céljából néhány  $\text{cm}^3$  alkoholt is



9/b ábra

keverünk bele. Ezt a lemez üvegoldalára ecsettel egyenletesen felkenjük. A lemezeket szárító állványra tesszük és megszáritjuk. Ezt a műveletet is vörös fényben végezhetjük. Az így fényudvarmentesített lemezekről előhívás előtt a fényudvarmentesítő koromréteget le kell mosni.

Achromat objektívekkel való használatra kiválóan alkalmasak a reprodukciós célra szolgáló kis érzékenységű, rendkívül finom szemcséjű és elsőrendűen fényudvarmentessé tett síkfilmek (Agfa Autolith és Dokument). Ezeknek az anyagoknak gradációs görbéje meredek, úgy hogy az előhíváskor vigyázni kell, nehogy a negatívok túl kemények legyenek.

Általában minden lemeznek megvan a saját előhívója, amivel adott körülmények között a legjobb eredményeket érhetjük el. Ezt könnyű megállapítani, elég előhívófajta áll rendelkezésünkre. Azok számára, akiknek nincs idejük ilyenfajta kísérletezésre, az alábbiakban olyan előhívási eljárást közlök, aminek az az előnye, hogy kevés vegyszerből gyorsan előállítható és benne minden fajta lemez és film jó eredménnyel előhívható.



A szükséges vegyszerek: metol, kristályos vagy vízmentes nátriumsulfít és káliummetabisulfít. A nátriumsulfítból a legcélszerűbb nagyobb mennyiségű koncentrált oldatot készíteni, hogy az előhívó gyártásakor ne kelljen arra várni, míg a nátriumsulfít feloldódik. Kristályos sulfít esetén ez az oldat 40%-os, vízmentes esetén 20%-os.

Ha a fentebb említett kemény gradációjú reprodukciós lemezekkel dolgozunk, akkor 550 cm<sup>3</sup> vízben feloldunk 5 g metolt és ehhez hozzáöntünk 450 cm<sup>3</sup> tömény sulfít oldatot.

Előhívási idő 20 C°-nál 5 perc.

Ha lágyabb gradációjú lemezt használunk, akkor a hívóban még 8 g káliummetabisulfítot is feloldunk és úgy exponálunk, hogy az előhívási idő 20 C°-nál 10–15 perc legyen. Ez a hívó igen szép harmónikus negatívokat biztosít. Ha a gradációt kissé lágynak tartjuk, akkor a lemezt barnára színezzük. ezzel a keménység is fokozódik és a szemcsézet is finomabb lesz. A barnára való színezés a következőképpen történik:

A jól kimosott lemezt nem túl erős fehér fényen 3 percre az alábbi oldatba tesszük (a tálat állandóan mozgatni kell!):

100 cm<sup>3</sup> víz  
 2 g vörösvérlúgsó  
 1 g brómkálium.

Ezután rövid öblítés következik, majd 3 percre a lemez a következő oldatba kerül (a tálat most is mozgatni kell):

100 cm<sup>3</sup> víz  
 1 g nátriumsulfít  
 ½ g fixirnátron.

Ezután félórás mosás következik.

Ez az előhívási eljárás különösen hasznos osztott lemezekben finom szemcsézet elérésére, de természetesen kisfilmek előhívására is alkalmas.

*Készült a Fémtechnológiai Tanszék Laboratóriumában, Sopronban.*

## ÖSSZEFOGLALÁS

Szerző az Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya közleményei II. kötet 1. számában megjelent: »Mikrofotografálás tekercsfilmre és kisfilmre« c. dolgozatának folytatásaként olyan mikrofotografáló készülékeket ismertet részletesen, melyekkel nagyobb lemezekre kis-méretű felvételsorozatokot lehet készíteni. A készülékek aránylag egyszerűek és így beszerzésük, esetleg házilag való elkészítésük kisebb anyagi megterhelést jelent, mint egy költséges, kisfilmes fényképezőgép megvásárlása.

Foglalkozik a cikk a lefényképezendő tárgy képének a lemez síkjában való élesre állításával és ezzel kapcsolatban leegyszerűsített módszert ismertet. Kitér a felhasználandó negatív anyagokra és azok előhívására, különös tekintettel a finom szemcsézetre.

# A TEHERVONATOK SEBESSÉGÉNEK, A MOZDONYOK VONÓERŐKIHASZNÁLÁSÁNAK ÉS A TEHERKOCSIK VÁRAKOZÁSI IDEJÉNEK GAZDASÁGI ÖSSZEFÜGGÉSEI

CSANÁDI GYÖRGY

Elhangzott az Akadémia felolvasóülésén 1952 IV. 2-án

Szocialista gazdaságban a termelést úgy kell irányítani, hogy a termékmennyiség egységének előállítására minél kevesebb társadalmi munkát kelljen fordítani. A vasúti fuvarozás jelentékeny társadalmi munkát igényel, ezért szükséges tudományosan elemezni azokat a számításba jövő legfontosabb intézkedéseket, amelyek befolyásolják a szükséges társadalmi munkát. A vasúti fuvarozás társadalmi munkaszükséglete természetesen kihat az egész népgazdaságra; ha pl. nem csökken a kocsifordulódó, akkor több kocsit kell előállítani, hogy ugyanaz a vasúti forgalom lebonyolódjék. Vagy pl. ha a mozdonyok kihasználási együtthatója rossz, akkor ugyanakkora forgalomhoz több mozdonyra van szükség, sőt mivel a ki nem használt mozdonyok üzeme gazdaságtalanabb, növekszik a szénfogyasztás, az olaj felhasználás, stb. is, amelyek társadalmi munkát akumulálnak. A termékek előállítására fordított társadalmi munka mértékét kifejezi azok pénzben kifejezett önköltsége, illetőleg ára. Ha tehát a vasúti forgalmat úgy szabályozzák, hogy a költségek a legkisebbek legyenek, akkor a vasúti fuvarozásra fordítandó társadalmi munkamennyiség optimumát érjük el.

Ennek a célnak az előbbrevitelét kívánom szolgálni akkor, amikor előadásomban a vasúti forgalomszabályozás két alapvető problémáját, a tehervonatok sebességét, továbbá a mozdonyterhelés kihasználásának és a kocsik meddő tartózkodási idejének az összefüggését vizsgálom.

## I. A TEHERVONATOK SEBESSÉGE

A tehervonatok menetsebessége — úgynevezett alapsebessége — hatással van a vasút önköltségeire, teljesítőképességére, az áruszállítás gyorsaságára és ezen keresztül a szocialista újratermelés bővítésének ütemére, ezért szükséges, hogy a menetsebesség kérdésével behatóan foglalkozzunk.



## A) Az alapsebesség hatása az önköltségre

A tehervonatok menetsebességének kérdését először önköltségi viszonylatban vizsgálom. A tehervonatok alapsebességét természetesen nemcsak a legkedvezőbb önköltség követelményei szabják meg, hanem az alapsebesség meghatározásában az említett többi körülmény is közrejátszik. A »leggazdaságosabb sebesség« elemzése azonban feltétlenül szükséges. Itt mindjárt megjegyzem, hogy a »leggazdaságosabb sebesség« megállapítása körülményes feladat, ami csak megközelítő pontossággal végezhető el. Lényegileg mozdony-sorozatonként és terhelési szakaszonként különböző, továbbá a vonat súlyától is függ. Az alábbiakban az elemzést a gőzvontatású tehervonatokra globálisan végzem el, figyelmen kívül hagyva a mozdony-sorozatokra és a különböző pályaelmelkedőkre vonatkozó részletezést. A vizsgálatnak villamos vontatásra gyakorlati jelentősége nincs, mert a villamos mozdonyok sebességi fokozatai műszakilag adottak.

Különböző alapsebességű tehervonatok önköltségeinek összehasonlításánál nem szükséges az önköltség összes összetevőit számszerűen figyelembe venni, hanem V. N. Orlov számítási módszere szerint elegendő csak azokkal a költség-tételekkel foglalkozni, amelyek különböző alapsebességeknél eltérő nagyságban jelentkeznek. Ezek közül a költségtényezők közül először a szénfogyasztási költségekkel foglalkozom.

1. A szénfogyasztási költségek megváltozása arra vezethető vissza, hogy növekvő sebességeknél a leküzdendő vonatellenállás növekszik. 0% emelkedőben vontatott teherkocsik fajlagos ellenállását a MÁV-nál az alábbi képlet alapján számítják :

$$w = 2,5 + \frac{v^2}{2000} \dots \quad (1)$$

Minden ‰ emelkedő 1 kg/t többlet ellenállást jelent.

A gőzmozdonyok ellenállását az alábbi képlet szerint számítjuk :

$$Z_m = (L_f + T) (1,8 + 0,010 v) + A \left( a + \frac{b}{D} v \right) + 0,006 F v^2 \dots, \quad (2)$$

ahol

$LF$	= a futó kerekek nyomása (424 sor. mozdlynál = 26 t)		
$T$	= a szerkocsi súlya	( « «	41,8 t)
$v$	= a sebesség km/óra	( « «	
$A$	= a tapadási súly	( « «	57,2 t)
$a$	= állandó	( « «	8 )
$b$	= «	( « «	0,18)
$D$	= a kapcsolt kerék átmérő	( « «	1606 mm)
$F$	= a homlok felület	( « «	10 m <sup>2</sup> )

A növekvő sebességekkel együtt növekedő ellenállások leküzdése természetesen nagyobb vontatási teljesítményt, ezzel együtt növekvő fajlagos szénfelhasználást követel.

Ha 424 sor. mozdonyokra vonatkozóan a menetrendfüggelékben megállapított rendes terhelésnél (norma) vizsgáljuk a fajlagos szénfogyasztásokat, akkor növekedő sebességeknél a következő fajlagos szabványszén-fogyasztás többleteket találjuk:

1. táblázat

Alapsebesség	Normaterhelés	Többlet szénfogyasztás kg (%)		
		50	40	30
		km/óra sebességhez képest		
60	1000	0,2 (4,1)	1,0 (24,4)	1,25 (32,5)
50	1400	—	0,8 (19,5)	1,05 (27,3)
40	1600	—	—	0,25 (6,5)
30	1700	—	—	—

A fajlagos szénfogyasztás kiszámítása állandó 2<sup>0</sup>/<sub>00</sub> emelkedőben történő vontatást és állandó sebességet feltételezve (gyorsítások nélkül) történt.

A többletfogyasztás megállapításánál a begyújtás, felfűtés fűtőházi gőztartás, ki-, bejárás, tolatás, stb. szénszükségletét nem vettem figyelembe.

Az átlagos tehervonati terheléseknél az alapsebességtől függő többlet szabványszénfogyasztás minimálisan a következőképpen alakul:

2. táblázat

Alapsebesség km/óra	Többlet szabványszénfogyasztás 100 elegytonnakm-ként			
	50	40	30	20
	km/óra alapsebességhez viszonyítva, kilogramm			
60	0,2	1,0	1,25	1,38
50	—	0,8	1,05	1,18
40	—	—	0,25	0,38
30	—	—	—	0,13

Amint már említettem, a szénfogyasztás egyik része a szorosan vett vontatáshoz szükséges, a másik része pedig egyéb műveletek közben fogy el. Ez a másik rész a vonatok alapsebességétől függetlennek tekinthető.

2. A szénfogyasztással egyenes arányban és nagyságban változnak:

a) a szén önkezelési szállítási költségei, a szénlerakási és feladási, a szén tárolási és megóvási költségek.



b) A vízfogyasztási, vízlágyítási és kazánmosási költségek.

c) A pernye- és salakeltávolítási, a csőfuvatási és a lefuvatási költségek.

3. Nagyobb sebességnél a gőzmozdonyokkal vontatható vonatsúly csökken, emiatt a vonatsúly egységére számítva egyes költségtételek növekednek, viszont a sebesség növekedése folytán más költségtételek fajlagos értéke csökken. A részletes elemzések közlésének mellőzésével ezeknek a változó nagyságban jelentkező költségtényezőknek a változását jellemző számokat a 3. táblázat tartalmazza.

4. Az álló eszközök elhasználódásával kapcsolatos megtérülési költség (amortizáció) terheli az önköltséget. A vonatsebesség növekedésével a teher- és poggyászkocsik fajlagos megtérülési költsége csökken, a mozdonyoké ugyanolyan értelemben változik, mint azok fajlagos fővizsgálati költsége.

5. A felépítmény fenntartási költsége a vonatsebesség növelésével kétségtelenül növekszik. A növekedés azonban a vizsgált sebességeknél egyrészt nem nagy, másrészt mennyiségileg ez idő szerint megbízhatóan nem állapítható meg, ezért ezt a tényezőt számításba nem veszem.

6. A kisebb sebességgel közlekedő vonatoknak az állomásokon gyakrabban és többet kell várakozniuk az indítás lehetőségére, mint a nagyobb sebességű és rövidebb menetidejű vonatoknak. A várakozás növeli a szállítás önköltségeit. Ezt a költségtöbbletet az időadatok hiányában pontosan számításba venni nem lehet, de értékelnél feltétlenül szükséges, ezért a táblázatba a növekvő vonatsebességek menetközbeni várakozási időt csökkentő hatásából származó, költségcsökkenés értékelt összegeit bejegyeztem.

Ezek előrebocsátása után az áruszállítási önköltség változó tételeinek jellemző számait a 3. táblázatban mutatom be.

Az »összesen III.« sorban azt az eredményt tüntettem fel, amikor a sebességnövelés miatt nem szükséges a fékezők számát növelni, vagyis amikor a vonat légfékkel közlekedik.

Az »Összesen IV.« sor jellemzői gyenge forgalmú időszakokra vonatkoznak, amikor a rendelkezésre álló kocsikat a jelentkező árumennyiség elszállítása nem veszi teljesen igénybe.

Az eredményből megállapítható, hogy kézfékkal, vagy nagyobb részben kézfékkal közlekedő tehervonatoknál a »leggazdaságosabb sebesség« 30 km/óra alapsebesség körül van. (I. az Összesen I. és az Összesen II. sort.) Olyan erősen igénybe vett egyvágányú vonalakon, ahol nagyobb sebesség alkalmazásával a vonatok torlódása, illetőleg »ácsorgása« enyhíthő, kézfékes vonatoknál is indokolt 40 km/óra sebesség alkalmazása.

Különösen indokolt a sebesség növelése kezelő és tolató tehervonatoknál, mert ezek az átlagosnál rendszerint kisebb terheléssel közlekednek.

Légfékes vonatoknál a »leggazdaságosabb sebesség« 40 km/óra körül van, ezért a légfékes közlekedés bevezetése után indokolt áttérni a 40 km/óra alapsebességre, sőt 50 km/óra alapsebesség sem okoz jelentős önköltségnövekedést.

3. táblázat

Hivat- kozási szám	Költségtétel	Jellemző számok a 20 km/ó alapsebességhez képest			
		30	40	50	60
		km/óra alapsebességnél 100 elegytonnak m-ként mutatkozó önköltségtöbbletre, illetve önköltség csökkenésre			
1.	Szénkölttség.....	+ 1,56	+ 4,56	+ 14,16	+ 16,56
2.	a) Szénszállítás és kezelés .	+ 0,23	+ 0,68	+ 2,13	+ 2,49
	b) Víz- és kazánmosás ....	+ 0,05	+ 0,14	+ 0,42	+ 0,50
	c) Salak. pernye, csőfűv. lefűv. ....	+ 0,04	+ 0,11	+ 0,36	+ 0,12
3.	a) Mozdonysemélyzet. vonatvez. stb. ....	— 4,10	— 4,10	— 15,90	— 10,80
	b) Fékezők .....	+ 1,00	+ 7,90	+ 11,10	+ 19,50
	c) Kenőolaj, stb. ....	+ 0,55	+ 1,70	+ 3,80	+ 5,95
	d) Mozdony főjavítás .....	— 0,60	—	+ 5,00	+ 7,30
	e) Mozdony fővizsgálat ..	— 0,20	—	— 0,80	—
	f) Mozdony futójav. és id. vizsg. ....	+ 0,60	+ 1,60	+ 3,30	+ 5,40
	g) Teherkocsijavítás .....	— 1,32	— 3,31	— 4,27	— 4,58
4.	a) Kocsimegtérülés .....	— 1,60	— 3,90	— 5,06	— 5,57
	b) Mozdonymegtérülés ....	— 0,53	+ 0,07	— 1,33	+ 0,90
	Összesen I. ....	— 4,32	+ 5,45	+ 12,91	+ 38,07
6.	Menetközben eltöltött vá- rakozás .....	— 5,00	— 8,00	— 10,00	— 12,00
	Összesen II. ...	— 9,32	— 2,55	+ 2,91	— 26,07
	A fékezők többletköltsé- gének levonásával ...				
	Összesen III. ....	— 10,32	— 10,44	— 8,19	+ 6,57
	A kocsijavítás és a meg- térülés többletköltsé- gének levonásával				
	Összesen IV. ....	— 7,40	— 3,24	+ 1,14	+ 16,72

Ilyen alapsebesség elsősorban fővonalakon és a kis emelkedőjű mellékvonalakon jöhet számításba.

Megjegyzem, hogy az átlagos terhelés (vonatsúly) csökkenése esetén a növekvő alapsebességek önköltségnövelő hatása csökken, nagyobb pálya-emelkedőknél viszont fokozódik.



## B) *Az alapsebesség hatása a teljesítőképességre*

A termelés folytonos fejlődése állandóan fokozza a vasút szállítási feladatait, mert amint Marx írja: »Az áru csak akkor válik fogyasztásra alkalmassá, amint helyváltoztatását befejezi.« Az előző fejezetben taglaltak szerint az áru helyváltoztatását a lehető legkisebb szállítási költséggel kell végrehajtani, de ugyanilyen népgazdasági fontossága van annak is, hogy az áruk helyváltoztatását maradéktalanul és késedelem nélkül biztosítsuk, vagyis a vasút a szállítási tervet pontosan teljesítse. A szállítási terv mennyiségi teljesítésének népgazdasági szempontból igen gyakran még az önköltségi terv teljesítésénél is nagyobb fontossága van, mert az elmaradó, vagy késedelmes szállítás sokszor az áruk elpusztulását, vagy a termelés, illetőleg a fogyasztás akadályozását idézi elő. Feladatom megvizsgálni, hogy a tehervonatok alapsebessége milyen összefüggésben van az áruszállítási kapacitással és az alapsebességek változása hogyan befolyásolja a teljesítőképességet.

### a) *Az alapsebesség hatása*

*a vasúti vonalak átbocsátóképességére.*

Tekintettel a térközben, illetőleg állomásközben történő vonatközlekedésre, minden vonal kezdő és végpontja között az időegység (pl. 1 nap) alatt annál több vonat haladhat keresztül, mennél nagyobb a vonatok sebessége. Feltételezve, hogy a vonatok megállás nélkül és állandóan a menetrendben előírt alapsebességgel haladnak, az illető vonalon átbocsátható vonatok száma az alapsebességgel arányosan alakul (nem tekintve a forgalomszabályozás időszükségletének %-osan változó befolyását). A forgalomszabályozásnak vonatonként nagyjából állandó időszükséglete, a mentközbeni tartózkodások, az esetleges lassújelek, a felgyorsítások és a pálya emelkedői, illetőleg lejtői ezt az arányosságot megbontják, olyan értelemben, hogy a közlekedtethető vonatok arányszáma elmarad az alapsebességek arányszámához képest.

Méginkább megbomlik a pontos arányosság az állomásokon a tehervonatokkal kapcsolatban végzendő áru- és számadáskezelési, kocsirendezerési és besorolási, vontatási kezelési, stb. munkák miatt. Ezeknek a teendőknél az időszükséglete független a vonatok alapsebességétől, ezért növekvő alapsebességnél az egész menettartamból százalékosan többet igényelnek. Mivel továbbá ezeket a teendőket csak részben lehet úgy szabályozni, hogy az alatt az idő alatt elvégezzék, mialatt a következő térközön egy másik vonat keresztülhalad, a vonatok állomási tartózkodása miatt az utazási sebességen kívül a vonalak átbocsátóképessége is csökken. Statisztikai adatok szerint a 40 km/óra alapsebességgel közlekedő gőzvontatású tehervonatok átlagos menettartam sebessége (utazási sebessége) jelenleg 16 km/óra, az 50 km/óra

alapsebességű tehervonatoké kb. 19 km/óra és a 60 km/óra alapsebességgel közlekedő tehervonatoké 21 km/óra.

A különböző alapsebességű tehervonatoknak megfelelő menettartam sebességek aránya csak a vonalakon közlekedtethető tehervonatok mennyiségére jellemző, de egymagában nem jellemzi a vonalak átbocsátóképességét az elszállítható elegy-, illetve árumennyiség szempontjából, holott a teljesítőképesség szempontjából nyilvánvalóan ez a mértékadó. Ezért meg kell vizsgálnunk azt is, hogy az alapsebesség változása milyen hatással van a vonatok súlyára. A III. terhelési szakasz első határán (5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> emelkedő) a leghasználatosabb tehervonati gőzmozdonyok rendes terhelése százalékosan a következőképpen alakul:

Alapsebesség	411.	324.	424.	375.	376.	Elfogadható átlag
	sorozatú mozdonyoknál					
30	100	100	100	100	100	100
40	79	92	96	81	81	84
50	60	79	89	63	61	65
60	45	54	64	43	—	50

Ha az átlagszázalékkal megszorozzuk az egyes alapsebességeknek megfelelő menettartam sebességeket, akkor a következő értékeket kapjuk:

30 km/óra alapsebességnél:	12.	100 = 1,200
40	«	« 16. 84 = 1,344
50	«	« 19. 65 = 1,235
60	«	« 21. 50 = 1,050

Az eredmény szerint tehát a vonalak átbocsátóképessége 40 km/óra alapsebességű tehervonatok közlekedtetésénél a legnagyobb.

*b) Az alapsebesség alakulásának hatása a teherkocsik és a vontatójárművek teljesítőképességére*

Minden további vizsgálódás nélkül azonnal nyilvánvaló, hogy minél nagyobb alapsebességű vonatokkal továbbítjuk a teherkocsikat, annál hamarabb rakhatók ismét meg. Ezért az alapsebességváltozás függvényében csupán a teherkocsi teljesítőképesség százalékos változásával kell röviden foglalkoznunk.

A nagyobb sebességből származó időmegtakarítás alapján számítással megállapítható, hogy 5 napos kocsifordulóval, ha a tehervonatok alapsebessége 30 km/óra sebességhez képest



40 km/óra	nő,	akkor a teherkocsik kapacitása	3,6%-kal	növekszik
50	«	«	«	5,4 «
60	«	«	«	6,2 «

Csúcsforgalmi időszakban, amikor a kocsiforduló időt különböző intézkedésekkel csökkentjük, az alapsebesség növelésével elérhető teherkocsi kapacitásnövekedés százalékos értéke növekszik. Pl. 3.5 napos kocsifordulóval az a következőképpen alakul:

40 km/óra	alapsebességnél	5,7%
50	«	7,7%
60	«	8,8%

Ezzel kapcsolatban nem érdektelen rámutatni arra, hogy fenti adatok szerint a teherkocsik használati idejüknek (kocsióráiknak)

$$5 \text{ napos kocsifordulóval mindössze } \left( \frac{15}{120} 100 \right) = 12-13\% \text{-át,}$$

$$3 \text{ napos kocsifordulóval mindössze } \left( \frac{15}{72} 100 \right) = 20-21\% \text{-át}$$

töltik el tényleges továbbítás közben.

A tehervonati alapsebesség a rendelkezésre álló vontatóerő hasznosítását az áruszállítási teljesítőképesség növelése szempontjából lényegileg ugyanúgy érinti, mint ahogy azt a vonalak átbocsátóképességénél már kifejtettem.

Összefoglalva a teljesítőképességgel kapcsolatos megállapításokat látjuk, hogy

a) a vonalak elegyátbocsátóképessége szempontjából jelenleg nálunk legkedvezőbb a 40 km/óra tehervonati alapsebesség;

b) a teherkocsi állománnyal elszállítható árumennyiség a tehervonati alapsebesség növelésével növekszik és pedig annál nagyobb arányban, minél kisebb — egyéb okok miatt — a kocsiforduló idő;

c) a vontatójárművek, valamint a mozdonyszemélyzet elegytovábbító kapacitása 40 km/óra tehervonati alapsebességnél — sőt 50 km/óra alapsebességnél is — nagyobb, mint 30 km/óra alapsebességnél. Kézi fékes vonatoknál az alapsebesség növelése a fékezők kapacitását csökkenti.

### C) Az alapsebesség hatása az áruszállítás gyorsaságára és a forgóeszközök forgási sebességére

A tehervonatok alapsebességének növelése, hasonlóan a teherkocsik jobb kihasználásához, fokozza az áruszállítás gyorsaságát is. A gyorsabb áruszállítás természetesen növeli a teherkocsikban szállított áruk forgási sebességét, meggyorsítja az újratermelés ütemét is.

Ebből azonban nem következik minden további nélkül az, hogy népgazdaságunk szempontjából, a tehervonatok alapsebességének lényeges növelése előnyös lenne, mert amint az előzőkben már rámutattam, az alapsebesség növelése csak kis mértékben csökkenti a kocsiforduló időt és az áruszállítás gyorsaságát is aránylag csak kis mértékben növeli.

Az áruszállítás gyorsaságának százalékos változása nem azonos a kocsiforduló idő százalékos változásával, mert az egyik oldalon a kocsiknál — azok üres állapotában — van bizonyos, sebességtől független meddő időjárulék (amikor a kocsik berakásra, illetve kirakás után továbbító vonatra várakoznak). A másik oldalon viszont az árunál azok előkészítése a szállításra, valamint a vasúti kocsikhoz szállítás és a vasúti kocsiktól az elszállítás időtartama, amint a tehervonatok sebességétől független időjárulék, befolyásolja a százalékszám alakulását. Ezeknek a tényezőknek pontos felmérésére adatok nem állnak rendelkezésre, de elfogadhatjuk, hogy a tehervonatok alapsebességének növelésével az áruszállítás gyorsasága akkor növekszik nagyobb mértékben, — mint ahogy a kocsifordulóidő csökken — ha az árunak kevesebbet kell vasúti kocsira várakoznia, mint a vasúti kocsiknak megrakásra. Tekintve, hogy nálunk általában ez a helyzet, megállapíthatjuk, hogy az alapsebesség növelése az áruszállítás gyorsaságát erőteljesebben befolyásolja, mint a kocsik átlagos közlekedési sebességét. Ez a körülmény a forgó eszközök forgási sebessége szempontjából növeli a tehervonati alapsebesség fokozásának jelentőségét.

Tervgazdálkodást folytató népgazdaságunkban nem lehetnek öncélú ellentétek a szállító felek és a vasút gazdasági érdekei között, mert az a kapitalista gazdálkodás jellegéhez tartozik. Az egyes gazdasági ágak és a különböző vállalatok helyesen felfogott gazdasági érdekeit végeredményben mindig az országos érdekek állapítják meg. Ez a vasútra vonatkoztatva jelen esetben annyit jelent, hogy ha az áru szállítás gyorsításából származó népgazdasági haszon nagyobb, mint a vasúti szállítás önköltségeinek a növekedése, akkor az áruszállítás gyorsaságát még a gazdaságos sebesség fokozásával is növelni kell mindaddig, amíg az alapsebességnövelés a vasút szükséges teljesítőképességét nem veszélyezteti. Meg kell vizsgálnunk tehát, hogyan alakul az áruszállítás gyorsaságának a népgazdasági hatékonysága.

Az áruszállítás gyorsulásából származó népgazdasági hatékonyság sem időben, sem árufajtánként nem tekinthető azonosnak. *E. D. Chanukov* szerint e tekintetben alapvető fontosságúak a következő körülmények:

1. a szállított áru neme, 2. a termelés viszonyai, 3. a fogyasztás viszonyai, 4. a rendelkezésre álló tartalékok.

Az árunemek szállítási sebességének vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy az idényszerűen termelt, de egész éven keresztül állandóan fogyasztott árukat, a romlandó áruk kivételével — a legolcsóbban, a leggazdaságosabb sebességgel kell szállítani. Ide tartozik elsősorban a mezőgazdasági termékek legnagyobb része.



Az egész éven át termelt, de idényszerűen felhasznált áruknál rendes körülmények között szintén indokolatlan a költségesebb, gyorsabb szállítás. Ide sorozhatók az ásványi javak és részben az építő anyagok, valamint egyéb hasonló áruk.

Az áruk legnagyobb részének termelése és fogyasztása az év folyamán nagyjából egyenletesen történik. Tervgazdálkodásban a termelést és a fogyasztást (felhasználást) úgy kell szabályozni, hogy ezek harmónikusan fejlődjenek. Feltételezve, hogy ezekből az árukból a fogyasztók raktáiraiban meghatározott mennyiségű tartalék van, akkor a termelés és a szállítás egyenletes működésekor a fogyasztóknál fennakadás nem mutatkozik. Nemzetgazdaságunk bővített újratermelésének fokozása azonban megkívánja, hogy csökkenjék az áruknak szállítás közben levő mennyisége, mert a felszabaduló árumennyiség a fogyasztás (felhasználás) növekedését teszi lehetővé. Ezeknél az áruknál tehát a szállítás gyorsításának kétségtelenül nemzetgazdasági fontossága van. A szállítás rendszerességének és pontosságának a szállítás gyorsítása mellett hasonló fontossága van, mert így módon a tartalék készletek mennyisége csökkenthető. Ezt emelte ki Sztálin elvtárs abban a történelmi nevezetességű beszédében, amelyet 1935-ben, a vasutasok fogadása alkalmából tartott, rámutatva, hogy a közlekedésnek oly pontosan és megbízhatóan kell működnie, mint egy óramű pontosságú futószalagnak.

Tartalékok hiányában a szállítás meggyorsításának igen nagy nemzetgazdasági hatóképessége van. Ilyen esetekben az áruk gyorsabb szállításával a termelés, vagy az építkezés költséges üzemszünetektől óvható meg. Az ilyen esetek természetesen nem tekinthetők rendszeres és tartós körülményeknek, ezek miatt az átmeneti áruhiányok, illetve tervszerűtlenségek miatt a tehervonatok alapsebességét általában gazdaságtalanul felfokozni nem lenne helyes. Ehelyett szükség esetén megfelelő számú gyorstehervonatot kell beállítani, illetőleg az árut gyorsított teherárúként kell feladni.

Rendkívül fontos a különleges munkaeszközök minél gyorsabb szállítása, mert ezekből tartalékok nem képezhetők.

*D) Az áruszállítás gyorsítása végett a belső tartalékok feltárása és érvényesítése.  
Vasutas sztahanovistáink törekvései*

Az utóbbi évek folyamán a darabárúk, a gyorsárúként feladott kocsi-rakományú áruk, valamint a gyorsított teherárúk szállítási sebességének növelésénél szép eredmények mutatkoznak. Bár javult a kocsi-rakományú teherárúk szállítási sebessége is, elsősorban ezen a téren kifogásolhatók még az eredmények és még sok javítani való van.

Az áruszállítás meggyorsításának egyik lehetősége a tehervonatok alapsebességének növelésében mutatkozik. Az előzőekben kimutattuk, hogy a vasút

önköltsége szempontjából a gazdaságos sebesség 40 km/óra, ami azonos a tehervonatok nagyobb részének jelenlegi alapsebességével. A »gazdaságos sebesség« fogalmát és annak nagyságát azonban dialektikusan kell kezelni, mert ez a műszaki fejlesztés során változik. Ennek bizonyosságául megemlítem, hogy pl. a tehervonatoknál a légfékezés bevezetésével a gazdaságos sebesség 30 km/órától 40 km/óra-ra növekedett. A használt vonatjárművek változása, stb. esetén további fejlődés következik a sebességek terén is. Emellett a vasúti önköltségek szempontjából kialakuló gazdaságos sebesség az áruszállítás gyorsaságának hatékonysági fokától függően az egész népgazdaság vonatkozásában megváltozhat. Ezen a téren azonban óvatosan kell cselekednünk, noha mindnyájan tudjuk, hogy népgazdaságunkban a munkaütemnek milyen nagy a jelentősége. Figyelembe kell vennünk *E. D. Chanukov* intését: »Az állam a fontos gazdaságossági kérdéseket nem oldhatja meg intuiciój alapján, mellőzve annak megvizsgálását és a számításokat.« Nem szabad egyes kapitalista vasutak példájától elragadtatni magunkat, mert azoknál a menetsebesség kérdését nem az állam érdekei szabják meg, hanem a lehető legnagyobb vállalati haszon, aminek érdekében a sebességek növelésével igyekeznek — más szállító vállalatok rovására — maguknak minél nagyobb szállítási volument biztosítani és önköltségeiket a foglalkoztatási fok növelésével csökkenteni.

Az alapsebességek növelésénél különös figyelmet kell fordítani a növekvő energia felhasználására, mert hazánk szén és energiát termelő egyéb készlete és termelése korlátozott.

A gazdaságos sebesség végső kialakításánál döntően jöhet számításba a vasút teljesítőképességének a kérdése minden olyan esetben, amikor az alapsebesség megfelelő megválasztásával a szükséges teljesítőképesség aránytalan beruházások mellőzését teszi lehetővé. Mivel a szükséges teljesítőképesség a népgazdaság fejlődése során változik, az is bizonyítja a gazdaságos sebesség dialektikus voltát.

A vasutas munka hősei, a sztahanovisták, tisztán látják a menetsebesség kérdésének fontosságát. Pányin elvtárs példája nyomán sztahanovistáink erőteljesen igyekeznek a kapacitás növelése és az áruszállítás gyorsítása érdekében a vonatok sebességét növelni. Amint már az előzőkben alkalmunk volt erre rámutatni, a gazdaságos sebesség nagysága konkrét esetekben függ a vonal pályaelmelkedőitől, a vonatsúlytól és a használt mozdony sorozatától is. Sztahanovista mozdonyvezetőink gyakorlati tapasztalataik alapján mindezek figyelembevételével vonatjaikat a legmegfelelőbb sebességgel továbbítják. Helyes törekvésük rendszeres megvalósítása céljából a vasút bevezette a rugalmas tehervonati menetrendet. A sztahanovista mozdonyvezetők utanként kiválasztják a legmegfelelőbb menetsebességet és ennek betartására a forgalmi szolgálattevővel szerződést kötnek. A lejtős pályarészekén elérhető idő- és költségmegtakarítás kiaknázására lehetőséget adott a vasút azzal, hogy — ha a vonat kellő megfékezése biztosítva van — a lejtőben az alapsebesség szerint egyébként



betartandó legnagyobb sebesség 10%-kal növelhető. Ugyancsak nagy részben az áruszállítás gyorsítását szolgálják a Szovjetunióból átvett 2000 tonnás, 500 km-es, zöld út, irányvonal, stb. mozgalmak is.

Az áruszállítás gyorsításával kapcsolatban a belső tartalékok feltárásának és érvényesítésének másik — és az előbbinél nagyobb — területe a kocsik és áruk állomási tartózkodásainak rövidítésénél mutatkozik. Az előzők szerint a kocsik és a szállításra feladott áruk szállítási idejük nagyobbik részét az állomásokon töltik el. Ennek a várakozási időnek a megrövidítésére az állomási munkáknál haladó munkamódszereket kell alkalmazni.

## II. A MOZDONYOK VONÓERŐ KIHASZNÁLÁSÁNAK ÉS A TEHERKOSCIK VÁRAKOZÁSI IDEJÉNEK GAZDASÁGI ÖSSZEFÜGGÉSEI

A vasúti forgalomszabályozás másik alapvető kérdése az, hogy milyen gazdasági összefüggés van a mozdonyok vonóerő kihasználása és a vasúti teherkocsi indulás előtti várakozási ideje között. Ez a probléma a vasúti üzemi gyakorlatban úgy jelentkezik, hogy határozni kell arról, vajjon a mozdonyok megállapított rendszeres terhelése csökkenthető-e a kocsi forduló idő megrövidítése, illetőleg a kocsi megrakási igények kielégítése végett anélkül, hogy a terheléscsökkentés gazdasági hátránnyal járna?

Ennek a mindennap jelentkező gyakorlati problémának a tudományos vizsgálatára van szükség, mert a legjobb megoldást igen sok összetevő határozza meg. Ezeket az összetevőket a vasút gyakorlati dolgozói képtelenek számszerűen mérlegelni, holott tudják, hogy a probléma helyes megoldása igen nagy mértékben befolyásolja a vontatás üzemanyagfogyasztását, a vasúti munka termelékenységét és általában a szállítás önköltségeinek alakulását, sőt ezeken túlmenően népgazdaságunkban az újratermelés gyorsaságát. A probléma konkrét kidolgozásával tehát a tudomány segítséget nyújthat a gyakorlatnak, tudatosabbá teheti a forgalom szabályozását és nyugvópontra hozhatja ezt a sok vitát okozó üzemi kérdést.

### A) *Az összefüggés matematikai vizsgálatának üzemi tényezői*

A mozdonyvonóerő kihasználás és a teherkocsi tartózkodási idő összefüggésének matematikai vizsgálata előtt elemeznünk kell a vasúti üzemet, meg kell állapítanunk, hogy melyek azok az üzemi tényezők, amelyek a vizsgált összefüggést ténylegesen létrehozzák, hogyan befolyásolják ezek a tényezők a szükséges társadalmi munka nagyságát, azt pénzértékben kell kifejeznünk. Végül el kell döntenünk, hogy a következtetések helyességének veszélyeztetése nélkül milyen egyszerűsítéseket fogadhatunk el azért, hogy a matematikai vizsgálat elvégezhető legyen.

a) Mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy a mozdonyok vonóerejének kihasználási mértéke adott nagyságú forgalomnál meghatározza az indítandó vonatok számát. Viszont, ha a kocsindító állomásokra egyenletes kocsi beáramlást tételezünk fel, akkor az induló vonatok száma és a kocsik indulás előtti meddő várakozási időtartama között nyilvánvalóan konkrét összefüggés van. Ha változatlan kocsibeáramlás mellett naponként kétszer annyi vonat indul, akkor a kocsik meddő várakozási ideje a felére csökken. Ezt az összefüggést a matematikai vizsgálatnál felhasználjuk.

b) A tehervonatok a szolgálati menetrendkönyvekben szereplő és előre kidolgozott menetrendek szerint közlekednek, függetlenül attól, hogy a mozdonyok vonóereje milyen mértékben van kihasználva. Ugyancsak független a mozdonykihasználástól a menetrendkönyvben közölt sebességnél nagyobb sebesség vállalása is. A mozdonykihasználás mértéke nem befolyásolja a kocsik rakodási és egyéb kezelési idejét sem. Mindez annyit jelent, hogy a mozdonyok vonóerőkihasználásának mértéke és a kocsiforduló idő között más összefüggés nincs, csak az, amit az előbbi pontban megállapítottunk, vagyis a mozdonykihasználás a kocsiknak csak az indulás előtti meddő várakozási idejét befolyásolja.

Elfogadhatjuk tehát, hogy a tehervonatok tényleges közlekedési menetrendje független a vonatok súlyától és a vonatokat továbbító mozdonyok típusától.

c) Ha a tehervonat menetének időbeni befolyása független is a vonat mozdonyának típusától, a vonatsúlyt és a mozdonytípust össze kell egyeztetni. A vonatok összeállításánál alkalmazkodni kell a rendelkezésre álló mozdonyokhoz, illetve ezek teherbírásához. Ez az alapvető tényező annyit jelent, hogy a későbbi matematikai vizsgálat eredményei közül figyelmen kívül kell hagyni azokat, amelyek a leggazdaságosabb forgalomszabályozás feltételeiből kiindulva, túlságosan nehéz vonatok közlekedtetésére utalnak.

d) Az összefüggést befolyásoló tényezők egyszerűsítése érdekében a matematikai vizsgálatnál feltételezni fogjuk, hogy egy-egy vonatnál — függetlenül a mozdony vonóerejének kihasználásától — a mozdony személyzet és a vonatkísérő személyzet, tehát az utazó személyzet költsége állandó. Ezt a feltételezést széles határok között elfogadhatjuk, mert a tehervonatok már légfékkel közlekednek.

Ha az utazó személyzet költsége a mozdonyterheléstől függetlenül vonatonként változatlan nagyságú, akkor ez a költség a mozdonyterhelés függvényeként árutonnakilométerenként különböző nagyságú lesz, amit az optimális forgalomszabályozás keresésénél a matematikai vizsgálatnál számításba kell vennünk.

e) A mozdonyok tüzelőanyag- és vízfogyasztása a mozdonyterhelés függvénye, a kenési, világítási, tisztítási és egyéb üzemi költségei, fenntartási és megtérülési költségei pedig a kilométerteljesítmény jellemző arányában



alakulnak, függetlenül a vonóerőkihasználás mértékétől. A matematikai vizsgálatnál a vonatkozó költségeket ennek megfelelően kell figyelembe venni.

f) Vizsgálatunknál feltételezzük, hogy a pályafenntartási és az állomási költségek adott forgalomnál függetlenek a mozdonyok vonóerejének vonatonkénti kihasználásától. Emellett meg kell állapítanunk, hogy abban az esetben, ha ugyanannyi kocsit rosszabb mozdonykihasználással több vonattal továbbítunk, akkor a pályát változatlan kocsi kilométer igénybevétel mellett több mozdonykilométer terheli, ami feltétlenül növeli a pálya fenntartásának költségeit. Ezt a költségtöbbletet a matematikai vizsgálat egyszerűsítése céljából számszerűen nem vesszük figyelembe, de kiegyenlítjük azzal, hogy a mozdony hatásfokának nagyobb terheléseknél bekövetkező romlását nem vesszük számszerűen figyelembe. Ez a hatásfok romlás a tényleges költségekre ellenkező értelemben hat, mint a pályafenntartás költségeinek a változása.

g) Feltételezzük végül, hogy adott forgalomnál a vonalak (beleértve az állomásokat is) meglévő átbocsátóképessége (kapacitása) különböző mozdonyterheléseknél változatlan jellemzőkkel megengedi több vagy kevesebb vonat, illetve több vagy kevesebb kocsiból álló vonatok közlekedtetését. Ezt a feltételezést el kell fogadnunk, mert forgalom szabályozásánál mindenekelőtt a vonalak átbocsátóképességét kell figyelembe venni. Az átbocsátóképesség túllépésekor olyan változó kihatású zavarok keletkeznek, amelyek a forgalom rendszeres lebonyolítását lehetetlenné teszik, tehát semmiképpen sem engedhetők meg, másrészt esetleges bekövetkezésüknek gazdasági vonatkozásai vizsgálatunk során számszerűen nem értékelhetők. Megállapíthatjuk tehát, hogy a meglévő vonalkapacitás esetleg korlátozza a lehetséges variánsok tényleges megvalósítását, ezt azonban jelenlegi vizsgálatunktól függetlenül esetenként és vonalanként kell mérlegelni.

#### B) *Az üzemi tényezők értékelése és a matematikai vizsgálat lefolytatása*

A mozdonyvonóerő kihasználása és a teherkocsi tartózkodási idő egymással kapcsolatban levő üzemi tényezőinek elemzése után rátérhetünk a változó költségkihatású tényezők törvényszerű változásmódjának a megállapítására, a leggazdaságosabb forgalomszabályozási lehetőségek meghatározására és a következtetések levonására.

Vizsgálatunk módszere az, hogy minden egyes tényező költségalakulását a mozdonykihasználás függvényében fejezünk ki és 1 árutonnakilométer teljesítményre vonatkoztatunk. Ezután a mozdonykihasználás függvényében kifejezett költség tényezőket összevonjuk egy egyenletbe, az optimális (a legkisebb) érték megállapítása végett ennek a mozdonykihasználás szerinti első differenciáhányadosát nullával tesszük egyenlővé, majd az alkalmazandó legkedvezőbb mozdonykihasználást — a mozdonyterhelést — képletben kifejezzük.

a) Az A) fejezet a) pontja szerint feltételezzük, hogy az állomásra a továbbítandó kocsik egyenletesen áramlanak be. Az állomás feladata az, hogy az adott mennyiségben beáramló kocsikat a leggazdaságosabb vonatösszeállításban indítsa útnak. Ebből a célból el kell döntenie, hogy a rendelkezésre álló mozdonyok vonóerejét milyen mértékben használja ki? Ha kevésbé használja ki a mozdonyok vonóerejét, akkor több vonatot kell indítania, viszont ugyanakkor a kocsi kevesebb meddő várakozási időt töltenek el az állomásokon. Látjuk tehát, hogy a mozdonykihasználás és a kocsik tartózkodási idő között meghatározott összefüggés van.

Legyen :

$N$  = az egyirányba naponként továbbítandó kocsi száma ;

$n$  = a rendelkezésre álló mozdony 100%-os terhelésének megfelelő kocsiszám ;

akkor  $\frac{N}{n} = 100\%$ -os mozdonykihasználásnál a szóbanforgó irányba naponként indítandó vonatok számával és egyenletes időközű vonatindítások esetén

$\frac{24}{N}$

= a vonatok indítási időköze órákban.

$n$

Ha a mozdonyok kihasználása 100%-tól eltérő, akkor nyilvánvalóan megváltozik az indítandó vonatok mennyisége is. Ha a mozdonykihasználási tényezőt  $x$ -el jelöljük, akkor az indítandó vonatok időköze lesz :

$$\frac{24}{\frac{N}{n \cdot x}}$$

ahol  $x = \frac{\text{a mozdony kiterhelése százalékban}}{100}$

vagy a törtet rendezve :

$$\frac{24 \cdot n \cdot x}{N}$$

és az átlagos kocsik tartózkodási idő :

$$i = \frac{24 \cdot n \cdot x}{2 \cdot N} + \frac{12 \cdot n \cdot x}{N}$$



Ha egy napi kocsiállás költsége =  $a$ , akkor  $N$  számú kocsi tartózkodási költsége  $i$  óra alatt

$$K_t = i \frac{a}{24} N = \frac{12 \cdot n \cdot x \cdot a \cdot N}{24 \cdot N} = \frac{n \cdot a \cdot x}{2}$$

és az árutonnakilométerenkénti kocsitartózkodási költség:

$$k_t = \frac{K_t}{S_k \cdot s \cdot N} = \frac{n \cdot a \cdot x}{2 g_k \cdot s \cdot N} \quad (1)$$

ahol

$g_k$  = egy kocsi átlagos rakománysúlya tonnában ;

$s$  = az átlagos áruszállítási távolság km-ben ;

$a$  = 1 kocsi egy napi tartózkodásának költsége Ft-ban.

b) Az A) fejezet d) pontja szerint elfogadjuk, hogy függetlenül a mozdonykihasználástól az utazószemélyzet költsége vonatonként változatlan.

Ha

$u_i$  = 100%-os mozdonykihasználásnál az utazó személyzet árutonnakilométerenkénti költsége Ft-ban,

akkor az utazószemélyzet árutonnakilométerenkénti költsége  $x$  mozdonykihasználásnál lesz :

$$k_u = \frac{u_1}{x} \cdot \dots \quad (2)$$

c) Áttérve az árutonnakilométerenkénti szén- és vízköltségnek a mozdonyterhelés függvényében történő meghatározására, egy vonat közlekedésénél az elfogyasztott szénmennyiséget két részre oszthatjuk. Az egyik rész szükséges a mozdony indulás előtti és menet utáni fűtéséhez. Ezt a részt jelöljük  $B_1$ -el. A másik rész a vonat tényleges menetéhez szükséges ; jelöljük ezt a szénmennyiséget  $B_2$ -el. A  $B_2$  szénmennyiség tovább osztható :

a mozdony továbbításához szükséges —  $B_{21}$

és a kocsi elegytovábbításához szükséges —  $B_{22}$

szénmennyiségre.

A  $B_1$  és a  $B_{21}$  szénmennyiség nagysága függetlennek vehető a vonat súlytól, ha a mozdonyhatásfoknak a terheléstől függő változását nem tekintjük, viszont ugyanilyen elhanyagolással a  $B_{22}$  arányos a továbbított kocsi elegysúlyával. A továbbított kocsi elegysúlyát adott mozdohnál kifejezhetjük a mozdonykihasználási tényezővel, ily módon tehát ha  $B_{22}$ -vel a 100%-os mozdonyterhelésnek megfelelő kocsielegysúly továbbításának szénszükségletét jelöljük, akkor az összes szénfogyasztás a mozdonykihasználás függvényében a következőképpen fejezhető ki :

$$B = B_1 + B_{21} + B_{22} \cdot x$$

Mivel általánosan érvényes összefüggést kívánunk megállapítani, az egyenletet elosztjuk  $B_{22} \cdot x$ -el és ily módon megkapjuk, hogy a kocsik továbbításához szükséges 1 kg szénnek mennyi összes szénfogyasztás felel meg.

$$\frac{B}{B_{22} \cdot x} = \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22} \cdot x} + 1.$$

Ezekután  $q$ -val jelölve az 1 árutonnakilométer teljesítménynek megfelelő kocsitovábbítási szabvány szénszükségletet és  $e$ -vel 1 kg, mozdonyban eltüzelt szabványszén költségét, az árutonnakilométerenkénti szénfogyasztási költséget a mozdonykihasználás függvényében a következő összefüggéssel fejezhetjük ki:

$$k_s = \left( \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22} \cdot x} + 1 \right) q \cdot e \dots \quad (3)$$

A vízfogyasztási költségek ugyanolyan törvényszerűség szerint változnak mint a szénfogyasztási költségek.

d) Az A) fejezet e) pontja szerint a mozdony egyéb üzemi költségei, továbbá a javítási és megtérülési költségei jó megközelítéssel a kilométerteljesítmény jellemzői szerint alakulnak. Ezért, ha csökken a mozdony terhelése, akkor ezeknek a költségeknek az árutonnakilométer teljesítményre eső hányada növekszik. A költségeknek ez a fajlagos alakulása a mozdonykihasználás függvényében a következőképpen fejezhető ki:

$$k_m = \frac{m_1}{x} \dots \quad (4)$$

ahol

$m_1 = 100\%$ -os mozdonyterhelésnél a mozdonyok árutonnakilométerenkénti egyéb üzemköltsége, javítási és megtérülési költsége.

e) Ezután már az [1], [2], [3], és [4] összefüggésből felírhatjuk a

$$k_\delta = f(x)$$

függvényt, amelynek  $x$  szerinti első differenciálhányadosát nullával téve egyenlővé, megállapíthatjuk  $x$ -nek azt az értékét, amelynél a forgalom lebonyolításának költségei a legkisebbek.

$$k_\delta = kt + kn + ks + km = -\frac{n \cdot a \cdot x}{2 \cdot g_k \cdot s \cdot N} + \frac{u_1}{x} \left( \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22} \cdot x} + 1 \right) q \cdot e + \frac{m_1}{x}$$

$$\frac{dk_\delta}{dx} = \frac{n \cdot a}{2 \cdot g_k \cdot s \cdot N} - \frac{1}{x^2} \left( u_1 + \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22}} q \cdot e + m_1 \right) = 0$$



és ebből

$$x = \sqrt{\frac{2 g_k \cdot s \cdot N}{n \cdot q} \left( u_1 + \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22}} q \cdot e + m_1 \right)}$$

vagy a mozdonyterhelést százalékban kifejezve :

$$x\% = 100 \sqrt{\frac{2 g_k \cdot s \cdot N}{n \cdot a} \left( u_1 + \frac{B_1 + B_{21}}{B_{22}} q \cdot e + m_1 \right)} \dots \quad (5)$$

A képletből rögtön kiolvasható az a törvényszerűség, hogy annál inkább növelni kell a mozdony terhelését

minél nagyobb a forgalom ( $g_k \cdot N$ , ill.  $g_k \frac{N}{n}$ )

és minél nagyobb a szállítási távolság ( $s$ ),

viszont annál kisebb mozdonyterhelés gazdaságos, minél nagyobb a kocsi-tartózkodás költsége ( $a$ ).

Mivel az átlagos kocsihasználás és áruszállítási távolság ( $g_k$  és  $s$ ), valamint a zárójelben levő kifejezés értéke adott időszakban állandónak tekinthető, az (5) képlete a következő alakban írható fel :

$$x\% = 100 \sqrt{\frac{\alpha \cdot N}{n \cdot a}} \dots \quad (5a)$$

f) Az (5) képletben szereplő állandók értékeként az alábbi tájékoztató összegeket vehetjük számításba :

$g_k$  = a teherkocsi átlagos rakománysúlya = 14 tonna ;

$s$  = az átlagos áruszállítási távolság = 135 km ;

$u_1$  = egy vonat mozdony személyzetének és vonatkísérőinek kilométerteljesítmény szerint alakuló illetményéből 100%-os mozdonyterhelésnél az 1 árutonnakilométerre eső hányad = 0,0055 Ft.

$\frac{B_1 + B_{21}}{B_{22}}$  = a mozdony önfogyasztásának viszonya a szerelvény továbbításához szükséges szénfogyasztáshoz a mozdony 100%-os terhelésénél  $\frac{1}{3}$

$q$  = a mozdony 100%-os terhelésénél a szerelvény továbbításához szükséges szabványszénmennyiségnek 1 árutonnakilométerre eső hányada = 0,1 kg.

$e$  = 1 kg mozdonyon eltűzelt szabványszén és az ezzel elgőzöltetett víz együttes költsége = 0,20 Ft.

$m_1$  = a mozdonyok egyéb üzemi, javítási (időszakos vizsgálati költségek nélkül) és megtérülési költségek 1 árutonnakilométer teljesítményre eső hányada a mozdony 100%-os terhelése esetén = 0,01 Ft.

Ezeket a tájékoztató értékeket behelyettesítve kapjuk, hogy :

$$x^0/0 = 100 \sqrt{\frac{80 \cdot N}{n \cdot a}} \dots \quad (1)$$

ahol

$N$  = a 24 óra alatt egy irányba továbbítandó kocsik száma ;

$n$  = a 100%-osan kiterhelt mozdonyal továbbítható kocsik száma

$a$  = egy napi kocsitartózkodás költsége Ft-ban.

Megjegyezzük, hogy  $N$  és  $n$  értéke természetesen tonnában is kifejezhető.

Ha a képletbe  $\frac{N}{n}$  és » $a$ « értékeit behelyettesítjük, akkor  $x$  kiszámítható.

$\frac{N}{n}$  növekedő értékei — vagyis a teljes terhelésnek megfelelően indítható vonatok számának a növekedése — növeli, viszont » $a$ « értékének növekedése csökkenti » $x$ « értékét.

A  $\frac{N}{n}$  értékét az állomások jó megközelítéssel megtudják állapítani 24 órára előre. Bővebben kell azonban foglalkoznunk az » $a$ « értékének a megállapításával.

Ha egy napi kocsiállás költségét, csak a vasúti költségeket számításba véve, a kocsi egy napra eső megtérülési költségéből, valamint egy napra eső időszakos vizsgálati és nagyjavítási (fővizsgálati) költségéből állapítjuk meg, akkor kéttengelyes kocsinál » $a$ « értéke átlagosan 12 forintot tesz ki.

$$a_1 = 12 - \text{Ft.}$$

Ez az összeg a mozdony terhelésének növelése útján elérhető megtakarításokhoz képest oly kicsi, hogy természetesen igen nagyra adódik a mozdony gazdaságos terhelése. Utalva az A) fejezet c) pontjában foglaltakra, a kiadódó nagy mozdonyterhelésekből a 100%-nál lényegesen nagyobbakat, mint műszakilag meg nem valósíthatókat, a lehetőségek közül ki kell zárunk. Ezt gazdaságilag is indokoltá teszi az, hogy a mozdonyok egységnyi teljesítményre eső szénfogyasztása nagy terheléseknél rohamosan növekszik, amit feltételezéseink szerint a matematikai vizsgálatnál nem vettünk számításba. *Mindenesetre kétségtelenül megállapítható, hogy olyan időszakokban, amikor kocsifelesleg mutatkozik, a vasút szállítási önköltségeinek alakulása szempontjából a mozdonyok lehető legnagyobb kiterhelésére kell törekedni.* Matematikai vizsgálatunknak ez az eredménye igazolja a 2000 tonnás mozgalom célkitűzéseinek helyességét.

Olyan időszakokban, amikor a vasút kocsihiánnyal küzd, a kocsik ácsorogásának az lehet a következménye, hogy emiatt a vasút forgalma csökken,



ezért ilyenkor a Szovjetunióban követett eljárásnak megfelelően a kocsiallás költségéhez hozzá kell számítani a vasútnak az elmaradó forgalomra eső állandó költségeit, mert ezek kisebb forgalomnál is változatlanul megmaradnak. Ennek beszámításával »a« tájékoztató értékét 66 — forintra vehetjük fel:

$$a_2 = 66 - \text{Ft.}$$

Ha ezzel az »a<sub>2</sub>« értékkel számolunk, akkor a mozdonyterhelés általában — eltekintve egészen kis forgalmaktól — még mindig olyan nagy értékben adódik ki, amely műszakilag nem valósítható meg, jelezve hogy a *vasúti költség-alakulás szempontjából még az ilyen csúcsforgalmi időszakokban is jól ki kell terhelni a mozdonyokat.*

Valamely egészen kis forgalmú állomáson csúcsforgalmi időszakban alkalmazandó gazdaságos mozdonyterhelés számszerű százalékos értékének példászerű meghatározása végett tételezzük fel, hogy az egy irányba továbbítandó kocsik száma naponként 10 kocsi és a mozdony 100%-os terhelésnél 75 kocsit képes vontatni. Ekkor

$$x \% = 100 \sqrt{\frac{80 \cdot 10}{75 \cdot 66}} = 40\%.$$

Az »a« értékének megállapításánál mindeddig csak a vasútnál felmerülő költségeket vettük számításba. Célunk azonban az, hogy az egész népgazdaságban szükséges társadalmi munka figyelembevételével állapítsuk meg a leg gazdaságosabb mozdonyterhelést. Vizsgálatunknak ilyen értelmű kiterjesztésénél olyan területre érkezünk, amikor az »a« értékének meghatározása a vasút hatáskörét meghaladja és a kiegészítő »a<sub>3</sub>« rész összegszerű meghatározása kormányzati feladatot képez.

Ilyen értelmezésben ....  $a = a_1 + a_3$ , illetve  $a = a_2 + a_3$ .

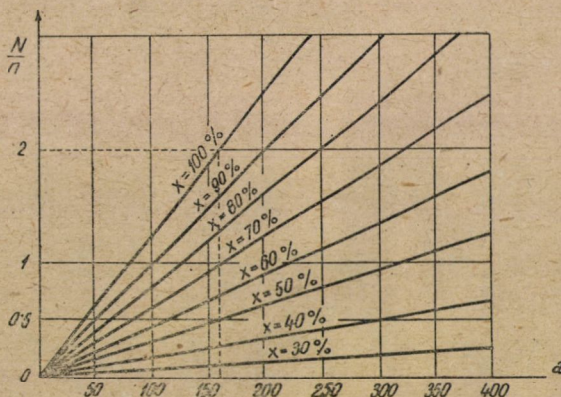
Annak illusztrálására, hogy az »a« értéke a vasúti szempontból maximálisnak tekinthető 66 forintos értéknél népgazdasági vonatkozásban lényegesen nagyobb értéket vehet fel, megemlítjük, hogy elképzelhetők — és tartós kocsihány esetén elő is fordulnának — olyan termelési és szállítási viszonyok, amikor a mezőgazdasági termékek szállítási kapacitás hiánya miatt tönkremennek, értéküket veszítik, vagy például a kőbányák termelését csökkenteni kell, ami a népgazdaság szempontjából feltétlenül káros és veszteséget jelent, stb.

Ezeknek a veszteségeknek az értékelése megközelítően és általánosságban a termékek termelési önköltsége alapján történhetik, mert a termékek termelési önköltsége fejezi ki szocialista gazdaságban a termékek előállítására fordított társadalmi munka mennyiségét. Az esetek nagy részében ez a veszteség azonban független az önköltségtől.

Ismételten hangsúlyozva, hogy az »a« érték vasúton kívüli részének megállapítása további tudományos feladat, vizsgálatunk befejezéseként még nomogrammban fel kell tüntetnünk az  $\frac{N}{n}$  és »a« különböző értékeihez tartozó  $x$  értékeket.

Ennek elvégzése végett az ordináta-tengelyre vigyük fel az  $\frac{N}{n}$ , az abszcissa-tengelyre pedig az »a« különböző értékeit.

Kiszámítva ezeknek az  $x$  különböző állandó értékeihez tartozó adatait, berajzolhatjuk a különböző  $x$  vonalakat, amelyek a koordináta-rendszer kezdő-pontjából kiinduló egyenesek. (Lásd az 1. ábrát).



1. ábra

Az 1. ábrából látható, hogy pl. napi két teljes terhelésű vonatra való elegy esetén 100%-nál kisebb terhelésű tehervonatot csak akkor gazdaságos és indokolt közlekedtetni, ha a fuvarozás késedelme (vagy elmaradása) miatt a vasúton kívül a népgazdaságot tonnánként és naponként

$$\frac{160 - 66}{14} = 6,71$$

forintnál nagyobb veszteség éri. (A nevezőben levő 14 az átlagos rakománysúly tonnában.) Amint látjuk, ez aránylag nem nagy összeg, ezért — különösen csúcsforgalmi időszakban — gyakran van szükség nem teljesen kiterhelt vonatok közlekedtetésére is.

Feltételezve, hogy a vasúti forgalomszabályozás leggazdaságosabb kialakítása végett az »a« figyelembe veendő értéke időszakonként megállapításra kerül, bemutatom azt a nomogrammot is, amely segítségével egyszerűen megállapítható, hogy adott »a« értéknél a vonatindító állomásokon könnyen számí-

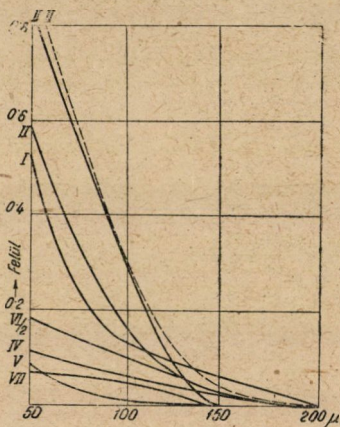


tásba vehető  $N$  értékhez a mozdonyok milyen leggazdaságosabb kiterhelése tartozik (Lásd a 2. ábrát).

Olyan időszakokban, amikor kocsihány nincs, az »a« értéke természetesen lényegesen kisebb összegben állapítható meg, mint kocsihány esetén, mert ilyenkor a termékek elértéktelenedése nem fenyeget. Ilyenkor az »a«-nak vasúton kívüli értékét lényegileg az újratermelés meggyorsításához fűződő anyagi érdekek számításbavételével lehet megállapítani.

\* \* \*

Az ismertetett matematikai eljárással igyekeztem számszerűen rávilágítani a mozdonykihasználás és a kocsiallás összefüggéseire. A vizsgálat eredményeként tisztán láthatjuk, hogy milyen körülmények között indokolt és szükséges a



2. ábra

mozdonyokat többé-kevésbé kiterheletlenül közlekedtetni. Láttuk, hogy különösen kocsihány esetén erre — elsősorban kis forgalmú hálózati részekben — gyakran szükség van. Ezzel szemben azt is kimutattam, hogy általában a mozdonyok minél teljesebb kiterhelésére kell törekedni és pedig nemcsak a vasutak gazdaságosságának a fokozása érdekében, hanem egyetemes népgazdasági szempontból is.

A tehervonatoknál alkalmazandó sebességek megválasztása, valamint annak eldöntése, hogy a teherkocsik gyorsabb továbbítása érdekében mikor és milyen mértékben indokolt csökkentett terhelésű vonatokat közlekedtetni — mint a bemutatott számítások igazolják — meglehetősen bonyolult összefüggések figyelembevételét és elemzését kívánó feladat. Az összefüggések értékei és így az optimális eredményt biztosító intézkedések a vasúti üzemi viszonyok és a népgazdaság termelési viszonyai szerint időszakonként lényegesen változhatnak. E változásokat az üzemi intézkedések csak akkor tudják a legjobb gazdasági eredménnyel követni, ha az üzemvezetés az elméleti, tudományos vizsgálatokra támaszkodik. Ehhez viszont szükséges az, hogy a magyar köz-

lekedés tudományos dolgozói figyelmüket fokozottan ráirányítsák az üzemvitel komplikált kérdéseire. Mindez jól mutatja a tudomány és a gyakorlat egységének fontosságát, azt az alapvető célkitűzést, amelyet a magyar szocialista tudomány — az élenjáró szovjet tudomány példamutatása nyomán — maga elé tűzött.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Előadása első részében az előadó népgazdasági terjedelemben, a szovjet tudományos megállapítások felhasználásával elemezte azokat a tényezőket, amelyeket a tehervonatok menetrendi sebességének kijelölésénél figyelembe kell venni. Ismertette az elemzés alapján kidolgozott műszaki — gazdasági számítási módszerét, amelynek gyakorlati alkalmazásával kimutatta, hogy a tehervonati légfék általános bevezetése után a MÁV-nál a tömegárú szállítást lebonyolító tehervonatok menetrendi sebességét 30 km/óráról gazdaságos 40 km/óra-ra növelni. Kidolgozása alapján a tehervonatok sebességének növelését a MÁV már végre is hajtotta és ezzel népgazdaságunknak jelentékeny segítséget nyújtott. Előadó hangsúlyozta, hogy a tehervonatok sebességének kérdését — a műszaki és gazdasági fejlődést folyamatosan figyelve — a jövőben is dialektikusan kell mérlegelni.

A műszaki fejlettség adott színvonalánál a vasutak teljesítőképességét és gazdaságosságát leginkább a mozdonyok vonóerő kihasználásának mértéke és a teherkocsik holt idejének alakulása határozza meg. E két műszaki — gazdasági mutatószám egyidejű javítása nehézséget okoz, gyakorlatilag az egyik többnyire csak a másik rovására javítható. Előadásának második részében az előadó e két mutatószám összefüggését vizsgálta. Az üzemi viszonyokból kiindulva matematikai eljárással kimutatta, hogy vasútgazdasági szempontból a vonóerő minél teljesebb kihasználása a döntő. Megváltozik azonban a kép kocsihiány esetén. A kocsihiány okozta fuvarozási késedelem népgazdasági károkat okoz, amelyek elkerülése végett csökkenteni kell a kocsik várakozási idejét és emiatt a vonóerő kihasználás mértékét. Az előadó kidolgozta és előadásában ismertette azt a matematikai módszert, amellyel a szállításra felkínált áruk mennyiségének és fajtajának, valamint a kocskapacitásnak függvényében megállapítható a vonóerő kihasználásának az a mértéke, amely a népgazdasági szempontokat optimálisan kielégíti.





# KOMLÓI SZÉN MOSÁSI KÍSÉRLETEI LABORATÓRIUMI HIDROCIKLONNAL

TARJÁN GUSZTÁV lev. tag

Beérkezett 1952. március 18-án.

Az Érc- és szénélőkészítő intézetben végzett, a komlói szénnek hidrociklonnal való mosására irányuló laboratóriumi kísérletek igen jó eredménnyel jártak. Ezekről a kísérletekről számolok be az alábbiakban:

312,5 g 2–0,5 mm szemnagyságú komlói szenet tartalmazó 5000 cm<sup>3</sup> 1,10, 1,15, ill. 1,20 fajsúlyú agyagszuspenziót áramoltattunk az 1. ábra szerint összeállított berendezésben. A hidrociklonba vezető és az elágazó csövek csapjait úgy állítottuk be, hogy a hidrociklon előtt felszerelt manométer 1,2 kg/cm<sup>2</sup> nyomást mutasson. A hidrociklon átmérője 4 cm, beömlő nyílása 5,5 mm  $\varnothing$  volt, alsó (*a*) és felső (*f*) kimőlő nyílásait a kísérlet folyamán változtattuk. (*a* = 6–8 mm, *f* = 10–12–15 mm  $\varnothing$ .) A hidrociklon főbb méretei egyébként a 2. ábrán láthatók.

A stacionárius állapot bekövetkezésekor a hidrociklon alsó és felső kifolyásából egyidejűleg 10–10 másodpercig felfogtuk a zagyot; megmértük a szuszpenzió térfogatát, súlyát, a benne kinyert szén súlyát, fajsúlyát és hamutartalmát, s meghatároztuk a felül kinyert tiszta szén és az alul kinyert meddő különböző fajsúlyú részeinek súly%-át.

Az alább következő 1–4. táblázatok, és a 3–7. ábrák ezeket a mérési eredményeket, ill. az azokból kiszámított adatokat tartalmazzák.

Az 1. táblázat a hidrociklon felső kifolyásában nyert tiszta szénnek és alsó kifolyásában nyert meddőnek a különböző fajsúlyhatárok közé eső súlyszázalékait tartalmazza, a két termék együttes súlyára mint 100%-ra vonatkoztatva. *f* értékeket elosztva *be* értékekkel nyerjük a Tromp-görbék megszerkesztéséhez szükséges adatokat.<sup>1</sup>

A 3. ábrán láthatók az 1. táblázat adataival megszerkesztett Tromp-görbék.

<sup>1</sup> A Tromp-görbe azt mutatja meg, hogy a nyersanyag egy bizonyos — az abszcisszán leolvasható — fajsúlyú részének hány százaléka került a mosott szénbe. Az 50%-os értékhez tartozó fajsúlynál ( $\delta_p$ ) történt meg a mosott szénre és meddőre való szétválasztás: az ennél kisebb fajsúlyú részekből több került a mosott szénbe, az ennél nagyobb fajsúlyú részekből több került a meddőbe. Minél meredekebb a Tromp-görbe, annál tökéletesebb a mosási eljárás: ennek megítélésére alkalmas mérőszám pl. a 25 és 75%-os Tromp-értékekhez tartozó fajsúlykülönbség fele értéke lehet (=E<sub>p</sub>).



I. táblázat

Fajsúly	I/1 f=15 a=6 $\gamma=1,10$				I/2 f=15 a=6 $\gamma=1,15$				I/3 f=15 a=6 $\gamma=1,20$			
	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp
-1,3	17,62	—	17,62	100,0	9,68	—	9,68	100	12,59	—	12,59	100
1,4	41,21	1,28	42,49	97,1	47,20	0,85	48,05	98,2	45,77	0,39	46,16	99,2
1,5	10,43	1,47	11,90	87,8	11,84	0,68	12,52	94,6	12,25	0,29	12,54	97,7
1,6	3,95	1,28	5,23	75,5	5,27	0,90	6,17	85,4	5,65	0,23	5,88	96,1
1,8	2,24	5,77	8,01	28,0	4,84	4,02	8,86	54,5	7,19	2,29	9,48	75,9
2,0	0,15	5,58	5,73	2,6	0,43	4,69	5,12	8,4	0,78	3,57	4,35	17,5
+2,0	—	9,02	9,02	0	0,04	9,56	9,60	0,4	0,07	8,93	9,00	0,7
	75,60	24,40	100,00		79,30	20,70	100,00		84,30	15,70	100,00	

Fajsúly	II/1 f=12 a=6 $\gamma=1,10$				II/2 f=12 a=6 $\gamma=1,15$				II/3 f=12 a=6 $\gamma=1,20$			
	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp
-1,3	14,48	0,72	15,20	95,3	11,62	0,35	11,97	97,3	10,59	—	10,59	100
1,4	36,44	8,87	45,31	80,5	42,74	3,69	46,43	92,0	47,08	3,12	50,20	93,8
1,5	4,04	6,79	10,83	37,3	9,29	3,67	12,96	71,7	8,52	2,68	11,20	76,2
1,6	0,90	4,72	5,62	16,0	2,38	3,64	6,02	39,5	2,08	2,81	4,89	42,7
1,8	0,04	8,99	9,03	0,4	0,27	7,71	7,98	3,4	0,83	7,28	8,11	10,2
2,0	—	4,98	4,98	0	—	4,63	4,63	0	—	4,17	4,17	0
+2,0	—	9,03	9,03	0	—	10,01	10,01	0	—	10,84	10,84	0
	55,90	44,10	100,00		66,30	33,70	100,00		69,10	30,90	100,00	

Fajsúly	III/1 f=10 a=6 $\gamma=1,10$				III/2 f=10 a=6 $\gamma=1,15$				III/3 f=10 a=6 $\gamma=1,20$			
	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp
-1,3	7,40	2,88	10,28	72,0	10,66	2,14	12,80	83,4	8,49	0,28	8,77	96,8
1,4	18,16	32,62	50,78	35,8	36,64	10,49	47,13	77,8	43,60	4,13	47,73	91,4
1,5	0,59	9,14	9,73	6,06	4,24	7,16	11,40	37,2	8,89	7,32	16,21	54,7
1,6	0,05	5,19	5,24	0,95	0,24	5,09	5,33	4,5	0,88	4,05	4,93	17,8
1,8	—	8,46	8,46	0	0,02	9,49	9,51	0,86	0,14	8,52	8,66	0,63
2,0	—	4,91	4,91	0	—	5,02	5,02	0	—	4,56	4,56	0
+2,0	—	10,60	10,60	0	—	8,81	8,81	0	—	9,14	9,14	0
	26,20	73,80	100,00		51,80	48,20	100,00		62,00	38,00	100,00	

Fajsúly	IV/1 f=12 a=8 $\gamma=1,10$				IV/2 f=12 a=8 $\gamma=1,15$				IV/3 f=12 a=8 $\gamma=1,20$			
	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp	f	a	be	Tromp
-1,3	2,59	5,81	8,40	30,9	8,32	2,44	10,76	77,4	8,17	0,33	8,50	96,2
1,4	11,28	37,26	48,53	23,2	32,13	18,28	50,41	63,9	43,26	7,83	51,09	84,7
1,5	0,13	13,52	13,66	1,0	1,25	11,18	12,43	10,0	4,98	8,33	13,31	37,4
1,6	—	5,33	5,33	0	—	5,59	5,59	0	0,19	5,20	5,39	3,5
1,8	—	9,12	9,12	0	—	8,24	8,24	0	—	9,26	9,26	0
2,0	—	4,55	4,55	0	—	3,75	3,75	0	—	3,62	3,62	0
+2,0	—	10,41	10,41	0	—	8,82	8,82	0	—	8,83	8,83	0
	14,00	86,00	100,00		41,70	58,30	100,00		56,60	43,40	100,00	

2. táblázat

	$\gamma$	Szilárd g/mp			Szilárd fajsúly mért			Hámu % mért			v%
		f	a	be	f	a	be	f	a	be	
I f=15 a=6	1 1,10	8,61	2,79	11,40	1,428	1,912	1,547	13,27	54,16	23,28	75,6
	2 1,15	9,41	2,46	11,87	1,440	2,026	1,562	13,01	57,39	21,37	79,3
	3 1,20	8,58	1,60	10,18	1,435	2,160	1,556	13,85	63,64	21,67	84,3
II f=12 a=6	1 1,10	6,14	4,84	10,98	1,361	1,696	1,507	8,18	38,76	21,68	55,9
	2 1,15	7,44	3,79	11,23	1,373	1,833	1,526	9,48	47,61	22,36	66,3
	3 1,20	6,84	3,06	9,90	1,381	1,873	1,533	9,57	48,87	21,70	69,1
III f=10 a=6	1 1,10	2,32	6,55	8,87	1,342	1,548	1,494	5,36	28,43	22,41	26,2
	2 1,15	3,84	3,57	7,41	1,389	1,683	1,529	6,68	35,20	20,47	51,8
	3 1,20	4,40	2,70	7,10	1,412	1,808	1,560	7,89	41,03	20,49	62,0
IV f=12 a=8	1 1,10	1,51	9,26	10,77	1,306	1,562	1,528	4,73	26,08	23,12	14,0
	2 1,15	4,88	6,83	11,71	1,320	1,589	1,475	6,59	32,87	21,93	41,7
	3 1,20	6,05	4,64	10,69	1,334	1,679	1,482	7,32	37,66	20,50	56,6

Zagy fajsúly		Hámu % számfított			Szilárd fa számfított			$\delta_p$	$E_p$	$\delta_{25}$	$\delta_{75}$
f	a	f	a	be	f	a	be				
		9,19	53,42	19,97	1,356	1,910	1,489	1,652	0,077	1,709	1,555
		11,41	57,88	21,03	1,380	1,970	1,500	1,714	0,0905	1,796	1,615
		12,24	62,98	20,17	1,386	2,058	1,490	1,780	0,079	1,864	1,706
1,082	1,374	6,61	37,08	20,07	1,330	1,694	1,489	1,414	0,068	1,503	1,367
1,122	1,502	8,25	45,12	20,70	1,346	1,802	1,498	1,519	0,0795	1,597	1,438
1,126	1,546	8,35	48,95	20,90	1,349	1,850	1,502	1,530	0,0825	1,620	1,455
1,07	1,34	5,64	26,43	20,98	1,320	1,572	1,504	1,312	0,0715	1,386	1,243
1,11	1,46	6,84	34,64	20,27	1,330	1,662	1,490	1,421	0,0585	1,479	1,362
1,16	1,52	8,00	41,19	20,64	1,343	1,744	1,494	1,461	0,0585	1,528	1,411
1,072	1,290	6,00	23,99	21,49	1,323	1,537	1,506	?	?	1,336	?
1,108	1,434	6,13	28,93	19,43	1,324	1,597	1,482	1,380	0,0705	1,421	1,280
1,158	1,486	7,02	36,58	19,89	1,330	1,688	1,484	1,425	0,0525	1,483	1,378

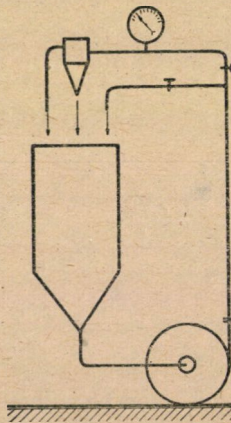
$\delta_c$	$h\%$	$\eta^\circ$	c%	$c_f\%$	b%	$b_f\%$	$v_c\%$	$100 \frac{v}{v_c}$	$\Delta v$	$\Delta v_B$
1,562	3,58	80,60	9,19	8,14	53,42	56,63	79,5	95,1	3,9	11,0
1,658	3,36	79,52	11,41	10,43	57,88	63,02	82,0	96,6	2,7	10,0
1,740	2,20	84,00	12,24	11,70	62,98	66,15	85,7	98,4	1,4	9,0
1,369	6,28	74,54	6,61	4,88	37,08	39,28	66,9	83,6	11,0	73,1
1,450	5,92	73,53	8,25	6,92	45,12	47,65	73,0	90,9	6,7	34,0
1,466	4,79	77,58	8,35	7,21	49,00	51,50	74,65	92,6	5,55	24,4
1,333	5,90	69,52	5,64	2,38	26,43	27,62	59,0	44,5	32,8	96,0
1,381	7,35	70,60	6,84	4,62	34,64	37,08	66,6	77,8	14,8	70,0
1,421	5,98	73,98	8,00	6,85	41,19	43,13	69,4	89,4	7,4	53,5
1,312	6,92	42,53	6,00	1,85	23,99	24,77	56,0	25,0	42,0	100
1,363	7,24	70,30	6,13	3,66	28,93	30,73	63,0	66,3	21,3	80,0
1,387	6,57	73,24	7,09	5,74	36,58	38,34	66,5	85,2	9,9	67,1



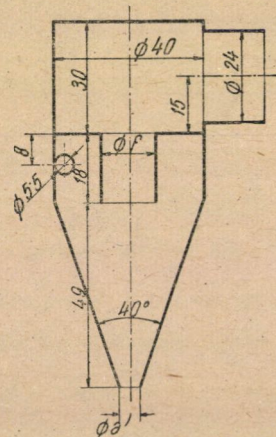
A 2. táblázat  $E_p$ ,  $\delta_p$ ,  $\delta_{25}$  és  $\delta_{75}$ -adatai ezekről vannak lemérve. Egy nyersszénmintát szétfajsúlyozva az alábbi eredményt kapjuk:

Fajsúly	Súly %	$\delta$	Hamu %
-1,3	5,25	1,277	1,56
1,4	44,98	1,335	6,87
1,5	15,06	1,421	17,34
1,6	8,12	1,540	26,71
1,8	9,44	1,644	39,64
2,0	5,46	1,882	56,34
+2,0	11,69	2,307	76,52
	100,00	1,536	23,70

Ha a kísérleteknél nyert termékek bizonyos fajsúlyhatárok közé eső részének átlagos fajsúlyát és hamutartalmát a nyersszén megfelelő részének átl. fajsúlyával és hamutartalmával azonosnak tételezzük fel, kapjuk a 2. táblázat »számított fajsúly« és »számított hamutartalom« rovatait, illetőleg a 3. táblázatot.



1. ábra



2. ábra

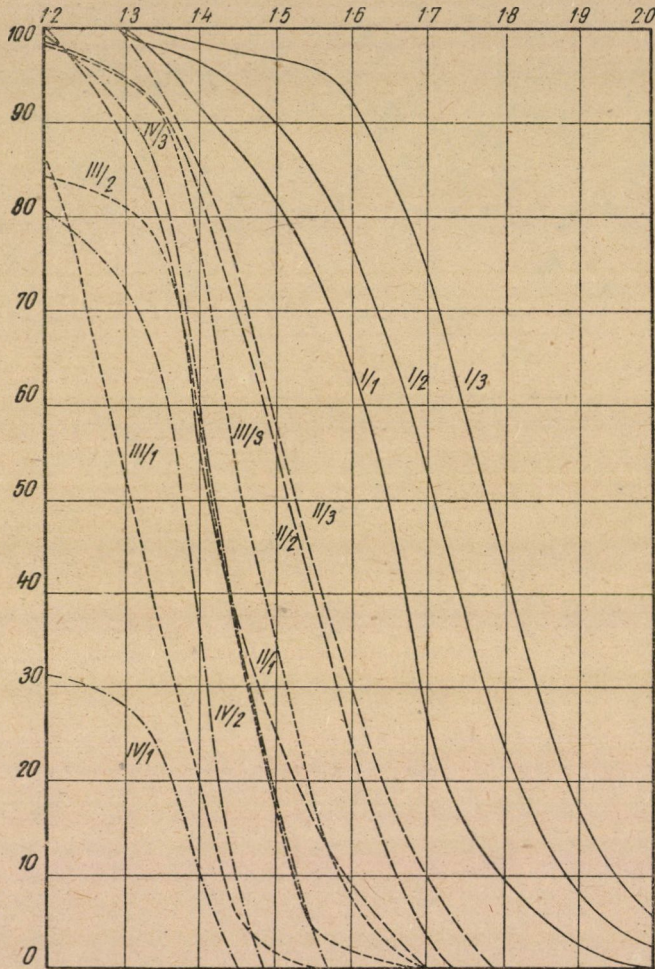
A 2. táblázat »mért« és »számított« fajsúly- és hamutartalom-adatai között kisebb-nagyobb szórás állapítható meg. Ennek oka az, hogy a kísérletek termékeinek egy bizonyos fajsúlyhatárok közé eső része kissé más átlagos fajsúlyú és hamutartalmú lehet mint a nyersszén megfelelő része. (Pl az I/1. kísérlet anyagának 1,3-nál kisebb fajsúlyú része — közvetlen mérés szerint —

3. táblázat

Fsz.	I/1			I/2			I/3		
	v%	c%	b%	v%	c%	b%	v%	c%	b%
-1,3	17,62	1,56	23,94	9,68	1,56	23,17	12,59	1,56	22,94
1,4	60,11	5,32	42,03	57,73	6,00	41,53	58,75	5,75	40,92
1,5	72,01	7,31	52,52	70,25	8,01	51,85	71,29	7,79	51,10
1,6	77,24	8,62	58,5	76,42	9,54	58,40	77,17	9,22	57,46
1,8	85,25	11,52	68,7	85,28	12,69	69,60	86,65	12,58	70,02
2,0	90,98	14,38	76,52	90,40	15,17	76,52	91,00	14,68	76,52
+2,0	100,00	19,97		100,00	21,04		100,00	20,23	
Fsz.	II/1			II/2			II/3		
	v%	c%	b%	v%	c%	b%	v%	c%	b%
-1,3	15,20	1,56	23,36	11,97	1,56	23,30	10,59	1,56	23,04
1,4	60,51	5,54	42,2	58,40	5,79	41,54	60,79	5,96	43,65
1,5	71,34	7,33	51,65	71,36	7,89	52,58	71,99	7,73	54,17
1,6	76,96	8,75	57,69	77,38	9,35	58,97	76,88	8,94	60,05
1,8	85,99	12,01	69,45	85,36	12,20	70,01	84,99	11,89	71,03
2,0	90,97	14,44	76,52	89,99	14,49	76,52	89,16	13,97	76,52
+2,0	100,00	20,03		100,00	20,66		100,00	20,74	
Fsz.	III/1			III/2			III/3		
	v%	c%	b%	v%	c%	b%	v%	c%	b%
-1,3	10,28	1,56	23,22	12,80	1,56	22,94	8,77	1,56	22,41
1,4	61,06	5,98	44,50	59,93	5,75	41,09	56,50	6,05	39,44
1,5	70,79	7,53	53,52	71,33	7,61	51,94	72,71	8,56	52,50
1,6	76,03	8,85	59,45	76,66	8,93	57,15	77,64	9,71	58,25
1,8	84,49	11,97	70,15	86,17	12,32	69,38	86,30	12,75	69,98
2,0	89,40	14,40	76,52	91,19	14,77	76,52	90,86	14,93	76,52
+2,0	100,00	20,97		100,00	20,20		100,00	20,55	
Fsz.	IV/1			IV/2			IV/3		
	v%	c%	b%	v%	c%	b%	v%	c%	b%
-1,3	8,40	1,46	23,27	10,76	1,56	21,59	8,50	1,56	21,58
1,4	56,93	6,10	41,64	61,17	5,94	40,62	59,59	6,13	40,15
1,5	70,59	8,26	53,00	73,60	7,85	51,65	72,90	8,18	51,42
1,6	75,92	9,57	58,80	79,19	9,19	58,46	78,29	9,45	57,50
1,8	85,04	12,80	70,56	87,43	12,09	70,65	87,55	12,66	70,60
2,0	89,59	15,02	76,52	91,18	13,90	76,52	91,17	14,39	76,52
+2,0	100,00	21,42		100,00	19,42		100,00	19,87	



1,29 fajsúlyú volt a nyersszénminta 1,277 fajsúlyával szemben ; vagy ugyan-ezen kísérlet +2,0 fajsúlyú részének átl. fajsúlyá 2,333 volt a nyersszénminta 2,307 fajsúlyával szemben. Vagy pl. a IV/1. kísérlet felül kinyert termékében az 1,3-nál kisebb fajsúlyú résznek 1,264 volt az átl. fajsúlyá, az alul kinyert



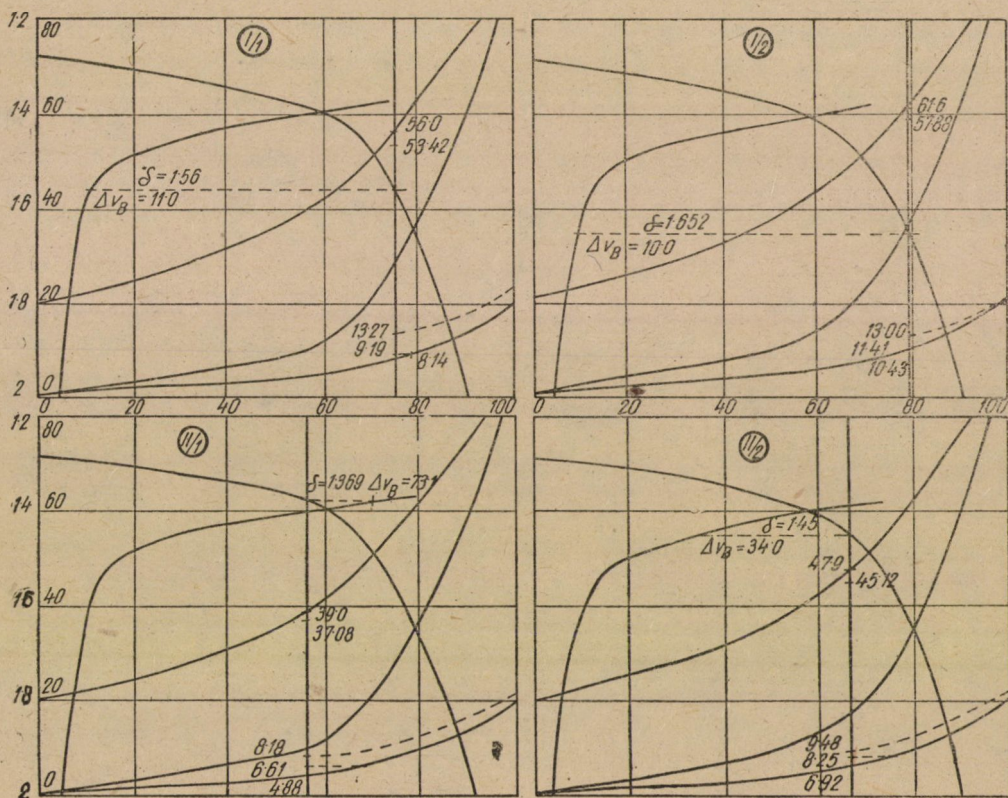
3. ábra

termék +2,0 fajsúlyú részének pedig 2,395-re mértük az átlagos fajsúlyát.) A »számított« fajsúlyok és hamutartalmak általában valamivel kisebbek mint a közvetlenül mért megfelelő adatok, de a fordított esettel is találkozunk a táblázatban.

A 3. táblázat adataiból vannak megszerkesztve a 4., 5. és 6. ábrák. A 4. ábrán négy taláalomra kiragadott kísérlet mosási görbéit látjuk : az alapgörbét,



a mosott szén és meddő átl. hamutartalmának a görbéit, a fajsúlygörbét és a  $\pm 0,1$  fajsúlykülönbséghez tartozó — (Bird-féle) —  $\Delta v_B$ -görbét. Az utóbbi arról ad felvilágosítást, hogy a különböző fajsúlyoknál a mosott szénre és meddőre való szétválasztás könnyen vagy nehezen végezhető-e el, vagyis a kérdéses fajsúlynál a szén könnyen vagy nehezen mosható-e? Minél nagyobb  $\Delta v_B$  abszcissza-érték tartozik valamely fajsúlyhoz, annál nagyobb a szándékolt szétválasztás



4. ábra

fajsúlyához közeleső fajsúlyú részek mennyisége a nyersszénben, és annál nehezebb a szénmosás. A Bird-féle kategorizálás szerint  $\Delta v_B < 7$  esetén a szén könnyen mosható, s bármilyen eljárással jó eredményt várhatunk.

$\Delta v_B = 7-10$  között közepesen,  $10-15$  között nehezen,  $15$  felett igen nehezen mosható a szén; ez utóbbi esetben Bird már az ülepítést alkalmatlannak tartja a mosásra, hanem valamely nehézsuszpenziós eljárást ajánl.

Általában: minél kisebb a súlykihozatal, vagyis minél kisebb a szétválasztás fajsúlya, annál nagyobb a  $\Delta v_B$ -érték: annál nehezebb a szénmosás. A 4. ábrán szereplő kísérleteknél a hidrociklonnal elért  $55,9-79,3$  között



4. táblázat

Fsz.	I/1			I/2			I/3			II/1		
	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers
-1,3	17,62	75,60	17,62	9,68	79,30	9,68	12,59	84,30	12,59	14,48	56,62	15,20
1,4	58,83	76,88	60,11	56,88	80,15	57,73	58,36	84,69	58,75	50,92	65,49	60,51
1,5	69,26	78,35	72,01	68,72	80,83	70,25	70,61	84,98	71,29	54,96	72,28	71,34
1,6	73,21	79,63	77,24	73,99	81,73	76,42	76,26	85,21	77,17	55,86	77,00	76,96
1,8	75,45	85,40	85,25	78,83	85,75	85,28	83,45	87,50	86,65	55,90	85,99	85,99
2,0	75,60	90,98	90,98	79,26	90,44	90,44	84,23	91,07	91,00	55,90	90,97	90,97
+2,0	75,60	100,0	100,0	79,30	100,0	100,0	84,30	100,0	100,0	55,90	100,0	100,0

Fsz.	II/2.			II/3			III/1			III/2		
	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers
-1,3	11,62	66,65	11,97	10,59	69,10	10,59	7,40	29,08	10,28	10,66	53,94	12,80
1,4	54,36	70,34	58,40	57,67	72,22	60,79	25,56	61,70	61,06	47,30	64,43	59,93
1,5	63,65	74,01	71,36	66,19	74,90	71,99	26,15	70,84	70,79	51,54	71,59	71,33
1,6	66,03	77,65	77,38	68,27	77,71	76,88	26,20	76,03	76,03	51,78	76,68	76,66
1,8	66,30	85,36	85,36	69,10	84,99	84,99	26,20	84,49	84,49	51,80	86,17	86,17
2,0	66,30	89,99	89,99	69,10	89,16	89,16	26,20	89,40	89,40	51,80	91,19	91,19
+2,0	66,30	100,0	100,0	69,10	100,0	100,0	26,20	100,0	100,0	51,80	100,0	100,0

Fsz.	III/3			IV/1			IV/2			IV/3		
	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers	Szén	Meddő	Nyers
-1,3	8,49	62,28	8,77	2,59	19,81	8,40	8,32	44,14	10,76	8,17	56,93	8,50
1,4	52,09	66,41	56,50	13,87	57,07	56,93	40,45	62,42	61,17	51,43	64,76	59,59
1,5	60,98	73,73	72,71	14,00	70,59	70,59	41,70	73,60	73,60	56,41	73,03	72,90
1,6	61,86	77,78	77,64	14,00	75,92	75,92	41,70	79,19	79,19	56,60	78,29	78,29
1,8	62,00	86,30	86,30	14,00	85,04	85,04	41,70	87,43	87,43	56,60	87,55	87,55
2,0	62,00	90,86	90,86	14,00	89,59	89,59	41,70	91,18	91,18	56,60	91,17	91,17
+2,0	62,00	100,0	100,0	14,00	100,0	100,0	41,70	100,0	100,0	56,60	100,0	100,0

változó súlykihozatalokhoz 1,369—1,652 között változó fajszámok és 73,1—10,0 között változó  $\Delta v_B$ -értékek tartoznak. A mosási görbéről leolvasható *c*- és *b*-hamuértékek az elméletileg tökéletes szénmosás esetén nyerhető értékek. A tényleg elért (számított) *c*- és *b*-értékek is fel vannak tüntetve a diagrammákon. A mosott szénre a közvetlen mérés útján nyert hamu is be van jelölve, ez azonban nem alkalmas az elméleti értékkel való közvetlen összehasonlításra, mert más a hozzátartozó nyersszénhamutartalom. (Szaggatott vonal jelzi a közvetlen mérés *c*-görbéjét.)

## 5. táblázat

XVIII. kísérlet: 8—0,5 mm-es komló szén ülepítése.

Fa.	Termék					Elméleti				Tromp		
	1-6.	7.	8.	9-10.	Összes	Hamu%	v%	c%	b%	6/7	7/8	8/9
-1,36	55,89	5,53	—	—	61,42	4,36	61,42	4,36	27,80	91,0	100	100
1,45	13,31	3,55	0,78	—	17,64	13,17	79,06	6,21	40,48	75,4	95,6	100
1,53	5,67	5,05	0,40	0,60	11,72	26,20	90,78	8,80	58,60	48,5	91,5	94,9
1,66	—	—	1,27	0,34	1,61	33,91	92,39	9,24	63,96	0	0	78,9
1,84	—	—	1,96	0,85	2,81	50,50	95,20	10,44	71,69	0	0	69,8
+1,84	—	—	—	4,80	4,80	71,69	100,0	13,39		0	0	0
<b>Összes</b>	<b>74,87</b>	<b>14,13</b>	<b>4,41</b>	<b>6,59</b>	<b>100,0</b>	<b>13,37</b>						

v%	Számított			Mért		
	Hamu%	c%	b%	Hamu%	c%	b%
74,87	7,58	7,58	30,67	7,51	7,51	31,74
89,00	14,38	8,65	51,52	15,50	8,78	52,48
93,41	34,82	9,89	62,95	38,35	10,17	62,07
100,00	62,95	13,39		62,03	13,59	

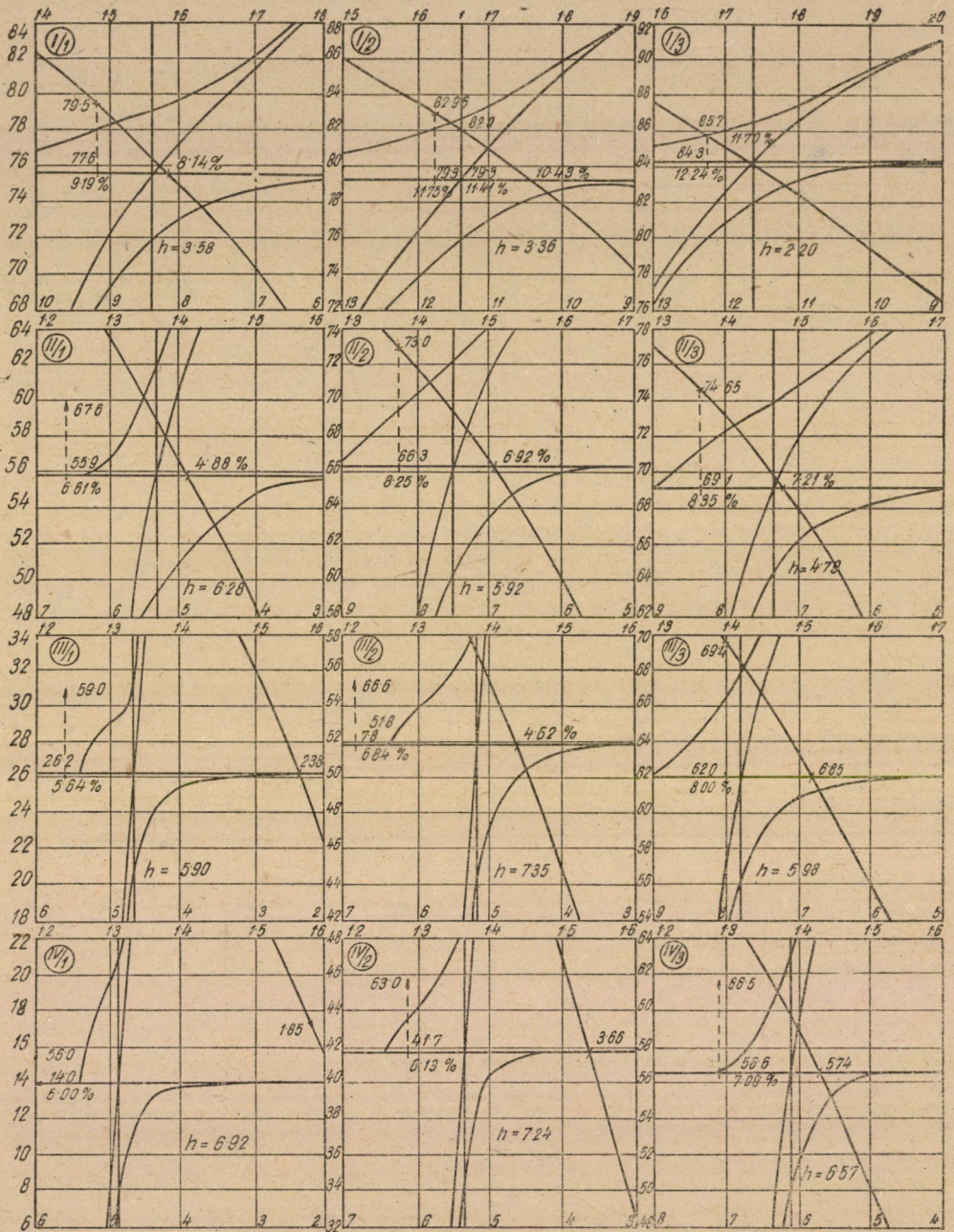
## 6. táblázat

XX. kísérlet: 15—3,5 mm-es komló szén ülepítése

Fa.	Termék							Hamu %	Elméleti		
	1+2	3.	4.	5.	6.	7.	Összes		v%	c%	b%
-1,295	16,35	3,27	5,44	1,57	0,42	—	27,05	3,80	27,05	3,80	24,25
1,408	13,42	4,41	9,71	6,53	3,78	—	37,85	10,12	64,90	7,50	39,50
1,510	1,29	1,15	2,19	2,87	4,03	0,73	12,26	20,27	77,16	9,51	49,68
1,612	0,26	1,10	0,66	0,49	4,08	0,56	7,15	32,80	84,31	11,50	57,5
+1,612	—	—	—	0,11	4,68	10,90	15,69	57,5	100,00	18,71	
<b>Összes</b>	<b>31,32</b>	<b>9,93</b>	<b>18,00</b>	<b>11,57</b>	<b>16,99</b>	<b>12,19</b>	<b>100,0</b>	<b>18,71</b>			

Tromp					v%	Számított			Mért		
2/3	3/4	4/5	5/6	6/7		Hamu%	c%	b%	Hamu%	c%	b%
60,5	72,5	92,6	98,5	100	31,32	7,44	7,44	23,85	8,32	8,32	24,13
35,4	47,05	72,8	90,0	100	41,25	11,73	8,47	25,88	11,27	9,03	26,28
10,53	19,9	37,7	61,15	96,5	59,25	10,29	9,01	32,79	10,23	9,40	33,40
3,64	19,0	28,25	25,15	92,1	70,82	13,20	9,71	40,57	11,82	9,65	42,40
0	0	0	0,70	36,9	87,81	30,84	13,80	54,03	29,08	13,41	60,85
					100,00	54,03	18,71		60,85	19,19	





5. ábra

Az 1. táblázat  $f$  és  $a$  súly%-értékeit folyamatosan összegezve, ill. a  $be$ -értékeket összegezve nyerjük a 4. táblázat megfelelő értékeit. Ezekből vannak megszerkesztve az 5. ábrának jobbra felfelé haladó görbéi: a mosott szénnek, meddőnek és nyersszénnek kumulatív súlyszázalékát a fajsúly függvényében ábrázoló görbék, amelyek meghatározzák a Heidenreich-féle hibaháromszögeket, ill. a »hibás« szemek mennyiségét. Ahol a nyersszén görbéje a kísérleteknél adódó súlykihozatal vonalát metszi, ott kapjuk  $\delta_c$  fajsúly-értéket. Tökéletes előkészítés esetén  $e$  fajsúlynál kisebb fajsúlyú szemek a mosott szénbe,  $e$  fajsúlynál nagyobb fajsúlyú szemek a meddőbe kerültek volna a kísérletnél adódó súlykihozatal mellett. A valóságban kisebb fajsúlyú szemek is kerültek a meddőbe és nagyobb fajsúlyú szemek a mosott szénbe. A hibás szemek mennyisége éppen  $\delta_c$ -értéknél a legnagyobb ( $h$ ). A diagrammákban jobbra lefelé haladó görbe a mosottszén átl. hamutartalmának ( $c$ -görbének) egy részlete. Ahol ez a súlykihozatali vonalát metszi, ott olvashatjuk le az elméletileg tökéletes szénmosás mosott szénének a hamutartalmát ( $c_t$ ); be van jelölve a tényleg elért hamutartalom is ( $c$ ).

A görbéről leolvasott  $\delta_c$ ,  $h\%$ ,  $c\%$  és  $c_t\%$  értékek a 2.<sup>1</sup> táblázatban is megtalálhatók. A 2. táblázat  $b$  és  $b_t$  értékei a ténylegesen elért és az elméletileg tökéletes szénmosás meddőjének átlagos hamutartalmát jelentik. A nyersszén átlagos hamutartalmának ( $a\%$ ), a mosott szén hamutartalmának ( $c\%$ ) és a súlykihozatalnak ( $v\%$ ) ismeretében a  $b$ -értékek számítás útján nyerhetők:

$$b = \frac{100a - vc}{100 - v} \text{ ill. } b_t = \frac{100a - vc_t}{100 - v} \% \text{ (A } v \text{ súlykihozatalt a 2. táblázat } g/mp \text{ értékeinek a megfelelő } be \text{ g/mp értékekkel való osztása útján nyerjük.)}$$

A 2. táblázat  $\eta$  értékei az  $\eta = \frac{v(100 - v) - 100h}{v(100 - v)}$  képletből nyertek;  $\eta$

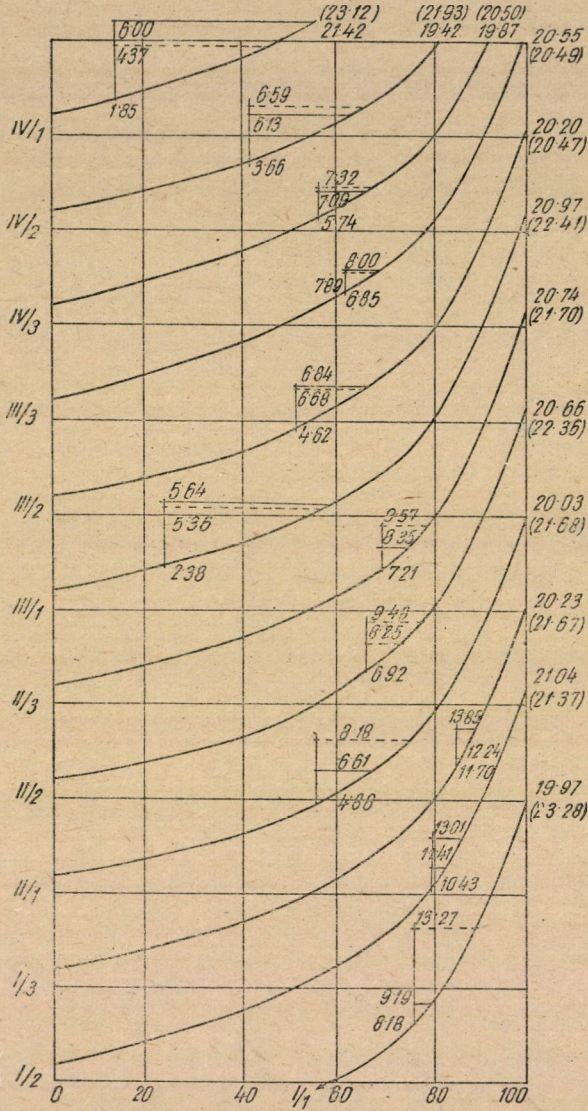
a mosási eredmény jóságának a megítélésére alkalmas mérőszám.<sup>1</sup>

A 6. ábrán az egyes kísérletek mosott szénének  $c$ -görbéi együtt láthatók. Be vannak jelölve a kérdéses kísérlethez tartozó súlykihozatalnál adódó elméleti, valamint a ténylegesen elért számított, ill. közvetlen mérés szolgáltatott  $c$ -értékek is. A 100% súlykihozatalhoz tartozó  $c$ -értékek a nyersszén átlagos hamutartalmát adják, zárójelben a közvetlen méréssel kapott nyersszén-hamutartalmak is fel vannak tüntetve. A ténylegesen elért mosottszén-hamutartalmak az elméleti  $c$ -görbén nagyobb súlykihozatalnál jelentkeznek: ezek az ábráról leolvasható  $v_c$  súlykihozatal-értékek is szerepelnek a 2. táblázatban. Az egy bizonyos ( $c$ ) mosottszén-hamutartalomhoz tartozó tényleges ( $v$ ) és elméleti ( $v_c$ ) súlykihozatalok hányadosa  $\left(\frac{v}{v_c}\right)$  vagy különbsége ( $\Delta v = v_c - v$ ) is mérőszáma a szénmosás eredményességének. Ezek az értékek is megtalálhatók a 2. táblázatban.

<sup>1</sup> Tarján G.: A szénmosás várható eredményének kiszámítása a mosási görbékkel, a Tromp-féle megoszlási görbe segítségével. Bányászati Lapok 1951., 571—585. lap.



A 7. ábra az egyes kísérletek nyersszénének fajsúly-görbáját tünteti fel, az elért  $v$  súlykihozatalokhoz tartozó  $\delta_c$ - és — a görbéről lemérhető —  $\pm 0,1$

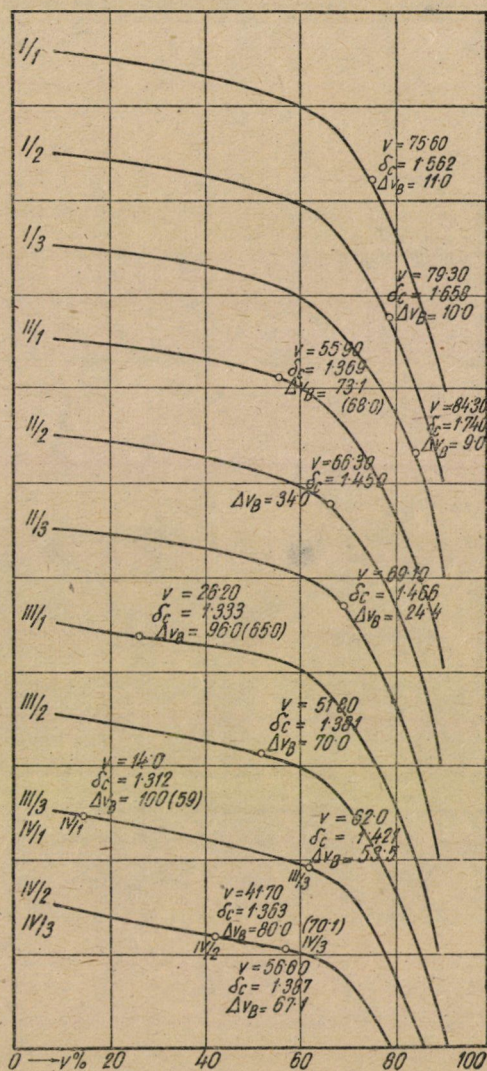


6. ábra

fajsúlykülönbséghez tartozó  $\Delta v_B$ -értékekkel. Egyes helyeken zárójelben egy második  $\Delta v_B$ -érték is szerepel; ezeknél a kísérleteknél a 0,1 értékkel csökkentett fajsúly vonala nem metszi a görbét. A zárójeles  $\Delta v_B$ -értékek a  $v = 0$  súlykihozattól vannak mérve, a nem zárójeles értékek a görbéknek a  $v = 0$



vonalán túl történt extrapolálása útján nyertettek. Ezek az utóbbi értékek szerepelnek a 2. táblázatban.



7. ábra

Hogy a hidrociklonnal elért eredmény jóságát helyesen tudjuk értékelni, a következőkben komlói szénrel végzett két laboratóriumi ülepítési kísérlet eredményét ismertetem. Az egyik (XVIII. jelű) kísérletnél 8—0,5 mm-es komlói szenet kétszakaszos ülepítőgépen, kvarcággal ülepítettem, a másik (XX. jelű) kísérletnél 15—3,5 mm-es szenet ülepítettem, ugyancsak kétszakaszos ülepítő-



7. táblázat

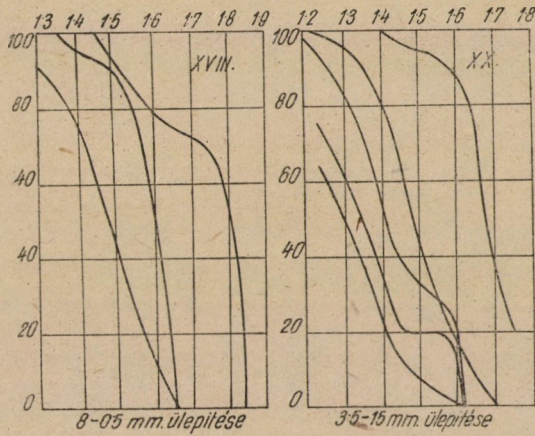
	$\delta_p$	$\delta_{25}-\delta_{75}$	$E_p$	$\delta_c$	v%	$\zeta_t$	$\zeta_{szám.}$	$\zeta_{mért.}$
XVIII	1,49	1,56 —1,41	0,075	1,428	74,87	5,66	7,58	7,51
	1,60	1,635—1,56	0,038	1,51	89,00	8,28	8,65	8,78
	1,81	1,835—1,65	0,092	1,76	93,41	9,72	9,89	10,17
					100,00	13,39	13,39	13,59
XX	1,30	1,39 —1,19	0,10	1,31	31,32	4,17	7,44	8,32
	1,35	1,435—1,235	0,10	1,325	41,25	4,98	8,47	9,03
	1,41	1,585—1,345	0,12	1,382	59,25	6,84	9,01	9,40
	1,49	1,553—1,42	0,067	1,45	70,82	8,38	9,71	9,65
	1,68	1,73 —1,65	0,040	1,665	87,81	12,71	13,80	13,41
					100,00	18,71	18,71	19,19

$b_t$	$b_{szám.}$	$b_{mért.}$	$\Delta v_B$	$v_c\%$	$100 \frac{v}{v_c}$	$\Delta v$	h%	$\eta\%$
36,4	30,8	31,7	37,3	86,1	86,9	11,2	8,2	56,5
54,8	51,7	52,5	20,7	90,3	98,6	1,3	1,5	84,7
64,3	62,0	61,2	3,3	94,0	99,4	0,6	0,8	87,0
				100,0	100,0	0		
25,3	23,8	24,1	80	65	48,2	33,7	11,8	45,15
28,4	25,9	26,3	79	71,5	57,7	30,3	11,8	51,4
36,0	32,8	33,4	51	74	80,1	24,7	10,0	58,65
43,8	40,5	42,4	30	78	90,8	7,2	6,0	70,95
62,1	54,1	60,9	12	90,2	97,4	2,4	2,4	77,55
				100,0	100,0	0		

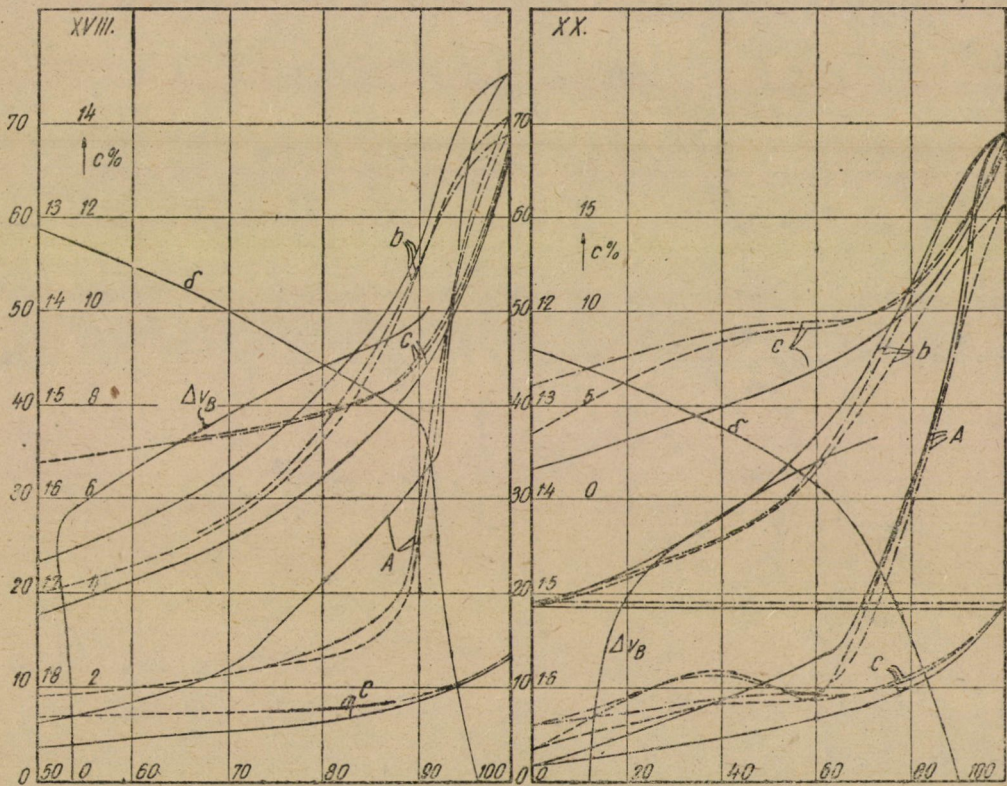
gépen. Az elért eredményeket az 5—7. táblázatokban, ill. a 8—10. ábrákon láthatjuk.

Az 5. és 6. táblázatok »Tromp«-értékeiből vannak a 8. ábra Tromp-görbéi megrajzolva. Az 5. és 6. táblázatok elméleti értékeit a 9. ábra teljes vonallal kihúzott mosási görbéi, a tényleges számított értékeket a szaggatott vonallal kihúzott görbék és a tényleges mért értékeket a pont-vonalkázással kihúzott görbék ábrázolják. A 10. ábra diagrammjai az 5. ábra diagrammjaival azonos felépítésűek. A 7. táblázat a hidrociklonos kísérletek 2. táblázatában szereplő, az elért eredmény jóságának megítélésére alkalmas adatokat tartalmazza.

A Tromp-görbék olyan módon való egymásra rajzolásakor, hogy az egyes görbék  $\delta_p$ -értékei egybeessenek, vagyis mindegyik görbe 50%-os Tromp-értéke közös pontra essék, jól kiderül, hogy az ülepítőgép Tromp-görbéi között vannak meredekebbek is és laposabbak is a hidrociklon Tromp-görbéinél. Ez

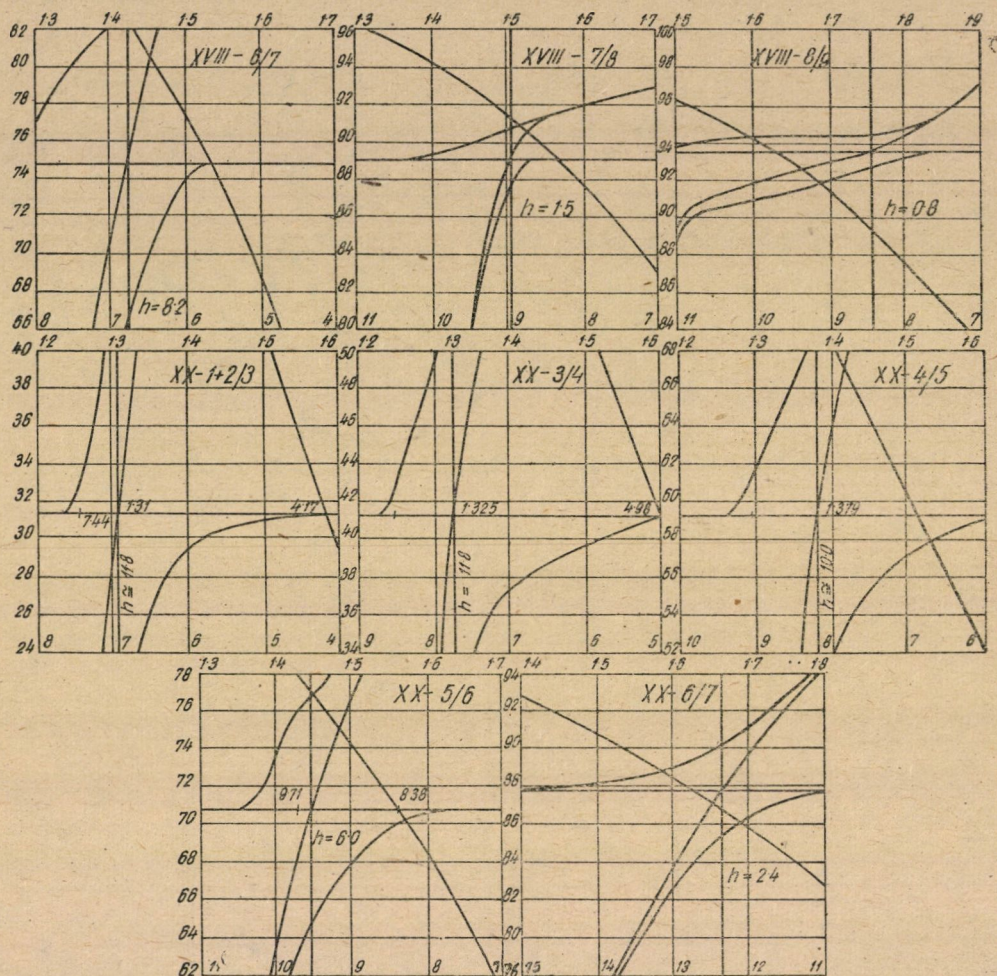


8. ábra



9. ábra





10. ábra

egyébként az  $E_p$ -értékek összehasonlításából is következtethető: az ülepítő-gépes kísérletek  $E_p$ -értékei között a hidrociklonos kísérletek  $E_p$ -értékeinél kisebbek is és nagyobbak is vannak.

Valamennyi hidrociklonos kísérlet  $E_p$ -értékeinek számtani közepese 0,0715, a XVIII. ülepítési kísérleté 0,0684, a XX. ülepítési kísérleté 0,0855; — az ülepítési kísérleteké együttesen 0,0790. A »szórás« az ülepítési kísérletek  $E_p$ -értékeinél a nagyobb: a hidrociklon közepes  $E_p = 0,0715$  értékének »középhibája« ( $= \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n-1}}$ )  $\pm 0,0116$ , az ülepítőgép közepes  $E_p = 0,0790$  értékének középhibája  $\pm 0,0295$ . Maguknak a Tromp-görbéknek a lefutása is kevésbé

»szabályos« az ülepítőgépes kísérleteknél, s a legtöbb ülepítési görbének a 25—75% határon kívüleső szakasza hol a kis, hol a nagy fajsúlyok területén erősen torzult. Ennek a görbeszakasznak azonban az  $E_p$  nagyságára már nincsen befolyása, úgyhogy az ilyen görbéknel az  $E_p$ -érték alapján való ítélkezés a valószínű helyzetnél kedvezőbb eredményre vezet.

A Colliery Engineering 1950 augusztusi számában különböző üzemi mosóberendezések  $E_p$ -értékére vonatkozó összeállítás található, ú. m.:

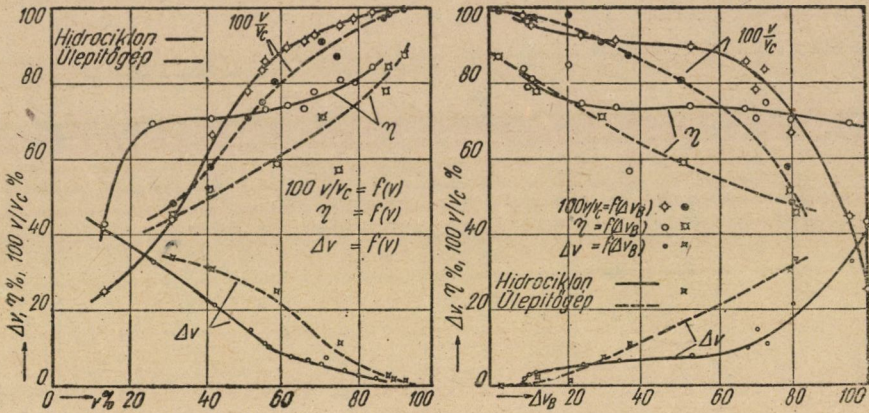
Mosóberendezés	mm	$\delta_p$	$E_p$
Nehézsuszpenzió ....	+6,7	1,56	0,011
« .....	30—10	1,50	0,031
Hidrociklon .....	1,17—0,42	1,63	0,042
« .....	2,36—0,074	1,74	0,024
Ülepítőgép .....	80—33	1,45	0,057
« .....	33 —6,7	1,70	0,130
« .....	33—0	1,63	0,088
« .....	80—0	1,53	0,103
« .....	26—0	1,72	0,130
Rheocsatorna .....	107—8	1,63	0,096
« .....	8—0	1,70	0,294
Nedves szér .....	6,7—0	1,70	0,103
Hydrotator.....	18—0,6	1,83	0,099
Légszér .....	13—6,7	1,68	0,131
« .....	6,7—4,7	1,76	0,255
Flotálás.....	1,6—0	1,57	0,127
« .....	1,6—0	1,69	0,234
Humphrey-spirális ...	2,4—0	2,04	0,367

Látható e táblázatból, hogy az üzemi hidrociklonok  $E_p$ -értéke a nehézsuszpenziós eljárásokéval azonos nagyságrendű és sokkal jobb, mint a laboratóriumi kísérleteinknél használt kis hidrociklon  $E_p$ -értéke.

A táblázatban szereplő öt üzemi ülepítőgép közepes  $E_p$ -értéke 0,1016, s ez átlagos érték középhibája  $\pm 0,0308$ . (A táblázat ülepítőgépei különböző szemnagyságú szenet dolgoznak fel, úgyhogy tulajdonképpen nem jogosult ezek  $E_p$ -értékeiből számtani közepezt, ill. átlagot képezni.) A laboratóriumi ülepítőgépünk átlagos  $E_p$ -értéke jobb ennél az üzemi átlagértéknél.

Kísérleteinknél tehát az üzemi mosóberendezésekhez képest a hidrociklonnal rosszabb, az ülepítéssel jobb eredményt értünk el; az  $E_p$ -értékek, ill. Tromp-görbék összevetéséből levonható következtetés azonban — ha kevésbé





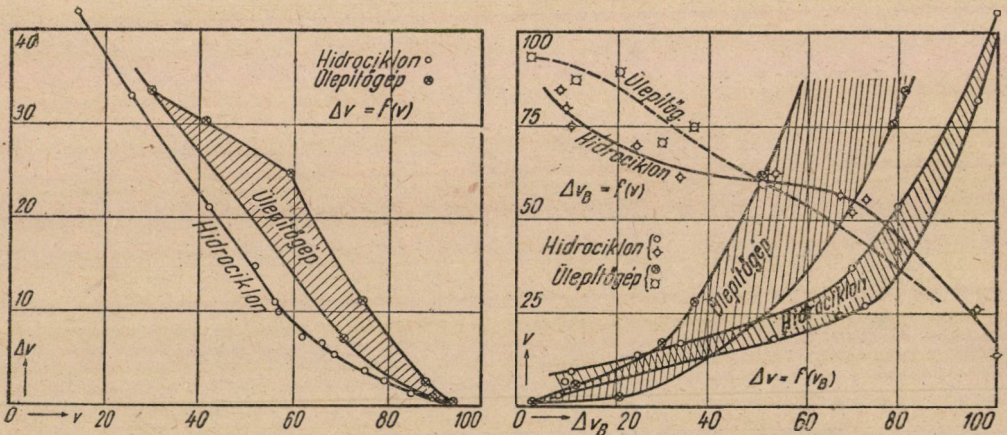
11. ábra

élesen is mint az üzemi adatoké — arra mutat, hogy a hidrociklonnal tökéletesebb szénmosási eredmény érhető el mint az üleptítőgéppel!

Ugyanez a megállapítás vonható le a 2. és 7. táblázatok összetartozó értékeiből megrajzolt 11–15. ábrák tanulmányozásából is.

A 11. ábrán a szénmosás jóságának megítélésére alkalmas  $100v/v_c \%$ , és  $\Delta v = v_c - v$  értékek változása van egyrészt a  $v$  súlykihozatal, másrészt a a  $\Delta v_B (= \pm 0,1$  fajsúlykülönbséghez tartozó súly%) függvényében ábrázolva. Mindháromra kedvezőbbek a hidrociklon esetében az értékek. Csupán a kis  $\Delta v_B$ -hez (tehát nagy  $v_c$ -hez, azaz nagy hamutartalmú mosott szénhez) tartozó  $v/v_c$ , ill.  $\Delta v$ -értékek kedvezőbbek egy árnyalattal az üleptítőgépnél mint a hidrociklonnál.

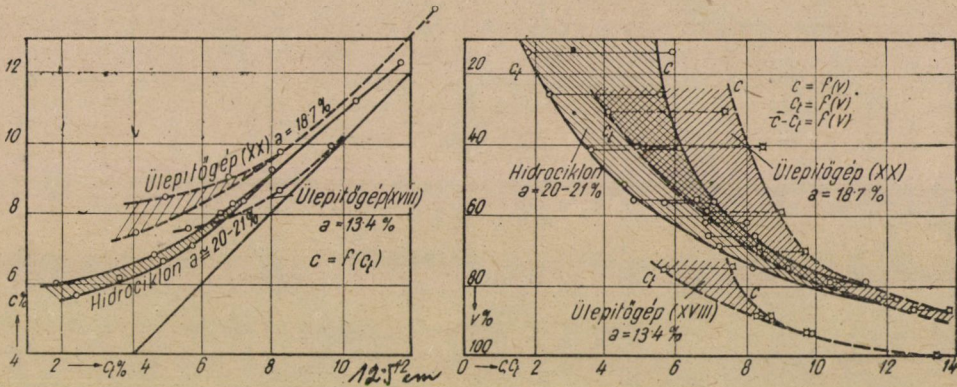
A 12. ábrán ismét — a 11. ábrán is szereplő —  $\Delta v = f(v)$ , ill.  $v = f(\Delta v_B)$  értékeket látjuk nagyobb léptékben ábrázolva és a jelentkező szórást a



12. ábra



»súlyvonal« helyett területsávval jelezve. A jobboldali ábrán a  $\Delta v_B = f(v)$  görbék is fel vannak tüntetve. Kb. 60% súlykihozatalnál mindkét esetben egyforma nagy (kb. 50%) a  $\Delta v_B$ -érték; a kisebb súlykihozataloknál az ülepítőgéppel feldolgozott nyersszén  $\Delta v_B$ -értékei a kisebbek, a nagyobb súlykihozataloknál a hidrociklon nyersanyagának  $\Delta v_B$ -értékei a kisebbek. 60%-nál kisebb súlykihozataloknál tehát az ülepítőgépes kísérletek nyersszene a viszonylag könnyebben mosható, 60%-nál nagyobb súlykihozataloknál a hidrociklonos kísérletek nyersszene volt a viszonylag könnyebben mosható. S mégis a kis  $\Delta v_B$ -értékeknél, tehát nagy  $v$ -értékeknél kisebbek (vagy legalább is azonos

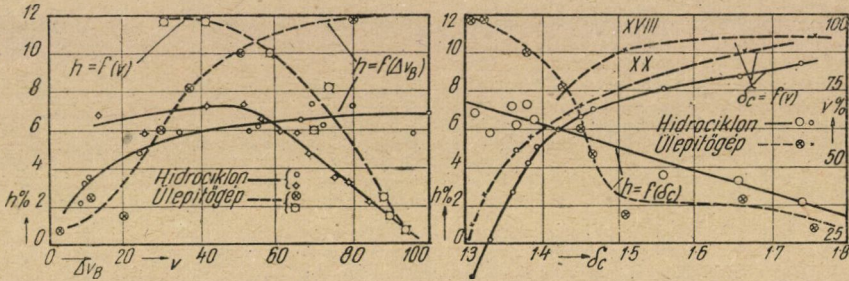


13. ábra

nagyságúak) az ülepítőgépes kísérletek  $\Delta v$ -érték i mint a hidrociklonnal nyert  $\Delta v$ -értékek. Ennek a látszólag ellentmondó jelenségnek a magyarázata a 13. ábrából derül ki. Itt a baloldalon a  $c=f(c_t)$  görbéket, ill. területsávokat látjuk, s a jobboldali ábra a  $c$ ,  $c_t$ , ill.  $c-c_t$  értékeket a  $v$  súlykihozatal függvényében ábrázolja. A XVIII. jelű ülepítési kísérlet nyersanyagának 13,4% volt a hamutartalma, itt tehát kb. 8–10% hamutartalmú mosott szenet igen nagy (93,4, ill. 89,0%) súlykihozattal nyertünk. De minél nagyobb a súlykihozatal, annál kevésbé térhet el  $c$  és  $c_t$ , következésképp  $v$  és  $v_c$  értéke is egymástól, még egész rossz mosási eljárás esetén is. ( $v=100\%$ -nál  $c=c_t$  és  $v=v_c$ , tehát  $\Delta v=0$ !) S a 12. rajz jobboldali ábrájának az ülepítőgépes  $\Delta v$ -sávját kis  $\Delta v_B$ -értékeknél határoló két legkisebb  $\Delta v$ -érték éppen a XVIII. kísérlet 93,4 és 89,0% súlykihozatalához tartozik. Azt is megállapíthatjuk a 13. ábráról, hogy a XVIII. kísérlet e két értékének kivételével bármely  $c_t$ -értékhez kisebb  $c$ -érték tartozik a hidrociklonnál mint az ülepítőgépnél. A 13. ábra baloldali ábráján közvetlenül is látható, hogy a  $c_t$ -értékeket képviselő 45°-os egyenes felett kisebb távolságban halad a hidrociklon  $c$ -értékeinek a sávja mint az ülepítőgépe, jöllehet a hidrociklon nyersanyagának a hamutartalma nagyobb volt mint az ülepítőgépes

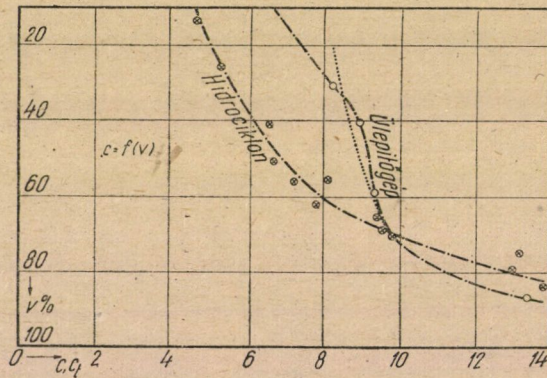


kísérleté. A hidrociklon tehát az elméletileg tökéletes szénmosás eredményét — a nagyobb hamutartalmú nyersanyaggal való indulás hátrányának ellenére — jobban megközelítette mint az ülepítőgép.



14. ábra

A 14. ábra baloldali ábráján a »hibás szemek« mennyiségét ( $h$ ) látjuk  $v$ , ill.  $\Delta v_B$  függvényében ábrázolva. A jobboldali ábra a hibás szemek mennyiségének  $\delta_c$  függvényében való változását és a  $\delta_c=f(v)$  görbét tünteti fel. Ezek a görbék is megerősítik az eddigi megállapításunkat, a hidrociklon fölényét a finom szénmosásánál az ülepítőgéppel szemben. A baloldali ábrán láthatjuk, hogy a hidro-



15. ábra

ciklon dolgozik a kevesebb hibás szemmel. A kis  $\Delta v_B$ -értékeknél jelentkező fordított helyzet részben szintén a 12. és 13. ábrával kapcsolatban tett megokolással magyarázható. A jobboldali ábra  $h=f(\delta_c)$  görbéi szerint a nagyobb fajsúlyoknál az ülepítőgép dolgozik kevesebb hibás szemmel. Ennek a jelenségnek is részben a XVIII. jelű kísérlet kis hamutartalmú nyersanyaga az oka, a két legalacsonyabb  $h$ -érték e kísérlet 93,4 és 89,0 súlykihozatalához tartozik, ám itt — függetlenül az eljárás jóságától — a 100%-os súlykihozatal közelsége miatt, ahol szükségképpen  $c=c_c$ , ill.  $\Delta v=0$ , a  $h$  érték sem lehet nagy. Másrészt

meg a  $\delta_c = f(v)$  görbékben látható, hogy a XVIII. kísérlet görbéje a nagyobb fajsúlyoknál csaknem vízszintes, vagyis itt igen kis  $\Delta v_B$ -értékek tartoznak hozzá; a nagyobb fajsúlyoknál tehát ez a szén igen könnyen mosható.

A kisebb fajsúlyoknál (kb. 1,45-től lefelé) a hidrociklonos kísérletek nyersanyagának  $\delta_c = f(v)$  görbéje meredekebb lefutású mint az ülepítőgépes kísérletek nyersanyagának a fajsúly-görbéje. A kisebb fajsúlyoknál tehát a hidrociklon nyersszene a nehezebben mosható: nagyobb  $\Delta v_B$ -értékek tartoznak hozzá mint az ülepítőgépes kísérletek nyersszenehez! S mégis éppen a kisebb fajsúlyoknál történő szétválasztásnál jelentkeznek fokozottabban a hidrociklon jobb eredményei az ülepítőgéppel szemben. Vagyis ott, ahol a komlói szénből kis hamutartalmú, pl. *kokszyártásra* is alkalmas minőségű mosott szenet kívánunk előállítani.

A 2. táblázatban összegezett 12 hidrociklonos kísérlet közül 8 esetben 1,45-nél kisebb  $\delta_c$ -értéknél történt a fajsúly szerinti szétválasztás; ezeknél a mosott szén (közvetlenül mért) hamutartalma 4,73—9,48 között, »számított« hamutartalma 5,67—8,25 között változik. Ülepítőgéppel ilyen kis hamutartalmakat nem tudtunk elérni, egész kis súlykihozataloknál sem, s kisebb hamutartalmu nyersszénből sem.\*

A 13. ábra jobboldali ábráján a területsávok c-vonalai mutatják a hidrociklonnal, ill. ülepítőgéppel nyert mosott szenek »számított« hamutartalmának változását a súlykihozatal függvényében, a 15. ábra görbéi pedig a mosott szenek közvetlen méréssel nyert hamutartalmának a változását mutatják a súlykihozatal függvényében. Ezekről a görbékről olvashatók le a különböző c mosottszénhamutartalmakhoz tartozó súlykihozatalok következő oldalon közölt adatai.

Az ülepítőgép adatainál két-két számoszlop szerepel: az első a számított, ill. mért pontokon áthaladó görbékhez, a második e pontokhoz simuló kiegyenlített görbékhez tartozik. A táblázat adatainak értékelésénél figyelembe veendő

F.s.	Nyersszén		Mosottszén		Középterék		Meddő	
	Súly %	Hamu %	Súly %	Hamu %	Súly %	Hamu %	Súly %	Hamu %
-1,4	54,5	6,57	80,50	6,60	25,9	14,44	4,5	13,96
1,5	11,0	19,26	12,50	19,06				
1,6	8,5	28,32	5,0	27,62	74,1	39,76	95,5	64,64
+1,6	26,0	59,60	2,0	42,50				
	100,0	23,72	100,0	10,03	100,0	33,26	100,0	62,38
Mért	100,0	25,74	62,5	10,02	14,8	38,90	22,7	51,56

\* 1948 júniusában a pécsújhegyi mosómű Rheo-csatornájában több napon át nagyüzemben mostak 10—0,5 mm-es komlói szenet. Az egyik ilyen nagyüzemi mosás eredménye:



az is, hogy a hidrociklon 20—21% hamutartalmú (ill. a *mért* értékeknél 21—23% hamutartalmú) nyersszénből, az ülepítőgép pedig 18,7% (ill. a *mért* értékeknél 19,2% hamutartalmú nyersszénből állította elő a mosott szenet.

c%	Számított			Mért		
	Hidr.	Ül. gép		Hidr.	Ül. gép	
10	75,5	72	72	71	72,5	72,5
9,5	73	67	67	68	64	64
9	71	57	60	66	41	50
8,5	67	41	50	63,5	33,5	30
8	63	36	39	60	27	15
7,5	58,5	32	20	56,5	20	—
7	53,5	28	—	51,5	14	—
a%=	20—21	18,7	21—23	19,2		

Az ismertetett laboratóriumi kísérletek tanúsága szerint kokszzén előállítására komlói szénből a hidrociklon alkalmasabbnak látszik mint az ülepítőgép. A laboratóriumi hidrociklonnal elért eredmények mindenestre indokoltá teszik nagyobb hidrociklonnal félüzemi kísérletek sürgős elvégzését. Ha ezek a laboratóriumi eredményeket megerősítik, a komlói szénre tervezett mosómű — legalább is a finom szénre — ülepítőgépek helyett hidrociklonokkal lenne megépítendő.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A komlói liasz-szén 2—0,5 mm-es részének egy 4 cm  $\varnothing$  kis laboratóriumi hidrociklonnal (1—2. rajz) különböző fajsúlyú agyagszuszpenziókban való mosási kísérletei igen jó eredménnyel jártak. A kísérleti eredményeket és azok kiértékelését az 1—4. táblázatok, ill. a 3—4. rajzok tartalmazzák. Összehasonlítás céljából komlói szénrel végzett két laboratóriumi ülepítési kísérlet eredménye is közölve van az 5—7. táblázatokban, ill. a 8—10. rajzokon. A hidrociklonnal jobb mosási eredmény volt elérhető mint az ülepítőgéppel, amint az a 2. és 7. táblázatok összetartozó értékeiből megrajzolt 11—15. ábrák tanulmányozásából jól kitűnik.

# REZGÉSI JELENSÉGEK REPÜLŐGÉPEKEN

RÁCZ ELEMÉR

Beérkezett 1952 április 8-án

A repülőgépeken észlelhető különféle rezgési jelenségekre a fejlődés korai stádiumában : a 20-as évek közepén bekövetkezett több feltűnő repülőbaleset hívta fel először a figyelmet. Ismételten előfordult ugyanis, hogy némely, akkoriban nagyobb sebességű gép szárnya vagy farokfelülete nyugodt vízszintes repülésben hirtelen, minden megítélhető külső ok nélkül letört, holott ilyenkor a szárny szilárdsági terhelése egyáltalán nem jelentős. A törést, amint a vizsgálatok fokozatosan kiderítették, alaphatásukban egyébként jelentéktelen külső zavarok (pl. szellőkés) által megindított *rezgési jelenségek* okozták.

Azóta a megindított széleskörű elméleti és kísérleti vizsgálatok alapján megfelelő eljárásokat dolgoztak ki a veszélyes rezgések elkerülésére, de mindamellelt a mai napig ismételten előadódnak rezgésből származó súlyos balesetek, különösen nagysebességű, zuhanó repülésben. A kérdés tehát még ma is rendkívül időszerű és egyáltalán nem tekinthető véglegesen megoldottnak.

A repülőgépeken repülés közben többféle rezgési jelenség észlelhető. Az első csoportba a *rázási* jelenségek tartoznak, amelyek legtöbbször a motor vagy a légsavár különféle kiegyenlítetlenségeiből származnak. A rázás bizonyos összetartozó amplitudó és frekvencia határokon felül kellemetlen fiziológiai hatással jár, amit főként utasszállító gépeken kívánatos elkerülni, de egyébként általában nem veszélyes. Hosszabb idő multán a motorágyon kifáradási törésre vezethet, amire figyelemmel kell lenni, de maga az egész jelenség nem tartozik a fentemlített, hirtelenül bekövetkező ú. n. *veszélyes rezgések* kérdéséhez.

A rezgések második csoportjába a valamely külső periodikus hatás folytán létrejövő *gerjesztett vagy rezonancia rezgések* tartoznak. A légsavár vagy a motor rázásából is származhatnak rezonancia rezgések, ha pl. a szárny vagy valamely más alkatrész saját frekvenciája megegyezik a rázás frekvenciájával. Az ilyen természetű gerjesztett rezgések azonban repülőgépeknél általában nem veszélyesek.

A gerjesztett rezgések közül az a legveszélyesebb, amely nagy állásszöggel való repülésnél a szárnyról periodikusan leváló örvények hatására a farokfelületeken jön létre, ha az örvényleválások frekvenciája megegyezik a farokfelületek valamely rezgési módozatának saját frekvenciájával. Ez a rezgési



jelenség, amelyet a keletkező kisebb frekvenciák és nagyobb amplitudók miatt a farokfelületek »lobogásának« nevezünk, már többször vezetett súlyos repülő-balesetre. A lobogás — mint említettük — nagy állásszöggel való repülésben, tehát kis sebességnél fordul elő. Megszüntetésére a pilótának növelnie kell a sebességet, amit az állásszög csökkentésével ér el, mivel ekkor a szárnyon az örvényleválások megszűnnek.

Legveszélyesebbek a harmadik csoportba tartozó *kapcsolt rezgések*, amelyek általában nagyobb sebességeknél jelentkeznek. Ezek keletkezésének alapvető oka az, hogy a repülőgép egyes alkatrészeinek, mint rezgő mechanikai rendszereknek, *több szabadsági fokuk* van, vagyis többféle módon végzhetnek rezgést. Ezek a rezgések önmagukban véve rendszerint csillapítottak, de különféle, később részletezendő hatások révén kapcsolódhatnak egymással, ami annyit jelent, hogy egymást kölcsönösen gerjesztik.

Kapcsolódáskor a különböző szabadsági fokoknak megfelelő rezgések bizonyos fázisviszonyai mellett mód nyílhat arra, hogy valamely külső energiaforrásból *energia vezetessék be* a szerkezetbe. Ez a külső energiaforrás repülőgépeknél a repülési sebességből származó lendület, vagy szélcsatorna kísérletnél az áramlás energiája. Az energiabevezetés fizikai folyamatának egyszerű megértése céljából képzeljük el, hogy pl. a repülőgép szárnya egyidőben valamely terjedtség irányú tengely körül csavaró, tőkeresztmetszete körül pedig hajlító rezgést végez. Tegyük fel, hogy a szárny egy bizonyos időpillanatban állásszöget növelő értelemben csavarodik el. Ekkor járulékos felhajtóerő keletkezik rajta. Ha most ugyanakkor hajlító rezgéséből kifolyólag éppen fölfelé tér ki — amit a megfelelő fázisviszonyok biztosítanak — a járulékos felhajtóerő pozitív munkát végez a szárnyon, s így annak energiáját növeli. A bevezetett vagy felvett energiával a különféle *csillapító hatások* révén a szerkezet által *felemésztett energia* áll szemben. A csillapítás egyrészt belső molekuláris súrlódásból, másrészt aerodinamikai hatásokból származik. Nagyobb sebességeknél az aerodinamikai csillapítás annyira túlnyomó, hogy a belső súrlódásból származó csillapítást teljesen figyelmen kívül hagyhatjuk.

Ki lehet mutatni, hogy a bevezetett energia azonos amplitúdó- és fázisviszonyok mellett a sebesség négyzetével, míg az aerodinamikai csillapítás csak magával a sebességgel arányos. Kis sebességeknél a csillapító hatások vannak túlsúlyban: a szárnyal a légerők által periódusonként közölt energia kisebb a csillapítás által felemésztett energiánál, s így valamely külső zavar hatására csak csillapított (bár kapcsolt) rezgés jöhet létre. A sebesség növekedésekor elérkezünk egy határhoz, az ún. *kritikus sebességhez*, amelynél az áramlásból felvett energia éppen egyenlő a csillapítással felemésztett energiával. Ebben az esetben állandó amplitúdójú, egyszerű harmonikus rezgés fejlődik ki. A kritikus sebességen túl a felvett energiátöbblet felhalmozódik a szerkezetben, ami növekvő amplitúdójú rezgéseken keresztül (esetleg aperiodikusan) végül is törésre vezet. Repülőgép szárnyaknál a töréshez szükséges energia felhalmozódása rendszerint olyan

gyorsan megy végbe, tehát a törés olyan hirtelenül következik be, hogy a pilótának nincs ideje arra, hogy megfelelő beavatkozással kellő mértékben csökkentse a gép sebességét a baleset elhárítására.

Az elmondottakból látható — és ezt fontos hangsúlyozni — hogy a veszélyes kapcsolt rezgések fizikai természetüket illetően *alapvetően különböznek* a gerjesztett vagy rezonancia rezgésektől, mivel itt semmiféle külső periodikus erőhatás nem szerepel. E kapcsolt rezgések az ú. n. *öngerjesztett rezgések* válfajához tartoznak, amelyeknél az erőhatásokat maga a rezgés szabályozza és azok a rezgéssel együtt megszűnnek.

A repülőgépnek — mint minden rugalmas szerkezetnek — szigorúan véve végtelen sok szabadsági foka van. Egy ilyen szerkezet rezgési viszonyainak vizsgálata azoban rendkívül nagy nehézségekkel jár. Hogy tehát a jelenségeket követhessük, a szabadsági fokok számát észszerűen csökkenteni, azaz a szerkezetet fokozatosan merevíteni kell mindaddig, míg az így kapott ú. n. »*félmerev modell*« még a valóságos szerkezettel jól egyező rezgést hajt végre. Az alkalmazandó szabadsági fokok kiválasztása és az ezeknek megfelelő rezgési módok megállapítása adott esetben az egész rezgési vizsgálat egyik legnehezebb kérdése.

A veszélyes kapcsolt rezgések néhány gyakorlatilag igen fontos esetben azonban kiterjedt elméleti és kísérleti vizsgálatok alapján a szabadsági fokok kiválasztása már megbízhatóan kialakult. Így pl. egy nyílazás nélküli, szabadon hordó, töben befogottnak tekinthető szárny esetében, amelyen nem helyezkednek el motorok vagy egyéb nagyobb koncentrált tömegek, teljesen kielégítő két szabadsági fokkal számolni, azaz a szárnyat úgy tekinteni, hogy az csak kétféle, mégpedig hajlító és csavaró rezgést tud végrehajtani. Ezt szokás alapul venni az ú. n. *klasszikus szárnyrezgési probléma*: a szárny két szabadságfokú hajlító-csavaró kapcsolt rezgésének vizsgálatánál.

Kapcsolódhatik a szárny rezgése a csűrőlap rezgésével is. A csűrőlapot ekkor merevnek szokás tekinteni, ennél fogva egy szabadsági fokkal rendelkezik: egyedüli rezgési módja a forgástengelye körüli periodikus kitérés.

A csűrőlap egy szabadságfokú rezgése kapcsolódhatik

- a) a szárny hajlító rezgésével, vagy
- b) a szárny csavaró rezgésével.

A szárny szerkezetek gyakorlatilag könnyebben megvalósítható nagyobb csavaró merevsége folytán lényegesen gyakrabban jelentkezik a csűrő rezgésének a szárny hajlító rezgésével való kapcsolódása. Mégpedig ekkor kétféle rezgés lehetséges: a ritkábban előforduló *szimmetrikus rezgés*, amikor a két szárny, illetve csűrő megfelelő pontjai egyirányban térnek ki és a gyakoribb *antimetrikus rezgés*, amikor a kitérések a jobb- és balszárnyon, illetve csűrőn ellenkező irányúak. Az első esetben a csűrőlapok mozgatására szolgáló vezeték vagy rudazat periodikus terhelést kap, míg a második esetben terheletlen.



Hasonló két szabadságfokú kapcsolt rezgés jöhet létre a kormánylapok és az előttük elhelyezkedő vezérsíkok között, bár ilyen rezgések ritkábban fordulnak elő.

A farokfelületek gyakorlatilag fontosabb két szabadságfokúnak tekinthető kapcsolt rezgései a törzs rugalmasságából származnak. Ilyenek:

a) a törzs függőleges irányú hajlító rezgésének a magassági kormány rezgésével való kapcsolódása,

b) a törzs vízszintes irányú hajlító rezgésének az oldalkormány rezgésével való kapcsolódása.

Sokszor két szabadsági fok figyelembevételére nem ad kielégítő eredményeket. Ekkor a szabadsági fokok számát szaporítani kell, hogy a valóságos viszonyokat jobban megközelíthessük.

Az egyik legjellegzetesebb három szabadságfokú kapcsolt rezgés a szárny hajlító rezgése — a szárny csavaró rezgése — és a csűrő rezgésének kapcsolódásából adódik. Máskor a szükséges harmadik szabadsági fokot magának az egész repülőgépnak mint merev testnek valamelyik általános »merev testi« szabadsági foka adja. Némely esetben például csak a következő kapcsolódások figyelembevételével lehet a rezgési viszonyokat tisztázni:

a) a szárny hajlító és csűrő antimetrikus rezgése — a repülőgép orsózó rezgése (hossztengelye körül),

b) a törzs függőleges irányú hajlító rezgése — a magassági kormány rezgése — a repülőgép bőlintó rezgése (keresztengelye körül).

Nyilvánvaló, hogy maga a repülőgép a szabadsági fokok felsorolt módokon való kiválasztásától függetlenül, általában a szabadsági fokok igen nagy számának megfelelően végez rezgéseket, mégis a viszonyok fenti egyszerűsítése szokásos szerkezeti megoldású gépek esetén több évtizedes tapasztalat alapján igen eredményesnek bizonyult a rezgési jelenségek tisztázására.

Különleges szerkezeti megoldás és az ezzel járó szokatlan merevségi és tömegeloszlási viszonyok között a vizsgálat további finomítása válhat szükségessé, így előfordult pl., hogy egy vadászgép veszélyes kapcsolt rezgését öt szabadsági fok figyelembevételével lehetett csak számítással követni. Ezek a következők voltak:

a törzs függőleges hajlító rezgése — a magassági kormány rezgése — a repülőgép bőlintó rezgése — a repülőgép függőleges irányú tranzlációs rezgése — és a szárny hajlító rezgése.

A szabadsági fokok számának szaporítása a vizsgálatot lényegesen bonyolultabbá teszi és a számítási munkát is jelentősen megnöveli.

Végül megemlítünk még két, a gyakorlatban szintén többször észlelt egy szabadságfokú öngerjesztett rezgést is. Az első akkor fordul elő, ha az aerodinamikai csillapítási tényező a rezgés bizonyos fázisában pozitívból negatívvá válik, ami a kritikus állásszög környezetében való repüléskor következhet be. Kis állásszöggel való repüléskor ugyanis a pozitív aerodinamikai csillapítás pl.

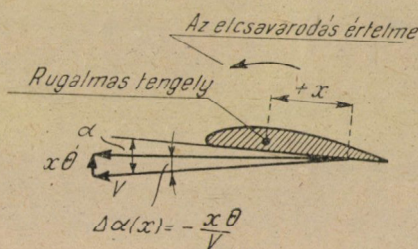
a szárny egy szabadságfokú tiszta hajlító rezgésekor lényegében abból származik, hogy a repülési sebesség és rezgési sebesség összetevéséből adódó állásszög-változás mindig a kitérés irányával szembe ható járulékos felhajtóerőt eredményez. (1. ábra). Ez a járulékos felhajtó erő tehát a rezgés folyamán állandóan negatív munkát végez, így a szárny energiáját csökkenti, s magát a rezgést csillapítja.



1. ábra

Lényegében ugyanez a helyzet a szárny egy szabadságfokú csavaró rezgésekor is. Ekkor a csavaró rezgésből származó állásszög változás eloszlása a húr mentén úgy alakul, hogy mindig az elcsavarodással ellenkező értelmű, tehát csillapító csavaró nyomatékot kapunk. (2. ábra.)

A kritikus állásszög környezetében való repüléskor ellenben a rezgés azon fázisában, amidőn az állásszög a rezgésből kifolyólag nő (hajlító rezgésben

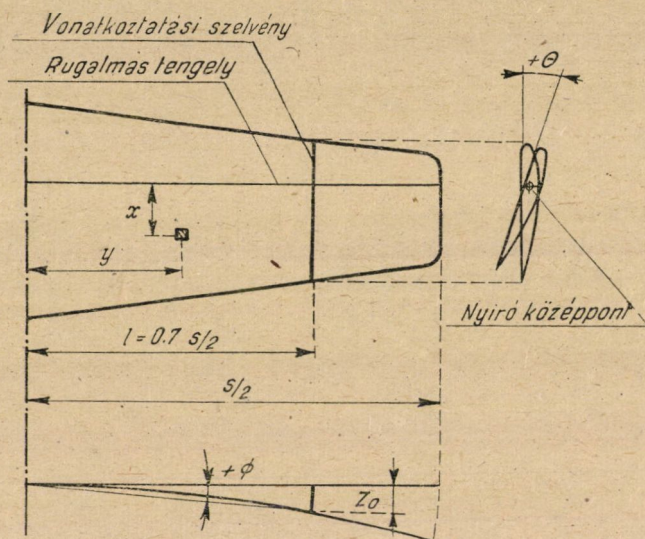


2. ábra

a szárny lefelé való kitérésekor, csavaró rezgésben állásszöget növelő értelemben való elcsavarodás esetén) a járulékos erő (csavaró nyomaték) a felhajtó erő tényezőnek a kritikus állásszögön túl bekövetkező hirtelen csökkenése miatt a kitérés (elcsavarodás) irányában fog hatni és így pozitív munkát végez, vagyis a szárny energiáját és ezzel kitérését növeli. A rezgés másik, állásszög csökkenéssel járó fázisában természetesen az aerodinamikai csillapítás ugyanúgy megvan, mint kis állásszöggel való repülésben. Ez az ú. n. »átézési veszélyes szárnyrezgés« a gyakorlatban elsősorban a szárny egy szabadságfokú csavaró rezgésével kapcsolatban szokott előfordulni.



A másik egy szabadságfokú öngerjesztett rezgéssel olyan nagysebességű (hangkörüli sebességű) gépek kormánylapjainál találkozunk, amelyeknél a *levegő összenyomhatósága* már lényeges szerepet játszik. Ekkor, bizonyos körülmények között a kormánylapon a *lökéshullám* előre-hátra való rezgése következik be, mégpedig úgy, hogy a rezgés a kormánylap két oldalán nem egymással fázisban játszódik le. A fáziseltolódás a kormánylap olyan rezgését idézi elő, amely a maga részéről tovább erősíti a lökéshullám rezgését. Ezek a viszonyok azonban még távolról sincsenek kellőképp tisztázva, mivel tudvalevően éppen a hangkörüli sebességű áramlási jelenségek követhetők legnehezebben számítással.



3. ábra

Ezek előrebocsátása után a következőkben a szárny hajlító-csavaró kapcsolt rezgése, tehát a klasszikus szárnyrezgési probléma részletes vizsgálata keretében igyekezünk a veszélyes rezgéssel kapcsolatos jelenségeket közelebbről megvilágítani.

Egy szabadonhordó, nyílazás és nagyobb koncentrált tömegek nélküli, tőben befogott szárny veszélyes kapcsolt rezgésének vizsgálatához — mint említettük — elégséges két szabadsági fok figyelembevétele, amelyek a szárny hajlító és csavaró rezgésének felelnek meg. A kétféle rezgés kitéréseit az  $ú. n.$  vonatkoztatási szelvényen mérjük, amelyet a szárny tőkeresztmetszetétől  $0,7 \frac{s}{2}$  távolságban szokás felvenni. A szárny elcsavaródását a vonatkoztatási szelvénynek mint merev idomnak  $\Theta$  elcsavarodási szögével jellemezzük. A lehajlás mérésére a vonatkoztatási szelvényen egy vonatkoztatási pontot veszünk fel,

és ennek a szárny síkjára merőleges  $z_0$  elmozdulásával, illetőleg — hogy dimenzió nélküli mérőszámot kapjunk —  $z_0$ -ból a 3. ábra szerint adódó  $\Phi$  szöggel jellemezzük a szárny lehajlását.  $\Theta$ -t ill.  $\Phi$ -t akkor tekintjük pozitívnak, ha a szárny állásszöget növelő értelemben csavarodik el, illetve lefelé hajlik.

Vonatkoztatási pontul általában a vonatkoztatási szelvény *nyíró középpontját* szokás választani. Ebben az esetben ugyanis, ha a vonatkoztatási pontban ható, a szárny síkjára merőleges erővel hajlítjuk a szárnyat, az nem fog elcsavarodni és viszont, tiszta csavaró nyomatékkal terhelve, a vonatkoztatási pont helyben marad. Ezáltal a szárny hajlító és csavaró deformációját szétválasztottuk egymástól, a kétféle deformáció *rugalmas erők által való kapcsolódását* megszüntettük.

A szárny valamely tetszőleges pontjának  $z$  irányú elmozdulását az alakváltozások, azaz a *lehajlás és az elcsavarodás módját* feltüntető görbék segítségével határozhatjuk meg. Ezek a görbék egyrészt a vonatkoztatási szelvény nyíróközéppontján átmenő *rugalmas tengely* lehajlásának, másrészt az egyes szelvények rugalmas tengely körüli elcsavarodásának, azaz a hajlító és csavaró deformációnak a terjedtség-menti változását adják meg. A deformációk módját rögzítő görbéket régebben statikai kísérlet útján, a vonatkoztatási szelvény nyíró középpontjában alkalmazott koncentrált erő, illetve a vonatkoztatási szelvény síkjában alkalmazott erőpár létrehozta deformációk felvételével állapították meg. A rezgést végző szárnynál azonban a görbék alakja eltér a statikai úton kapható görbék alakjától, ezért helyesebb ezeket — s a mai gyakorlat rendszerint így is jár el — álló levegőben végzett rezgési kísérletek útján meghatározni.

Ha a szárnyat álló levegőben külső gerjesztéssel rezgésbe hozzuk és a frekvenciát kis értéktől kiindulva fokozatosan növeljük, egy bizonyos frekvenciánál rezonancia keletkezik. Ennél az első rezonancia frekvenciánál a szárny túlnyomóan hajlító jellegű rezgést végez, igen csekély csavaró rezgés kíséretében. A szárny egyes pontjainak elmozdulásai fázisban vannak egymással és az amplitudók a szárnytőtől kifelé fokozatosan nőnek. A hajlítási amplitudók terjedtség-menti mérésével megkapjuk a *lehajlási mód* görbéjét.

Tovább növelve a frekvenciát, a rezgések előbb elhalnak, majd egy második, nagyobb frekvenciánál ismét rezonancia következik be, de ekkor a szárny rezgése főként csavaró jellegű. A szögelfordulások terjedtség-menti változása az *elcsavarodási mód* görbéjét adja.

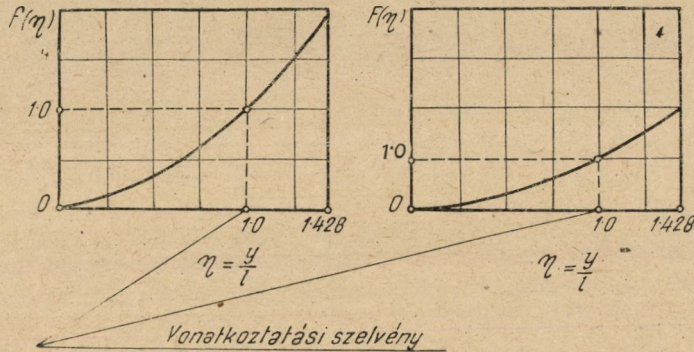
E két jellegzetes rezgés nem egyéb, mint a szárny két első természetes szabad rezgési módozata, mivel a gerjesztés csupán a belső súrlódásból és a környező levegő hatásából származó csillapítások ellensúlyozására szolgál.

Ha még tovább növeljük a frekvenciát, újabb, az első kettőtől lényegesen eltérő rezgési módozatokat észlelhetünk, ezeket azonban nagyobb koncentrált tömegek (motor stb.) nélküli szárnyak esetében teljesen figyelmen kívül hagyhatjuk.



A tapasztalat ugyanis azt mutatja, hogy a deformációs görbék alakja az első két rezonancia frekvencia környezetében csak elhanyagolható mértékben változik a frekvenciával, és szélsőként kísérletek szerint jó közelítéssel a *sebességtől is függetlennek tekinthető*. Mivel pedig a kritikus sebességhez tartozó frekvencia ebbe a tartományba esik, a szárnynak álló levegőben az első két legkisebb frekvenciáig való rezgetése útján kapható deformációs görbék igen jó eredménnyel alkalmazhatók a szárny hajlító-csavaró rezgésének vizsgálatában.

A deformációs görbéket a vonatkoztatási szelvény deformációinak alapulvételével dimenzió nélküli koordinátákban szokás ábrázolni. (4. ábra) Ezekkel a szárny valamely  $x$  és  $y$  ( $=\eta$ ) koordinátájú pontjának a szárny



4. ábra

síkjára merőleges elmozdulását a  $\Phi$  és  $\Theta$  szögek függvényében a következőképpen fejezhetjük ki:

$$z = \Phi l f(\eta) + \Theta x F(\eta) \quad (1)$$

A deformációs görbék birtokában tehát egy  $\Phi$ ,  $\Theta$  értékpárral egyértelműen lerögzíthetjük a szárny deformált alakját.

Megjegyezzük, hogy ha a rezgetési művelet elvégzésére nincs lehetőség, első közelítésben  $f(\eta)$ -t másodfokú parabolának,  $F(\eta)$ -t pedig egyenesnek tekinthetjük, akkor tehát

$$f(\eta) = \eta^2 \quad \text{és} \quad F(\eta) = \eta$$

Miután a kinematikai viszonyokat tisztáztuk, a következőkben először a hajlító és csavaró rezgés kapcsolódásának fizikai folyamatát szükséges nagy vonalakban megvilágítani. A kétféle rezgés *tehetetlenségi és aerodinamikai* úton kapcsolódik egymással.

Ha a tiszta nyomatékka elcsavart szárnyat, amelynek a rugalmas tengelye tehát helyben marad, elengedjük, azt tapasztaljuk, hogy a meginduló csavaró rezgéshez csakhamar hajlító rezgés is kapcsolódik. Hasonlóképpen, a rugalmas tengelyen támadó erővel lehajlított szárnyat magára hagyva, az először hajlító rezgésbe kezd, de igen hamar kifejlődik a csavaró rezgés is. Mivel a kétféle deformáció rugalmas erők útján nem hat egymásra és mivel álló levegőben a

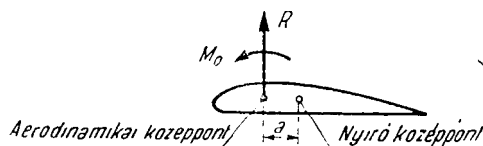
rezgéseket kísérő aerodinamikai hatások is jelentéktelenek, a hajlító és csavaró rezgés kapcsolódása csak *tehetetlenségi* úton jöhet létre.

A tiszta hajlító rezgésből származó  $s$  a rugalmas tengely körül forgató csavaró nyomatékot, ill. a tiszta csavaró rezgés szolgáltatja a tőkeresztmetszetre számított hajlító nyomatékot (1)-et figyelembe véve a következőképpen fejezhetjük ki:

$$\left. \begin{aligned} M_T &= \int_{S_z} \ddot{z} x dm = \ddot{\Phi} \int_{S_z} \frac{f(\eta)}{\eta} x y dm \\ L_T &= \int_{S_z} \ddot{z} y dm = \ddot{\Phi} \int_{S_z} F(\eta) x y dm \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

mivel tiszta hajlításban:  $z = \Phi l f(\eta)$  és tiszta csavarásban:  $z = \Theta x F(\eta)$

A kapcsolódás mértékére a deviációs nyomatéokra emlékeztető  $\int_{S_z} \frac{f(\eta)}{\eta} x y dm$  és  $\int_{S_z} F(\eta) x y dm$  kifejezések jellemzők.\* Ha a szárny tömegét úgy rendezzük el,



5. ábra

hogy ezek a kifejezések zérussá válnak, a kétféle rezgés tehetetlenségi kapcsolódása megszűnik.

Az *aerodinamikai kapcsolódás* megértéséhez a hajlító, illetve csavaró rezgés azon jellemző mennyiségeire kell a figyelmünket fordítani, amelyek állásszög változást hoznak létre. Változó állásszög esetén — mint ismeretes — a szárny valamely metszetére ható erőt egy állandó nyomatékkal és a metszet aerodinamikai középpontjában ható, az állásszöggel lineárisan változó erővel helyettesíthetjük. (5. ábra.)

Maga a lehajlás nem okoz állásszög-változást, mivel lényegében a szárny  $V$ -állásának megváltozását jelenti. A lehajlás sebessége (a hajlító rezgés sebessége) azonban — mint már az 1. ábrán láttuk — állásszög változást és így változó erőt eredményez. Ez az erő magát a hajlító rezgést csillapítja, de a nyíróközpontra, amely gyakorlatilag mindig az aerodinamikai középpont mögött fekszik, változó nyomatékot ad, ami a szárnyra periodikusan változó csavarónyomatékként hat. A szárny hajlító rezgése tehát — aerodinamikai kapcsolódás útján — fölkelti annak csavaró rezgését is.

\* Maga a deviációs nyomaték akkor szerepelne a nyomatékok kifejezésében, ha a szárny mint merev lap végezne a befogási keresztmetszete, ill. rugalmas tengelye körül rezgést. Az első esetben ugyanis  $f(\eta)/\eta$ , a másodikban pedig  $F(\eta)$  lenne állandó.



A csavaró rezgés esetében némiképp más a helyzet. Itt ugyanis mind az elcsavarodás, mind pedig annak sebessége állásszögváltozást hoz létre. Az elcsavarodás közvetlen állásszögváltozást jelent a metszetre, aminek a légerő megváltozása s így a hajlító rezgés kifejlődése a következménye. Az elcsavarodás sebessége (a csavaró rezgés sebessége) a 2. ábra szerint a húr mentén különböző mértékű helyi állásszögváltozást hoz létre. Ennek hatása — mint láttuk — elsősorban magának a csavaró rezgésnek a csillapításában nyilvánul meg, de a metszetre ható változó erő a szárny hajlító rezgését is felkelti. Nyilvánvaló hogy akkor, amikor a metszet aerodinamikai középpontja egybeesik nyíró-középpontjával, (ill. a szárny aerodinamikai tengelye a rugalmas tengellyel), a szárny hajlító rezgése aerodinamikai úton nem okoz csavaró rezgést. Ellenkező irányban nem szüntethető meg a két rezgés aerodinamikai kapcsolódása, mivel a szárny elcsavarodása (csavaró rezgése) a változó légerő révén elkerülhetetlenül felkelti a szárny hajlító rezgését.

Mielőtt most a szárny hajlító-csavaró rezgésének mozgásegyenleteire rátérnénk, röviden összefoglaljuk az egy szabadságfokú mechanikai rendszer rezgésére vonatkozó eredményeket. Egy ilyen rendszer egyensúlyi állapota körüli, kis amplitudójú, szabad rezgését a következő ismert differenciálegyenlet írja le:

$$A\ddot{x} + B\dot{x} + Cx = 0 \quad (3)$$

ahol  $x$  a kitérés,  $A$  a tehetetlenségi,  $B$  a csillapítási,  $C$  pedig a merevségi tényező (rúgóállandó).

A differenciálegyenlet általános megoldása :

$$1) \text{ ha } 4AC - B^2 > 0 : x = Xe^{\mu t} \sin(\omega t + \beta) \quad (4)$$

ahol  $X$  és  $\beta$  tetszés szerinti állandók és

$$\mu = -\frac{B}{2A}; \quad \omega = \sqrt{\left(\frac{C}{A}\right) - \left(\frac{B}{2A}\right)^2} \quad (4a)$$

$$2) \text{ ha } 4AC - B^2 < 0 : x = X_1 e^{\alpha_1 t} + X_2 e^{\alpha_2 t} \quad (5)$$

ahol  $X_1$  és  $X_2$  tetszés szerinti állandók és

$$\alpha_1 = -\frac{B}{2A} + \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 - \left(\frac{C}{A}\right)}; \quad \alpha_2 = -\frac{B}{2A} - \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 - \left(\frac{C}{A}\right)} \quad (5a)$$

$$3) \text{ végül, ha } 4AC - B^2 = 0 : x = (X_1 + X_2 t) e^{-\frac{B}{2A} t} \quad (6)$$

A (4) megoldás rezgést, (5) és (6) aperiodikus mozgást szolgáltat.

Megvizsgálva a megoldásokat, látjuk, hogy a rendszer akkor és csakis akkor *stabilis*, ha  $B$  és  $C$  pozitív. ( $A$  fizikai jelentésénél fogva mindig pozitív.) Ugyanis a (4) rezgő mozgás az 1) feltétel szerint csak akkor jöhet létre, ha  $C$  pozitív és nyilvánvalóan akkor *stabilis*, ha  $\mu$  negatív, ill. — (4a) alapján — ha  $B$  pozitív.

Az (5) megoldás *stabilis* mozgást jelent, ha  $\alpha_1$  és  $\alpha_2$  negatív. Ez pedig (5a) szerint akkor következik be, ha egyrészt  $B$  pozitív, másrészt a gyökjel alatti kifejezés kisebb  $\frac{B}{2A}$ -nál, vagyis ha  $C$  is pozitív.

Ugyanez a helyzet a 3) alatti különleges esetben is, mivel ha  $B$  pozitív

$$\lim_{t \rightarrow \infty} t e^{-\frac{B}{2A} t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{2A}{B e^{\frac{B}{2A} t}} = 0$$

Fenti összefoglalásból látjuk tehát, hogy valamely egy szabadságfokú rendszer *nem lehet instabilis, ha pozitív merevségi és pozitív csillapítási tényezője van.*

Können belátható az is, hogy amikor egy kezdetben *stabilis* rendszernél rezgési instabilitás, azaz növekvő amplitudójú csillapítatlan rezgés jelentkezik, az a  $B$  csillapítási tényező előjelváltozásának, ha pedig aperiodikus divergencia jelentkezik, az a  $C$  merevségi tényező előjelváltozásának felel meg.

Most térjünk át a rezgést végző szárny mozgásegyenleteire. A mozgásegyenletek általános alakját *Lagrange* módszerével írjuk fel. A *Lagrange*-féle egyenlet ebben a problémában  $n$  szabadsági fok esetén a következőképpen alakul:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q_i} = R_i + D_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

ahol  $q_i$  az általános koordináta,  $T$  a rendszer lendülete,  $V$  a rugalmas erők potenciálja,  $R_i$  az aerodinamikai hatásokból származó általános erő,  $D_i$  pedig a belső szerkezeti súrlódásból származó disszipációs általános erő.  $D_i$ -t a továbbiakban figyelmen kívül hagyjuk, mivel a légerőhatások mellett jelentéktelen.

Az egyensúlyi helyzet körüli kis rezgések esetén — mint ismeretes — a lendület a  $\dot{q}_i$  általános sebességek, a potenciál pedig az általános koordináták homogén kvadrátikus függvénye, mindkét esetben állandó együtthatókkal. Azaz:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \dot{q}_i \dot{q}_j \quad \text{és} \quad V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} q_i q_j \quad (8)$$

ahol tehát  $a_{ij} = a_{ji}$  és  $c_{ij} = c_{ji}$  állandó (az általános koordinátáktól független) együtthatók.



A szárny két szabadságfokú, hajlító-csavaró rezgésének vizsgálatánál általános koordinátául a föntebb bevezetett  $\Phi$  és  $\Theta$  szögeket választjuk. Ezekkel a lendület, ill. potenciális energia a következőképpen fejezhető ki:

$$T = \frac{1}{2} (a_{11} \dot{\Phi}^2 + 2a_{12} \dot{\Phi} \dot{\Theta} + a_{22} \dot{\Theta}^2) \quad (9)$$

$$V = \frac{1}{2} (c_{11} \Phi^2 + c_{22} \Theta^2) \quad (10)$$

Itt  $a_{11}$  és  $a_{22}$  ú. n. tehetetlenségi nyomatéki tényezők,  $a_{12}$  ú. n. deviációs nyomatéki tényező. Ezek pontosabb értelmezéséről később lesz szó.

$c_{11}$  — a tőkeresztmetszet körüli rugalmas hajlító nyomaték egységnyi  $\Phi$ -re,

$c_{22}$  — a rugalmas tengely körüli rugalmas csavaró nyomaték egységnyi  $\Theta$ -ra.

$c_{11}$  és  $c_{22}$  meghatározására szintén a későbbiekben térünk rá.

$V$  (10) alatti kifejezéséből a bilineáris tag hiányzik, mivel a kétféle deformációt a vonatkoztatási rendszer ismertetett módon való megválasztásával függetlenítettük egymástól.

Az általános légerőket — a *klasszikus derivatív elméletnek* megfelelően — az általános koordináták, sebességek és gyorsulások homogén lineáris függvényének tekintjük, tehát a szokásos jelölésekkel a következőképpen írhatjuk fel:

$$R_i = \sum_{j=1}^n (R_{iqj} q_j + R_{iqj} \dot{q}_j + R_{iqj} \ddot{q}_j) \quad i = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

Itt  $R_{iqj} = \frac{\partial R_i}{\partial q_j}, \quad R_{i\dot{q}j} = \frac{\partial R_i}{\partial \dot{q}_j}, \quad R_{i\ddot{q}j} = \frac{\partial R_i}{\partial \ddot{q}_j}$

az ú. n. aerodinamikai *derivatívok*, amelyek kis rezgések esetén függetlenek a koordinátáktól, ill. azok deriváltjaitól.

Mivel a szárny esetében a  $\Phi$  és  $\Theta$  általános koordináták dimenzió nélküliek, az általános légerők nyomaték dimenziójúak lesznek és tulajdonképpen nem egyebek, mint az aerodinamikai hatásokból származó,  $\Phi$ -re és  $\Theta$ -ra vonatkoztatott hajlító és csavaró nyomaték. A hajlító nyomatékot  $L$ -el, a csavarót  $M$ -el jelölve írhatjuk tehát:

$$\left. \begin{aligned} L &= L_{\ddot{\Phi}} \ddot{\Phi} + L_{\dot{\Phi}} \dot{\Phi} + L_{\Phi} \Phi + L_{\ddot{\Theta}} \ddot{\Theta} + L_{\dot{\Theta}} \dot{\Theta} + L_{\Theta} \Theta \\ M &= M_{\ddot{\Phi}} \ddot{\Phi} + M_{\dot{\Phi}} \dot{\Phi} + M_{\Phi} \Phi + M_{\ddot{\Theta}} \ddot{\Theta} + M_{\dot{\Theta}} \dot{\Theta} + M_{\Theta} \Theta \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

A hajlító-csavaró rezgést végző szárny mozgásegyenletei a fentiek alapján valamint figyelembe véve, hogy (9) szerint

$$\frac{\partial T}{\partial \Phi} = \frac{\partial T}{\partial \Theta} = 0$$

a következőképpen alakulnak :

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\Phi}} \right) + \frac{\partial V}{\partial \Phi} &= L \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\Theta}} \right) + \frac{\partial V}{\partial \Theta} &= M \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Behelyettesítve ide  $T, V, L$  és  $M$  (9), (10) és (12) alatti kifejezéseit, rendezés után az alábbi differenciálegyenleteket kapjuk :

$$\left. \begin{aligned} (a_{11} - L_{\ddot{\Phi}}) \ddot{\Phi} + (-L_{\dot{\Phi}}) \dot{\Phi} + (c_{11} - L_{\Phi}) \Phi + (a_{12} - L_{\ddot{\Theta}}) \ddot{\Theta} + \\ + (-L_{\dot{\Theta}}) \dot{\Theta} + (-L_{\Theta}) \Theta = 0 \\ (a_{12} - M_{\ddot{\Phi}}) \ddot{\Phi} + (-M_{\dot{\Phi}}) \dot{\Phi} + (-M_{\Phi}) \Phi + (a_{22} - M_{\ddot{\Theta}}) \ddot{\Theta} + \\ + (-M_{\dot{\Theta}}) \dot{\Theta} + (c_{22} - M_{\Theta}) \Theta = 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

amelyeket a következő alakba írhatunk át :

$$\left. \begin{aligned} A_{11} \ddot{\Phi} + B_{11} \dot{\Phi} + C_{11} \Phi + A_{12} \ddot{\Theta} + B_{12} \dot{\Theta} + C_{12} \Theta = 0 \\ A_{21} \ddot{\Phi} + B_{21} \dot{\Phi} + C_{21} \Phi + A_{22} \ddot{\Theta} + B_{22} \dot{\Theta} + C_{22} \Theta = 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

(15)-ben az első egyenlet a hajlító, a második a csavaró rezgés differenciálegyenletét szolgáltatja.

A (15) egyenletek egyébként bármely két szabadságfokú rezgés differenciálegyenleteinek legáltalánosabb alakját adják.

Az első egyenlet három utolsó tagja, és a második egyenlet három első tagja a két rezgés egymásra hatását, kapcsolódását juttatja kifejezésre. Ezek együtthatói az ú. n. *kapcsolási* együtthatók, szemben a többi tagok ú. n. *közvetlen* együtthatóival. Az együtthatókra a következő elnevezések használatosak :

$A_{11}, A_{22}$  — közvetlen tehetetlenségi, vagy tehetetlenségi nyomatéki együttható.

$A_{12}, A_{21}$  — kapcsolási tehetetlenségi, vagy deviációs nyomatéki együttható.

$B_{11}, B_{22}$  — közvetlen csillapítási együttható.

$B_{12}, B_{21}$  — kapcsolási csillapítási együttható.

$C_{11}, C_{22}$  — közvetlen merevségi együttható.

$C_{12}, C_{21}$  — kapcsolási merevségi együttható.



Most a (14) és (15) egyenletek alapján vizsgáljuk meg közelebbről az együttthatók alakulását és azoknak a  $V$  repülési sebességtől való nagyvonalú függését a szárny esetében.

$$\text{Az } A_{22} = a_{11} - L\ddot{\Phi}, \quad A_{12} = a_{12} - L\ddot{\Theta}, \quad A_{21} = a_{12} - M\ddot{\Phi} \quad \text{és} \\ A_{22} = a_{22} - M\ddot{\Theta}$$

tehetetlenségi, illetve deviációs nyomatóéki együttthatók a szárny ú. n. *virtuális tömegére* vonatkoznak, vagyis a szárny »szerkezeti« tömegén kívül a szárnnyal együtt rezgő levegő lényegesen kisebb tömegét is figyelembe veszik. Ez utóbbit legtöbbször számottevő hiba elkövetése nélkül elhanyagolhatjuk a szárny tömegéhez képest, ekkor tehát a tehetetlenségi együttthatók a következőképpen alakulnak:  $A_{11} = a_{11}$ ,  $A_{12} = A_{21} = a_{12}$  és  $A_{22} = a_{22}$ . A továbbiakban az együttthatók ez utóbbi kifejezései mellett maradunk. Ezek az együttthatók *függetlenek a sebességtől*.

A  $B_{11} = -L\dot{\Phi}$ ,  $B_{12} = -L\dot{\Theta}$ ,  $B_{21} = -M\dot{\Phi}$  és  $B_{22} = -M\dot{\Theta}$  csillapítási együttthatók tisztán aerodinamikai eredetűek (miután a belső súrlódás csillapítását elhanyagoltuk.) Főntebb láttuk, (lásd 1. és 2. ábra) hogy a hajlító ill. csavaró rezgés sebességéből adódó állásszögváltozás  $\dot{\Phi}/V$ -vel, ill.  $\dot{\Theta}/V$ -vel arányos. A légerők maguk az állásszöggel és a sebesség négyzetével arányosak, következésképpen a csillapítási derivatívok, ill. együttthatók  $\frac{1}{V} \cdot V^2 = V$ -vel, azaz magával a *sebességgel arányosak*.

Ami végül a merevségi együttthatókat illeti, ezekkel kapcsolatban figyelemre méltó, hogy a rugalmas hatások mellett az aerodinamikai hatásoknak is nagy jelentőségük van az együttthatók értékének alakulásában. A lehajlás, vagyis  $\Phi$  változása nem befolyásolja az aerodinamikai hatásokat, mivel lényegében a szárny  $V$ -állásának változását jelenti. Ezért  $L_{\Phi} = M_{\Phi} = 0$ . Ennek figyelembevételével a merevségi együttthatók végleges alakja a következő:  $C_{11} = c_{11}$ ,  $C_{12} = -L_{\Theta}$ ,  $C_{21} = 0$ ,  $C_{22} = c_{22} - M_{\Theta}$ .

Látjuk, hogy

$C_{11}$  tisztán rugalmas eredetű és mint ilyen *független a sebességtől*.

$C_{12}$  tisztán aerodinamikai eredetű és mivel  $L_{\Theta}$  nem egyéb, mint az egységnyi elcsavarodásnak azaz állásszögváltozásnak megfelelő aerodinamikai hajlító nyomatóék, *arányos  $V^2$ -el*.

$$C_{21} = 0$$

$C_{22}$  rugalmas és aerodinamikai részből tevődik össze. A rugalmas eredetű  $c_{22}$  nem függ a sebességtől, de  $M_{\Theta}$  — hasonlóan  $L_{\Theta}$ -hoz — arányos  $V^2$ -el és így maga  $C_{22}$  is *függvénye  $V^2$ -nek*.

Az együtthatóknak a sebességgel való változását — mint látni fogjuk — különösen a kritikus sebesség meghatározásával kapcsolatban fontos megállapítani.

Az együtthatók előjeléről is szükséges néhány szót szólni.  $A_{11}$  és  $A_{22}$  fizikai jelentésüknél fogva szükségszerűen mindig pozitívek.  $A_{12} = A_{21}$  lehet pozitív vagy negatív és természetesen zérus is. Az utóbbi esetben, a szárnyat *kiegyensúlyozottnak* nevezzük.

A csillapítási tényezők szokásos elrendezésű szárnynál (a rugalmas tengely az aerodinamikai tengely mögött) és kis állásszögnél mind pozitívek.

A rugalmas eredetű  $C_{11}$  merevségi együttható, valamint  $C_{22}$  rugalmas része:  $c_{22}$  mindig pozitív, úgyszintén a tisztán aerodinamikai eredetű  $C_{12}$  együttható is.  $C_{22}$  aerodinamikai része:  $(-M_{\Theta})$  ellenben negatív, mivel a szárny pozitív elcsavarodásából pozitív aerodinamikai csavaró nyomaték keletkezik. Láttuk, hogy  $c_{22}$  független a sebességtől,  $M_{\Theta}$  viszont  $V^2$ -el arányos. Kis sebességnél  $C_{22}$  pozitív, majd bizonyos sebességnél, az ú. n. *divergencia sebességnél* zérussá válik és ezen felül negatív lesz. A merevségi együttható előjel váltása — mint már az egyszabadságfokú rezgés tárgyalásánál láttuk — aperiodikus instabilitást: divergenciát eredményez. Valóban a divergencia sebesség felett a szárny aperiodikus lecsavarodása következik be. A gyakorlatban azonban ez ritkán fordul elő, mivel a hajlító-csavaró kapcsolt rezgés kritikus sebessége mindig kisebb a divergencia sebességnél.

Meg kell még jegyezni, hogy más oldalról az  $L_{\dot{\phi}}$ ,  $L_{\dot{\theta}}$ , ...,  $M_{\dot{\theta}}$ ,  $M_{\Theta}$  derivatívok és így a megfelelő együtthatók is némileg függenek a rezgés frekvenciájától, illetve a dimenzió nélküli, ú. n. »frekvencia paramétertől»:  $2\pi \frac{vh}{V}$ -től, (ahol  $\nu$  a frekvencia,  $h$  a húr hossz,  $V$  a repülési sebesség). Szigorúan véve tehát a rezgési problémáknál nem alkalmazhatók a repülőgép általános stabilitásában előforduló derivatívokhoz hasonló ú. n. »kvázi-statikai« derivatívok. Gyakorlatilag azonban az a helyzet, hogy a szóba jövő frekvencia tartományban legtöbb szárnynál eltekinthetünk a frekvencia paraméter befolyásától.

A szárnyrezgésekkel kapcsolatban gyakorlati szempontból legfontosabb feladat azoknak a feltételeknek megállapítása, amelyek mellett a veszélyes szárnyrezgések egyáltalán nem jelentkeznek. Nyilvánvalóan leghatásosabb eszköz erre a kétféle rezgés közötti kapcsolódások teljes megszüntetése, a szárny megfelelő szerkezeti kialakítása révén.

A (15) alatti egyenletekből látjuk, hogy mivel az elmondottak szerint  $C_{21} = 0$ , azt kell elérnünk, hogy  $A_{21}$  és  $B_{21}$  is zérus legyen. Ekkor ugyanis a szárny csavaró rezgését az  $A_{22}\dot{\Theta} + B_{22}\ddot{\Theta} + C_{22}\Theta = 0$  egyenlet írja le, amely abban az esetben, ha  $B_{22}$  és  $C_{22}$  pozitív, tehát kis állásszögnél, illetve a divergencia sebesség alatt, csillapított rezgést jelent.

A hajlító rezgés differenciálegyenletében a kapcsolási tagok nem szüntethetők meg valamennyien, mivel  $C_{12}$  homogén függvénye lévén  $V^2$ -nek, szer-



kezeti úton nem tehető zérussá. Ez azonban nem lényeges, mert, ha az  $A_{21} = 0$  és  $B_{21} = 0$  feltételeket megvalósítottuk, valamely zavar után bekövetkező kapcsolt rezgés csavaró összetevője csillapított lesz, vagyis  $\Theta$  az idővel zérus felé tart. Ebben esetben azonban a hajlító lengés végül is az  $A_{11}\ddot{\Phi} + B_{11}\dot{\Phi} + C_{11}\Phi = 0$  egyenlet szerint fog véghemenni, azaz szintén csillapodik, mivel az együtt-hatók mind pozitívok.

Az  $A_{21} = 0$  feltétel a hajlító és csavaró rezgés közötti tehetetlenségi kapcsolódás megszüntetését jelenti és így egyértelmű a (2) egyenletekben az

$M_T = 0$ , ill.  $\int_{s_z} \frac{f(\eta)}{\eta} xy dm = 0$  feltétellel. Ezt leghelyesebb úgy megvalósítani,

hogy külön-külön minden metszetre biztosítjuk ennek teljesedését. Mivel pedig egy metszetre  $f(\eta)/\eta$  és  $y$  állandó értékek, a tehetetlenségi kapcsolódás megszűnésének feltétele

$\int_h x dm = 0$  lesz. Vagyis minden metszetben a súly-

pontnak és a nyíróközéppontnak, azaz az egész szárnyra vonatkozóan a *súlyvonalnak és a rugalmas tengelynek egybe kell esnie.*

Ugyanakkor — mint (2)-ből látjuk —  $L_T$  is zérus lesz, azaz a csavaró rezgésnek a hajlító rezgéssel való tehetetlenségi kapcsolódása is megszűnik. Ez a helyzet az ú. n. kiegyensúlyozott szárnynál.

Ha a szárny kiegyensúlyozását nem metszetenként hajtánók végre, hanem helyenként alkalmazott nagyobb koncentrált tömegekkel, ez a szárny rezgési viszonyait lényegesen módosíthatná, esetleg további szabadsági fokok figyelembevételét tenné szükségessé.

A  $B_{21} = 0$  feltétel a hajlító rezgésnek aerodinamikai úton a csavaró rezgéssel való kapcsolódása megszüntetését írja elő. Ez — amint a korábban elmondottak és az 5. ábra alapján könnyen belátható — akkor következik be, ha a metszet aerodinamikai középpontja egybeesik nyíróközéppontjával, azaz az egész szárnyra: *az aerodinamikai tengely azonos a rugalmas tengellyel.* Ebben az esetben ugyanis az egyes metszetre ható csavaró nyomaték — a hajlító rezgés folyamán végig — az állandó értékű,  $s$  a stacionárius állapotnak megfelelő  $M_0$  nyomaték lesz, tehát a hajlító rezgésből nem keletkezik periodikusan változó, járulékos csavaró nyomaték.

A szárny veszélyes hajlító-csavaró kapcsolt rezgésének tökéletes kiküszöbölése céljából tehát a szerkezet megfelelő kiképzésével gondoskodnunk kell arról, hogy *a szárny rugalmas tengelye és súlyvonala egybeessék a szerkezeti úton nem befolyásolható aerodinamikai tengellyel.*

A későbbiekben  $A_{21} = a_{12}$  és  $B_{21}$  levezetendő képletéből a két feltétel közvetlenül kiolvasható lesz.

A gyakorlatban az a helyzet, hogy a három tengely egybeesését a leg-ritkább esetben lehet megvalósítani. Szokásos szerkezeti megoldású szárnyak esetében általában a rugalmas tengely a profilmélység 25%-ában fekvő aero-

dinamikai tengely mögött helyezkedik el, 28–40% húrmélységben és leghátul a súlyvonal 40–45%-ban.

Mivel így a veszélyes rezgések teljes kiküszöböléséről nincs szó, arra kell törekedni, hogy a kritikus sebesség, amelynél a kapcsolt rezgés kifejlődik, minél nagyobbra adódjék. Ha ugyanis a kritikus sebesség meghaladja a gép üzemében előforduló legnagyobb (zuhanó) sebességet, akkor — bár elvileg nem — de gyakorlatilag rezgésmentessé tettük a szárnyat.

A kérdés tisztázásra tehát meg kell határozni a kritikus sebességet, s a következőkben ennek részleteire térünk rá.

A (15) alatt felírt mozgásegyenletek állandó együtthatójú, homogén, lineáris differenciálegyenletek, amelyeket az exponenciális függvény megold. írhatjuk tehát :

$$\Phi = K_1 e^{\lambda t} \quad \text{és} \quad \Theta = K_2 e^{\lambda t} \quad (16)$$

Behelyettesítve ezeket a megoldásokat a (15) egyenletekbe,  $e^{\lambda t}$ -vel való egyszerűsítés után  $K_j$ -ra a

$$\sum_{j=1}^2 K_j (A_{ij} \lambda^2 + B_{ij} \lambda + C_{ij}) = 0 \quad (i = 1, 2) \quad (17)$$

algebrai egyenletrendszert kapjuk.

A (17) egyenletrendszernek akkor van a triviálistól különböző megoldása, ha fődeterminánása zérus, azaz

$$\begin{vmatrix} A_{11} \lambda^2 + B_{11} \lambda + C_{11} & A_{12} \lambda^2 + B_{12} \lambda + C_{12} \\ A_{21} \lambda^2 + B_{21} \lambda + C_{21} & A_{22} \lambda^2 + B_{22} \lambda + C_{22} \end{vmatrix} = 0 \quad (18)$$

Kifejtve a determinánst, a

$$a_0 \lambda^4 + a_1 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_3 \lambda + a_4 = 0 \quad (19)$$

negyedfokú karakterisztikus egyenletre jutunk.

Mármost — mint a (16) alatt felírt partikuláris megoldásokból látható — a mozgás akkor lesz stabilis, ha a karakterisztikus egyenlet valamennyi valós gyöke, vagy a komplex gyökök valós része *negatív*, aminek algebrai feltételei — mint ismeretes — a következők :

$$\begin{array}{l} a_0 > 0, \quad a_1 > 0, \quad a_2 > 0, \quad a_3 > 0, \quad a_4 > 0 \\ \text{és} \quad R \equiv a_1 a_2 a_3 - a_0 a_3^2 - a_1 a_1^2 > 0 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} a_0 > 0, \quad a_1 > 0, \quad a_2 > 0, \quad a_3 > 0, \quad a_4 > 0 \\ R \equiv a_1 a_2 a_3 - a_0 a_3^2 - a_1 a_1^2 > 0 \end{array}} \right\}$$

$R$  a *Routh-féle diszkrimináns*,  $a_i$  értékeit a (18) determináns kifejtésével határozhatjuk meg.



Érdekes külön megvizsgálni  $a_4$  alakulását.  
 $a_4$  értékét kiírva, kapjuk :

$$a_4 = C_{11} C_{22} - C_{12} C_{21} \quad (21)$$

vagy mivel  $C_{21} = 0$ ,

$$a_4 = C_{11} C_{12}$$

$C_{11}$  mindig pozitív,  $a_4$  tehát  $C_{22}$ -vel egyidőben válik negatívvá, azaz a divergencia sebességnél. Ha maga  $R$  negatív, ez rezgési instabilitást jelent. Az egy-szabadságfokú rendszerhez viszonyítva tehát  $a_4$  illetve  $R$  előjelváltozása  $C$ , illetve  $B$  előjelváltozásának felel meg.

A Routh-féle diszkrimináns épen a kritikus sebességnél váltja előjelét, azaz ekkor

$$R \equiv a_1 a_2 a_3 - a_0 a_3^2 - a_4 a_1^2 = 0 \quad (22)$$

Mivel pedig az  $a_i$  együtthatók csak az  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$ ,  $C_{ij}$  együtthatóktól függenek, ezek némelyike pedig — mint fentebb láttuk —  $V$  ill.  $V^2$  függvénye, a (22) egyenletről a kritikus sebesség meghatározható.

Másik eljárás szerint abból indulunk ki, hogy a kritikus sebességnél — energia egyensúly lévén — tiszta harmonikus rezgés fejlődik ki. Ekkor tehát írhatjuk :

$$\begin{aligned} \text{és} \quad & \Phi = \Phi_0 \sin \omega t \\ & \Theta = \Theta_0 \sin (\omega t + \beta) \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \Phi = \Phi_0 \sin \omega t \\ \Theta = \Theta_0 \sin (\omega t + \beta) \end{aligned}} \right\} \quad (23)$$

Behelyettesítve a (23) képleteket a (15) egyenletekbe,  $\sin \omega t$ -re és  $\cos \omega t$ -re homogén, lineáris kifejezéseket kapunk. Mivel pedig a (15) egyenletek minden  $t$  időpillanatban fennállanak,  $\sin \omega t$  és  $\cos \omega t$  együtthatóinak külön-külön zérusnak kell lenniök.

A műveletek elvégzése után (15) első egyenletéből kapjuk :

$$\left. \begin{aligned} \Phi_0 [(C_{11} - \omega^2 A_{11}) \cos \beta - \omega B_{11} \sin \beta] + \Theta_0 (C_{12} - \omega^2 A_{12}) &= 0 \\ \Phi_0 [(C_{11} - \omega^2 A_{11}) \sin \beta + \omega B_{11} \cos \beta] + \Theta_0 \omega B_{12} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

A második egyenletről hasonlóan :

$$\left. \begin{aligned} \Phi_0 [(C_{21} - \omega^2 A_{21}) \cos \beta - \omega B_{21} \sin \beta] + \Theta_0 (C_{22} - \omega^2 A_{22}) &= 0 \\ \Phi_0 [(C_{21} - \omega^2 A_{21}) \sin \beta + \omega B_{21} \cos \beta] + \Theta_0 \omega B_{22} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Ehéből a négy egyenletről a négy ismeretlen :  $\Theta_0/\Phi_0$ ,  $\beta$ ,  $\omega$  és  $V_{kr}$  meghatározható. ( $V_{kr}$ -t az együtthatók tartalmazzák.)

Ez utóbbi eljárás — mint látjuk — mélyebb bepillantást enged a kapcsolt rezgés viszonyaiba, mivel ekkor a kritikus sebességnél fennálló amplitudó-

viszonyt, fázisszöget és körfrekvenciát is megkapjuk, míg az első eljárás segítségével közvetlenül csak magát a kritikus sebességet határozhatjuk meg.

Ahhoz, hogy akár a (22) egyenletből, akár a (24), (25) egyenletrendszer alapján kiszámíthassuk a kritikus sebességet, természetesen ismernünk kell az  $A_{ij}$ ,  $B_{ij}$  és  $C_{ij}$  együtthatók értékét. Most tehát végül ezek meghatározásával kell röviden foglalkoznunk.

A tehetetlenségi és deviációs nyomatéki együtthatókat illetően korábbi feltevésünknek ( $-L\ddot{\phi} = -L\ddot{\theta} = -M\ddot{\phi} = -M\ddot{\theta} = 0$ ) megfelelően csak a szerkezeti tömeggel összefüggő  $a_{11}$ ,  $a_{12}$  és  $a_{22}$  együtthatókat határozzuk meg.

A rezgést végző szárny teljes lendülete az egyes tömegpontok lendületének összegéből adódik, azaz

$$T = \frac{1}{2} \int_{S_z} \dot{z}^2 dm$$

illetőleg (1) figyelembevételével:

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} \int_{S_z} [\dot{\phi} l f(\eta) + \dot{\theta} x F(\eta)]^2 dm = \\ &= \frac{1}{2} \int_{S_z} [\dot{\phi}^2 l^2 f(\eta)^2 + 2\dot{\phi}\dot{\theta} l x f(\eta) F(\eta) + \dot{\theta}^2 x^2 F(\eta)^2] dm \end{aligned} \quad (26)$$

Egybevetve  $T$  (26) és (9) szerinti kifejezéseit, kapjuk:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= l^2 \int_{S_z} f(\eta)^2 dm \\ a_{12} &= l \int_{S_z} x f(\eta) F(\eta) dm \\ a_{22} &= \int_{S_z} x^2 F(\eta)^2 dm \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

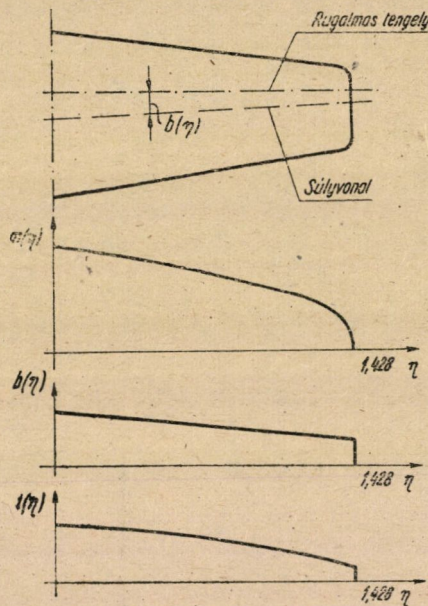
A szárny tömegeloszlásának ismeretében, valamint a rezgetési kísérlet útján kimért  $f(\eta)$  és  $F(\eta)$  deformációs görbék segítségével ezek a mennyiségek — bár elég fáradságosan — kiszámíthatók.

A számítást adott esetben a következőképpen végezzük el. A szárny szerkezeti rajzai alapján meghatározzuk a szárny folyóméter tömegének változását a terjedtség irányában, legyen ez  $m(\eta)$ , továbbá az egyes metszetek súlypontja és nyíróközpontja közötti távolság változását:  $b(\eta)$ -t, és az egyes metszetek inercia sugarának változását:  $i(\eta)$ -t a terjedtség mentén (6. ábra).



Ezekkel a (27) képletek — amint az könnyen belátható — a következőképpen alakulnak :

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= l^3 \int_0^{1,428} m(\eta) \cdot f(\eta)^2 \cdot d\eta \\ a_{12} &= l^2 \int_0^{1,428} m(\eta) \cdot b(\eta) \cdot f(\eta) \cdot F(\eta) \cdot d\eta \\ a_{22} &= l \int_0^{1,428} m(\eta) \cdot i(\eta)^2 \cdot F(\eta)^2 \cdot d\eta \end{aligned} \right\} \quad (27a)$$



6. ábra

A  $C_{11} = c_{11}$  merevségi együtthatót, valamint a  $C_{22}$  együttható rugalmas eredetű részét:  $c_{22}$ -t megbízhatóan igen körülményes számítani. A statikai kísérlet (a vonatkoztatási szelvényen alkalmazott koncentrált erő és erőpár segítségével) sem ad jól használható eredményeket, noha ezt az eljárást régebben alkalmazták. A lepraktikusabb út ez együtthatók meghatározására az álló levegőben végzett rezgetési kísérlet.

Rezgetési kísérlettel meghatározva a szárny első két természetes frekvenciáját, ezekkel az álló levegőben rezgő szárny mozgásegyenletei alapján határozhatjuk meg a  $c_{11}$  és  $c_{22}$  *dinamikai* merevségi együtthatókat.

A mozgásegyenleteket, (15)-ből kiindulva, ebben az esetben a következőképpen írhatjuk fel :

$$\left. \begin{aligned} A_{11}\ddot{\Phi} + c_{11}\dot{\Phi} + A_{12}\ddot{\Theta} &= 0 \\ A_{21}\ddot{\Phi} + A_{22}\ddot{\Theta} + c_{22}\dot{\Theta} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

A rezonancia frekvenciáknál  $\Phi$  és  $\Theta$  fázisban vannak egymással és a rezgés tiszta harmonikusnak tekinthető. Írhatjuk tehát :

$$\Phi = \Phi_0 \sin \omega t \quad \Theta = \Theta_0 \sin \omega t \quad (29)$$

Ezeket behelyettesítve (28)-ba, rendezés után kapjuk :

$$\left. \begin{aligned} \Phi_0(c_{11} - \omega^2 A_{11}) - \Theta_0 \omega^2 A_{12} &= 0 \\ -\Phi_0 \omega^2 A_{21} + \Theta_0(c_{22} - \omega^2 A_{22}) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

illetőleg  $\Theta_0/\Phi_0$  kiküszöbölésével :

$$(A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21})\omega^4 - (A_{11}c_{22} + A_{22}c_{11})\omega^2 + c_{11}c_{22} = 0 \quad (31)$$

A (31) egyenlet két gyöke :  $\omega_h^2$  és  $\omega_{cs}^2$  megadja a két első természetes rezgési módozat körfrekvenciájának négyzetét.

A másodfokú egyenlet együtthatói és gyökei között fennálló ismert összefüggések alapján írhatjuk :

$$\left. \begin{aligned} (A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21})(\omega_h^2 + \omega_{cs}^2) &= A_{11}c_{22} + A_{22}c_{11} \\ (A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21})\omega_h^2\omega_{cs}^2 &= c_{11}c_{22} \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

és ahonnan

$$\left. \begin{aligned} c_{11} &= A_{11} \frac{K}{2} (\omega_h^2 + \omega_{cs}^2) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{K} \cdot \frac{4\omega_h^2\omega_{cs}^2}{(\omega_h^2 + \omega_{cs}^2)^2}} \right] \\ c_{22} &= A_{22} \frac{K}{2} (\omega_h^2 + \omega_{cs}^2) \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{1}{K} \cdot \frac{4\omega_h^2\omega_{cs}^2}{(\omega_h^2 + \omega_{cs}^2)^2}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

ahol  $K = 1 - \frac{A_{12}A_{21}}{A_{11}A_{22}}$  a kétféle rezgés kapcsolódásának mértékét jellemző mennyiség.

A  $\nu_h$  és  $\nu_{cs}$  frekvenciákat rezgetési kísérlet folyamán mérve  $\omega_h = 2\pi\nu_h$  és  $\omega_{cs} = 2\pi\nu_{cs}$  is ismeretesek. Az  $A_{ij}$  együtthatók helyett azonban a (27a) képlettel megadott  $a_{ij}$  együtthatókat vesszük figyelembe (33)-ban, holott a rezgetésnél a valóságban az  $A_{ij}$  tényezők szerepelnek, mivel a kísérletet nem légüres térben végezzük. Ezzel az eljárással azonban még igen jó eredményeket kapunk  $c_{11}$  és  $c_{22}$  értékére.

Az aerodinamikai együtthatók, ill. derivatívok :  $B_{11} = (-L_{\dot{\Phi}})$ ,  $B_{12} = (-L_{\dot{\Theta}})$ ,  $C_{12} = (-L_{\Theta})$ ,  $B_{21} = (-M_{\dot{\Phi}})$ ,  $B_{22} = (-M_{\dot{\Theta}})$ , valamint  $C_{22}$  aerodinamikai része ;  $(-M_{\Theta})$  kiszámításához mindenekelőtt az általános légerőket :  $L$ -et és  $M$ -et kell meghatároznunk.



Evégből írjuk fel azt az elemi munkát, amit a szárny egy  $dy = ld\eta$  szélességű elemén a helyi megoszló normális légerő terhelés;  $p(\eta)$  és a helyi megoszló csavaró nyomaték:  $m_{cs}(\eta)$  végez, ha az elem  $+ dz$ -vel eltolódik és  $+ d\vartheta$ -val elcsavarodik. Lesz:

$$\delta A = - p(\eta) \cdot l \cdot d\eta dz - m_{cs}(\eta) \cdot l \cdot d\eta \cdot d\vartheta$$

A — előjel azért szerepel, mivel  $p(\eta)$ -át és  $m_{cs}(\eta)$ -át —  $z$  és —  $\vartheta$  irányában számítjuk pozitívnak.

Mivel:

$$\vartheta = \Theta F(\eta) \text{ és párhuzamos eltolódásban: } z = \Phi l f(\eta) \text{ írhatjuk:}$$

$$\delta A = - \delta\Phi \cdot l^2 \cdot p(\eta) \cdot f(\eta) \cdot d\eta - \delta\Theta \cdot l \cdot m_{cs}(\eta) \cdot F(\eta) \cdot d\eta.$$

Az egész szárnyra az elemi munka:

$$\Delta A = - \delta\Phi \cdot l^2 \int_0^{1,428} p(\eta) \cdot f(\eta) \cdot d\eta - \delta\Theta \cdot l \int_0^{1,428} m_{cs}(\eta) \cdot F(\eta) \cdot d\eta. \quad (34)$$

Ez az elemi munka másrészt mint az általános légerők és az irányukba eső elemi elmozdulások szorzatának összege fejezhető ki, azaz:

$$A = L \cdot \delta\Phi + M \cdot \delta\Theta \quad (35)$$

(34) és (35) egybevetéséből:

$$\left. \begin{aligned} L &= - l^2 \int_0^{1,428} p(\eta) \cdot f(\eta) \cdot d\eta \\ M &= - l \int_0^{1,428} m_{cs}(\eta) \cdot F(\eta) \cdot d\eta \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Mint ismeretes:

$$p(\eta) \approx [c_y h] q = \frac{\rho}{2} V^2 h c_y$$

és

$$m_{cs}(\eta) = [c_m h^2] q = \frac{\rho}{2} V^2 h^2 c_m,$$

ahol  $c_m$  a profilorrrpontra vonatkozó nyomatéki tényező.

A rezgést végző szárnynál

$$c_y = c_{y0} + \vartheta \frac{dc_y}{d\vartheta} + \dot{z} \frac{dc_y}{dz} + \dot{\vartheta} \frac{dc_y}{d\dot{\vartheta}}$$

és

$$c_m = c_{m0} + \dot{v} \frac{dc_m}{d\dot{v}} + \dot{z} \frac{dc_m}{d\dot{z}} + \dot{v} \frac{dc_m}{d\dot{v}}$$

Ez összefüggéseket visszahelyettesítve (36)-ba, kapjuk :

$$\left. \begin{aligned} L &= -\frac{\rho}{2} V^2 l^2 \int_0^{1,428} \left( c_{y0} + \dot{v} \frac{dc_y}{d\dot{v}} + \dot{z} \frac{dc_y}{d\dot{z}} + \dot{v} \frac{dc_y}{d\dot{v}} \right) h f(\eta) d\eta \\ M &= -\frac{\rho}{2} V^2 l \int_0^{1,428} \left( c_{m0} + \dot{v} \frac{dc_m}{d\dot{v}} + \dot{z} \frac{dc_m}{d\dot{z}} + \dot{v} \frac{dc_m}{d\dot{v}} \right) h^2 F(\eta) d\eta \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

Az aerodinamikai derivatívokat a (37) összefüggésekből határozhatjuk meg. Pl.  $B_{11} = -L_{\dot{\Phi}}$  esetében :

$$\begin{aligned} B_{11} = -L_{\dot{\Phi}} &= -\frac{\partial L}{\partial \dot{\Phi}} = -\frac{\partial L}{\partial \dot{z}} \cdot \frac{\partial \dot{z}}{\partial \dot{\Phi}} = -l f(\eta) \frac{\partial L}{\partial \dot{z}} = \\ &= \frac{\rho}{2} V^2 l^3 \int_0^{1,428} \frac{dc_y}{d\dot{z}} h f(\eta)^2 d\eta. \end{aligned}$$

A  $\frac{dc_y}{d\dot{z}}$  mennyiség a rezgő szárnyra, tehát instacionárius áramlásban eléggé hosszadalmasan számítható, viszont kimutatható, hogy a  $V \frac{dc_y}{d\dot{z}} = l_z$  dimenzió nélküli mennyiség a gyakorlatilag használatos szárnyakra állandónak tekinthető. Ezzel :

$$B_{11} = \frac{\rho}{2} V l^3 l_z \int_0^{1,428} h f(\eta)^2 d\eta. \quad (38)$$

Hasonló módon kapható a többi aerodinamikai derivatív is. A részleteket mellőzve, a végeredmények a következők :

$$\left. \begin{aligned} B_{12} = -L_{\dot{\Theta}} &= \frac{\rho}{2} V l^2 \int_0^{1,428} \dots (l_{\dot{v}} - e l_z) h^2 \cdot f(\eta) \cdot F(\eta) \cdot d\eta \\ C_{12} = -L_{\Theta} &= \frac{\rho}{2} V^2 l^2 l_{\dot{v}} \int_0^{1,428} h \cdot f(\eta) \cdot F(\eta) d\eta \\ B_{21} = -M_{\dot{\Phi}} &= \frac{\rho}{2} V l^2 \int_0^{1,428} \dots (m_{\dot{z}} - e l_z) h^2 \cdot f(\eta) \cdot F(\eta) d\eta \\ B_{22} = -M_{\dot{\Theta}} &= \frac{\rho}{2} V l \int_0^{1,428} \dots [m_{\dot{v}} - e(l_{\dot{v}} + m_{\dot{z}}) + e^2 l_z] h^3 \cdot F(\eta)^2 \cdot d\eta \\ &= M_{\Theta} = \frac{\rho}{2} V^2 l \int_0^{1,428} (m_{\dot{v}} - e l_{\dot{v}}) h^2 \cdot F(\eta)^2 \cdot d\eta. \end{aligned} \right\} \quad (39)$$



E képletekben  $e$  az egyes metszetek nyíróközéppontjának a belépőéltől való százalékos távolsága. A képletek alkalmazásánál a bennük előforduló alábbi dimenzió nélküli kifejezésekre, kísérleti eredményekkel ellenőrzött számítások alapján, a következő állandó számértékeket vehetjük számításba :

$$\left. \begin{aligned} l_z &= V \frac{dc_y}{dz} = 3,2, & l_{\dot{\delta}} &= \frac{V}{h} \cdot \frac{dc_y}{d\dot{\delta}} = 3,2, & l_{\delta} &= \frac{dc_y}{d\delta} = 3,6 \\ m_z &= V \frac{dc_m}{dz} = 0,8, & m_{\dot{\delta}} &= \frac{V}{h} \cdot \frac{dc_m}{d\dot{\delta}} = 1,4, & m_{\delta} &= \frac{dc_m}{d\delta} = 0,9. \end{aligned} \right\} (40)$$

Ezáltal a (15) differenciálegyenletrendszerben szereplő valamennyi együttthatót meghatároztuk. Ha végigtekintjük az együttthatók (27a), (33), (38) és (39) alatti képleteit, igazolva látjuk a korábbi kvalitatív megfontolások útján az együttthatókra tett megállapításokat.

Látjuk pl., hogy az  $A_{ij}$  együttthatók nem függenek a sebességtől, a  $B_{ij}$  együttthatók a sebességgel, a  $C_{ij}$  együttthatók aerodinamikai része pedig a sebesség négyzetével arányos. Az előjelekre vonatkozó korábbi megállapításokat is a képletek mind igazolják.

A veszélyes rezgések teljes kiküszöbölésének már említett feltétele, hogy t. i. a szárny aerodinamikai tengelye, rugalmas tengelye és súlyvonala egybeessék, szintén kiolvasható az együttthatók képletéből. Szükséges ugyanis, hogy  $A_{21} = 0$  és  $B_{21} = 0$  legyen.

$$A_{21} = a_{12} = l^2 \int_0^{1,428} m(\gamma) \cdot b(\gamma) \cdot f(\gamma) \cdot F(\gamma) \cdot d\gamma = 0 \text{ -ből ugyanis, ha min-}$$

den metszetre megkívánjuk a tehetetlenségi kapcsolódás megszűnését,  $b(\gamma) = 0$  adódik, ami a 6. ábra szerint azt jelenti, hogy a rugalmas tengely és a súlyvonal egybeesik.

$B_{21} = 0$ -ból (39) alapján  $(m_z - e l_z) = 0$ , illetőleg a (40) alatt megadott számértékekkel :

$$e = \frac{m_z}{l_z} = \frac{0,8}{3,2} = 0,25,$$

vagyis a rugalmas tengely a negyed húr hosszban fekszik és így egybeesik az aerodinamikai tengellyel.

Az együttthatók ismeretében a kritikus sebességet az ismertett eljárások valamelyikével meghatározhatjuk.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a kritikus sebességet csak a számítás és kísérleti munka szoros összekapcsolása révén sikerül a kívánatos pontossággal meghatározni. Arról tehát nem igen lehet szó, hogy kísérletek nélkül, pusztán a repülőgép szerkezeti rajzai alapján végzett számításokkal derítsünk fényt a kapcsolt rezgésnél mutatkozó jelenségekre. Csak a már elkészült gép rezgetési kísérlete útján juthatunk hozzá az ehhez szükséges egyes fontos adatokhoz.

Ha adott esetben a vizsgálat arra az eredményre vezetne, hogy a kritikus sebesség túl kicsi, megfelelő szerkezeti változtatással kell a helyzeten javítani. Tehát néhány szót még a kritikus sebesség növelésének eszközeiről kell szólnunk. Láttuk, hogy a repülőgépszárny három jellegzetes vonalának: az aerodinamikai és rugalmas tengelyeknek, valamint a súlyvonalnak egybeesése tökéletesen kiküszöbölné a szárny hajlító-csavaró kapcsolt rezgésének kifejlődését. Gyakorlatilag — mint már említettük — ezt nem tudjuk teljes mértékben megvalósítani, de igyekezni kell minél jobban megközelíteni. Különösen a súlyvonal helyzetének van lényeges befolyása a kritikus sebességre, ezért ennek növelése céljából elsősorban a súlyvonalat kell minél előbbre hozni. Ily módon ugyanis lényegesen csökken a két rezgés közötti tehetetlenségi kapcsolódás. Az aerodinamikai tengely és a súlyvonal között elhelyezkedő rugalmas tengely helyének változtatása már távolról sem befolyásolja olyan érzékenyen a kritikus sebesség értékét. Ha ugyanis pl. előbbre kerül, ezáltal az aerodinamikai kapcsolódás gyengül, de a tehetetlenségi erősödik és fordítva.

Igen hatásos és gyakorlatilag könnyen megvalósítható eszköz a kritikus sebesség növelésére a szárny merevségének növelése. Ki lehet mutatni, hogy ha a merevségeket  $n$ -szeresre növeljük, a kritikus sebesség ezáltal  $\sqrt{n}$ -szeresre nő. Különösen a csavaró merevségnek van ebből a szempontból döntő befolyása, ezt viszont a borító lemez vastagságának némi növelésével tekintélyes mértékben fokozhatjuk.

Nem érdektelen itt megjegyezni, hogy egy rugalmas szerkezetnek olyan kétszabadságfokú hajlító-csavaró rezgése, amely külső forrásból származó energia felvétele útján törésre vezethet, nem korlátozódik kizárólag repülőgépszárnyakra. Az Egyesült Államokban a Tacoma melletti hatalmas kábelhíd leszakadása tökéletesen a repülőgépszárnyra fentebb elmondott jelenségek kíséretében következett be. A híd leszakadását véletlenül filmezték, a film és a szemtanúk elbeszélése szerint a híd mérsékelt oldalszélben alacsony frekvenciájú, de igen nagy amplitudójú hajlító és csavaró lengéseket végzett leszakadása előtt. Utólagos vizsgálatok kiderítették, hogy e kábelhíd csavaró merevsége lényegesen kisebb volt a többi kábelhidakénál.

A repülőgépeken keletkező rezgési jelenségekkel és az azokból eredő balesetekkel kapcsolatban jelenleg mindenütt az a helyzet, hogy ezek a balesetek igen gyakran annak következtében adódnak, hogy a gyakorlati repülőgéptervező mérnökök előtt ezek a jelenségek általában nem egészen tiszták és felderítésükre nem kaptak kézhez alkalmas számítási eljárásokat. Ezért — amint a szakirodalomból tapasztalható — a különböző repülési tudományos intézetek részéről időről időre ismételten történnek törekvések e hiány pótlására a rezgési jelenségekkel foglalkozó összefoglaló tanulmányok megjelentetése alakjában.

Midőn a Budapesti Műszaki Egyetem Repülőgépek Tanszéke a Magyar Tudományos Akadémia hathatós támogatásával a repülőgépeken észlelhető rezgési jelenségek tanulmányozását beillesztette kutatási programjába, az



első lépéseket nekünk is ebben az irányban kellett megtenni és ennek egyik első eredménye a jelen tanulmány is. E tanulmány azt kívánja elősegíteni, hogy a hazai repülőgéptervezők új tervezésű gépeiket rezgési vizsgálat alá vonják, amire eddig itthon — több évtizedes tervezői gyakorlat ellenére — nem került sor.

Emellett, mivel — amint fentiekből is láttuk — a rezgési jelenségek vizsgálata, különösen adott gép esetében, nem nélkülözheti a kísérletezést, megindítottuk laboratóriumunknak a rezgetési vizsgálatokhoz szükséges berendezésekkel való felszerelését is.\*

A tanszék célja a fenti kutatóprogram megvalósításával elsősorban az, hogy a hazai vitorlázó repülésnek támogatást nyújtson az időnként jelentkező és nem egyszer — mint a közel múltban is — tragikusan végződő rezgési jelenségek tisztázásában.

#### I R O D A L O M

- R. A. Frazer, W. J. Duncan : The Flutter of Aeroplane Wings. R. and M. 1155.  
 W. J. Duncan : The Fundamentals of Flutter. R. and M. 2417.  
 J. Williams : Theory of Wing Flexure-torsion Flutter. R. and M. 2274.  
 J. Williams : Methods of Predicting Flexure-torsion Flutter. R. and M. 1990.  
 A. G. Pugsley : A Simplified Theory of Wing Flutter. R. and M. 1839.  
 L. J. Szutugin : Projektirovanie csasztei szamaljota. Oborongiz 1947.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A repülőgépeken észlelhető különféle rezgési jelenségek, mint a rázás, rezonancia rezgés és öngerjesztett kapcsolt rezgés felsorolása után a szerző a gyakorlati szempontból legfontosabb kapcsolt rezgések alapjelenségeivel foglalkozik.

A kapcsolt rezgések különböző szabadsági fokok alapulvételével konstruált ú. n. »fél-merev« modell figyelembevételével tárgyalhatók. Szerző felsorolja azokat a kapcsolt rezgési jelenségeket, amelyek két, ill. három szabadsági fokkal rendelkezőknek tekinthetők. Megemlíti két egyszabadságfokú öngerjesztett rezgést is.

A következőkben a szárny kétszabadságfokú hajlító-csavaró rezgésének vázlatos vizsgálatával mutatja be a rezgési jelenségek tárgyalásának módját.

A hajlító csavaró rezgés mozgásegyenleteit Lagrange módszerével célszerű felírni. A mozgásegyenletek együtthatóinak diszkutálása után a kapcsolt rezgés kiküszöbölésének feltételeit ismerteti a szerző. Majd — miután a feltételeket gyakorlatilag nem lehet megvalósítani — a kritikus sebesség számításának módját, illetve a kritikus sebesség növelésének eszközeit tárgyalja.

Az előadásból kiderül, hogy az elméleti vizsgálódások mellett a rezgetési kísérletekre, tehát laboratóriumi vizsgálatokra is szükség van a rezgési jelenségek tisztázásához.

A Műszaki Egyetem Repülőgépek Tanszéke a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával ezekre a laboratóriumi vizsgálatokra részben már berendezkedett és azt jelenleg is folytatja, hogy a hazai vitorlázó repülésnek támogatást nyújtson az időnként jelentkező rezgési jelenségek tisztázásában.

\* L. Almássy György és Varga László : *Repülőgépek laboratóriumi rezgetési vizsgálata*. MTA VI. Osztályközlemény II. 2/3. szám.

# ELEKTROMOS ÉS MECHANIKAI LENGÉSEK ANALOGIÁJÁRÓL

SCHMIDT GYÖRGY

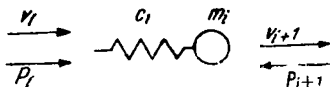
Beérkezett 1952. február 18-án

Rúgóból és koncentrált tömegből összetett lengő rendszert, kapacitásból és induktivitásból álló elektromos kétpólussal szokás helyettesíteni. [2] Mint a továbbiakból kitűnik, gyakran célszerűbb ehelyett az alábbiakban kifejtett négypólus analógiát alkalmazni.



1. ábra

Legyen adva rúgók és koncentrált tömegek tetszőleges lineáris lánc (1. ábra). Itt  $c_i$  jelenti az  $i$ -edik tag rúgóállandóját és  $m_i$  a tömegét. A rúgóállandó jelentése a  $cP = \Delta x$  egyenletből világos, ahol  $P$  az erőt,  $\Delta x$  pedig a rúgó hosszváltozását jelenti.



2. ábra

Tekintsük most az általános  $i$ -edik tagot (2. ábra) ( $v$  a sebességet jelenti). A mozgásegyenlet a következő:

$$m_i \frac{dv_{i+1}}{dt} = P_i - P_{i+1}.$$

A rúgó hosszának időegységre eső változása:

$$\frac{d}{dt} \Delta x_i = \frac{d}{dt} (c_i P_i) = v_i - v_{i+1},$$

mert az elhanyagolható tömegű rúgó mindkét oldalán ugyanaz a  $P$  erő hat.



Ha súrlódás is van az első képlet a következő alakot ölti :

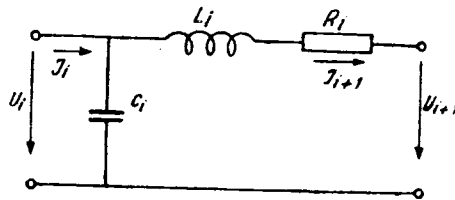
$$m_i \frac{dv_{i+1}}{dt} = P_i - P_{i+1} - \eta v_{i+1} \quad (\eta \text{ a csillapítás együtthatója}).$$

Tekintsük most a 3. ábrában feltüntetett négyfólust. A feszültségegyenlet

$$L \frac{dJ_{i+1}}{dt} = U_i - U_{i+1} - J_{i+1}R,$$

az áramegyenlet

$$C \frac{dU_i}{dt} = J_i - J_{i+1}.$$



3. ábra

Látjuk, hogy ez az egyenletrendszer teljes analógiát mutat a mechanikai lengésekre felírt differenciálegyenletekkel. Ezek szerint láncba kapcsolt mechanikai rendszereknek kaskád-kapcsolású négyfólusok felelnek meg. A kölcsönösen megfelelő mechanikai és elektromos mennyiségek a következők :

$$L \sim m$$

$$C \sim c$$

$$R \sim \eta$$

$$I \sim v$$

$$U \sim P$$

Meg kell jegyezni, hogy mechanikai lengőrendszerek és elektromos kétfólusok között kétféle analógiarendszer használatos. Az egyik megegyezik az előbbivel, a másik pedig a következő :

$$L \sim c$$

$$C \sim m$$

$$I \sim P$$

$$U \sim v$$

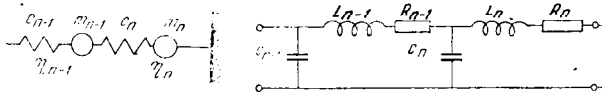
Vizsgáljuk meg most a mechanikai lánc utolsó  $n$ -edik tagját.

A legegyszerűbb eset az, amikor az utolsó tömegpont szabadon mozog vagyis  $P_{n+1} = 0$ . Ennek megfelelően  $U_{n+1} = 0$ , vagyis az analóg elektromos lánc kimenete rövidre van zárva (4. ábra).

Másik fontos eset, amikor az utolsó rúgó be van fogva vagyis  $v_{n+1} = 0$ . Ennek megfelel  $I_{n+1} = 0$  (5. ábra).

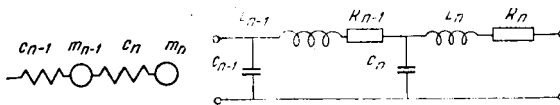
Végül az utolsó tagot súrlódási ellenállással is lezárhatjuk (6. ábra).

Különleges jelentősége van annak az esetnek, amelynél az egyes tagok megegyeznek egymással, vagyis  $c_i = c$ ,  $L_i = L$ , és  $\eta_i = \eta$ . Ebben a különleges esetben célszerűbb a beosztást a 7. ábra szerint elvégezni.



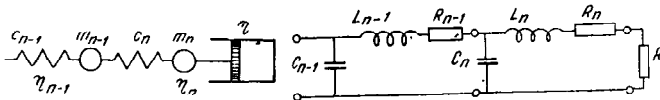
4. ábra

Ebben az esetben a megfelelő elektromos kapcsolási elem úgynevezett »szimmetrikus« négyfókus. Ennek elmélete az átviteltechnikában jól ismert és kidolgozott. Az ottani eredményeket egyszerű betűcserével áttehetjük a mechanika nyelvére.



5. ábra

Az átviteltechnika fölvetette azt a kérdést, hogy nem lehetséges-e olyan impedanciát találni, amivel a négyfókusláncot lezárva semmilyen reflexió nem lép fel a lánc végén, vagyis a bemenetnél betáplált összes energiát a lezáró ellenállás felemészti. A probléma megoldása: zárjuk le a négyfókusláncot az



6. ábra

úgynevezett hullámenellenállással  $Z = \sqrt{\frac{L}{C} \left[1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right]}$ , amely ezt a feltételt valóban kielégíti.  $\omega_0$  jelentését

$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$  egyenlet határozza meg. Ki lehet mutatni, hogy a hullámenellenállás végtelen hosszú azonos négyfókusokból összetett lánc bemenő ellenállása.

Ezek az eredmények felhasználhatók lennének lengéscsillapítók méretezésénél, amelyeknél a cél éppen a lengési energia gyors felemészítése.

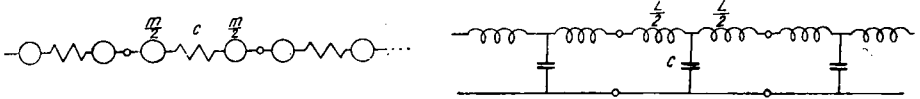
Ha  $\omega_0 \gg \omega$ , akkor a teljes bemenő energia  $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ , záróellenálláson felemésződik (8. ábra).  $\omega \gg \omega_0$  esetén viszont nagy csillapítást kapunk.



Hasonlóképpen átültethető a terjedési együttható fogalma is. Így pl.  $\omega$  körfrekvenciájú rezgés terjedési együtthatója tudvalevőleg  $v = \frac{\omega}{\beta}$ , ahol  $\beta$  a következő egyenlet megoldása:  $\cos \beta = 1 - \frac{1}{L} mc\omega^2$

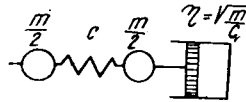
A sebesség láncegység/sec-ben értendő.

Az elektrotechnikában a távvezeték differenciálegyenlete levezetésének egyik módja az, hogy szimmetrikus négypólus lánc tagjainak hosszával 0-hoz, számukkal pedig a végtelenhez tartva, egy parciális differenciálegyenletrendszerhez jutunk. [4]



7. ábra

Az ilyen módon keletkező képződmény megfelel olyan távvezetéknek, amelynek  $dx$  hosszúságú darabja parallel kapacitásból (és esetleg átvezetésből), továbbá soros induktivitásból és ellenállásból áll. A határátmenet után kapott differenciálegyenlet teljesen megfelel a más úton kapott telegráfegyenletnek. Közelfekvő a gondolat, hogy ugyanezt a határátmenetet végezzük el az analóg mechanikai rendszernél is. Ezzel egy rugalmas rúdhoz jutunk, amelynek elemi  $dx$  hosszúságú darabja elemi rúgóbból és tömegeből álló rendszernek képzelhető.



8. ábra

Hogyha most  $m$ ,  $c$  és  $\eta$ -val a hosszegységre eső értékeket jelöljük, akkor differenciálegyenleteink a következő alakot öltik:

$$(m dx) \frac{dv}{dt} = -dP - (\eta dx) v$$

$$(c dx) \frac{dP}{dt} = -dv$$

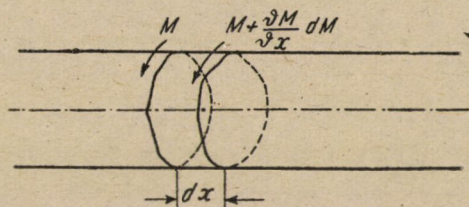
ahol  $P = P(x, t)$  és  $v = v(x, t)$ . Differenciálegyenleteink tehát a következő parciális differenciálegyenletekbe mennek át:

$$-\frac{\partial P}{\partial x} = m \frac{\partial v}{\partial t} + \eta v$$

$$-\frac{\partial v}{\partial x} = c \frac{\partial P}{\partial t}$$

Ha  $P = \sigma F$ ,  $m = \delta F$  és  $c = \frac{1}{FE}$ -t helyettesítünk, a Simonyi-féle analógia rendszer kiinduló egyenleteihez jutunk.

**Torziós lengések.** Torziós lengéseknél elsősorban kontinuumok lengéseit vizsgáljuk. (Könnyen belátható, hogy diszkrét tagokból álló lánc itt is éppen úgy, mint a longitudinális esetben négypólus láncal ekvivalensek. A levezetés szóról-szóra ugyanúgy véghez vihető lenne.)



9. ábra

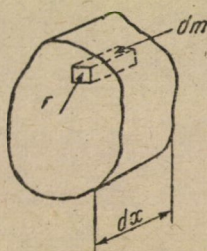
Kiindulásul tekintsük hosszú rúd torziós lengéseit. A csavarónyomaték legyen  $M = M(x, t)$  az elcsavarás szöge  $\varphi = \varphi(x, t)$ , a szögsebesség  $\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \omega(x, t)$ , a rúd anyag sűrűsége  $\rho$ , a csavarási modulus  $G$ , a rúd keresztmetszetének poláris tehetetlenségi nyomatéka  $I_p$ . Vizsgáljuk meg  $dx$  hosszúságú rúdelem viselkedését. Ismeretes [5], hogy  $l$  hosszúságú rúdnak az elcsavarodása, ha  $M$  forgatónyomaték hat rá:

$$\varphi = \frac{Ml}{I_p G},$$

ha a rúd hossza  $dx$ , akkor:

$$d\varphi = -\frac{Mdx}{I_p G}.$$

(9. ábra)



10. ábra

A negatív előjel az ábra alapján világos.  $dx$ -el osztva és az idő szerint differenciálva adódik:

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \omega}{\partial x} = -\frac{1}{I_p G} \frac{\partial M}{\partial t}.$$

Tekintsük most az erő és gyorsulás viszonyait (10. ábra).



$$dm r \frac{\partial \omega}{\partial t} = dP$$

$$- dM = \int_F r dP = \frac{\partial \omega}{\partial t} \int_F r^2 dm = I_p \varrho \frac{\partial \omega}{\partial t} dx$$

$$\frac{\partial M}{\partial x} = - \varrho I_p \frac{\partial \omega}{\partial t}.$$

Ha csillapítás is van, akkor :

$$- \frac{\partial M}{\partial x} = \varrho I_p \frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega k,$$

ahol  $k$  jelenti a hosszegységre eső csillapítást. Megint két parciális differenciál egyenletet kapunk, amelyek a telegráfegyenletekkel teljes analógiát mutatnak. A kölcsönösen megfelelő betűk most :

$$L \sim \varrho I_p$$

$$C \sim \frac{1}{I_p G}$$

$$R \sim k$$

$$I \sim \omega$$

$$U \sim M.$$

Ideális távvezetéken végigfutó lengés sebessége [6] :

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Torziós lengésnél pedig :

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varrho I_p \frac{1}{I_p G}}} = \sqrt{\frac{G}{\varrho}}.$$

a frekvenciától független érték.

A hullámellenállás :

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z = \sqrt{\frac{\varrho I_p}{\frac{1}{I_p G}}} = I_p \sqrt{\varrho G}$$

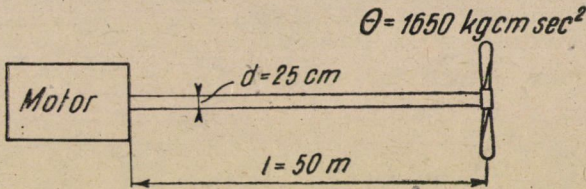
is a frekvenciától független konstansnak adódik. Ekkora súrlódó nyomatékot helyezve a rúd végére azon a bemenetnél betáplált teljes energia reflexiómentesen elnyelődik. Ideális (csillapításmentes) távvezeték terjedési együtthatója :

$$\gamma = j\omega \sqrt{LC} = \frac{j\omega}{v}$$

Ennek megfelelően a mechanikában :

$$\gamma = j\omega \sqrt{\frac{G}{G}}$$

A számítási módszer illusztrálására tekintsük a következő számpéldát :



11. ábra

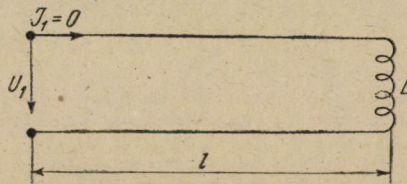
A 11. ábra gőzhajó csavarját, csavartengelyét és hajtómotorját ábrázolja [7]. A motor tehetetlenségi nyomatéka elegendően nagy ahhoz, hogy a tengely motorfelőli végét a torziós lengések szempontjából befogottnak tekinthetjük.

A számértékek a következők :

$$l = 5000 \text{ cm} \quad d = 25 \text{ cm} \quad \Theta = 1650 \text{ kg cm sec}^2 \quad G = 0,79 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg sec}^2}{\text{cm}^4}$$

Kiszámítandó a rendszer torziós lengéseinek saját frekvenciája.



12. ábra

A rendszer elektromos megfelelője a 12. ábrán látható. A hullámegyenletekből adódó bemenő ellenállás :

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{Z_2 \operatorname{ch} \gamma l + Z \operatorname{sh} \gamma l}{\operatorname{ch} \gamma l + \frac{Z_2}{Z} \operatorname{sh} \gamma l}$$

Ha  $I_1 = 0$  akkor :

$$Z \operatorname{ch} \gamma l + Z_2 \operatorname{sh} \gamma l = 0$$



ahol  $Z$  a vezeték hullámellenállása és  $Z_2$  a lezáró impedancia.  
Tehát

$$Z_2 = -Z \operatorname{ctgh} \gamma l$$

Viisszatranszformálva a mechanikai rendszerre:

$$Z_2 = j\omega\Theta$$

$$Z = I_p \sqrt{\rho G}$$

$$\gamma = j\omega \sqrt{\rho/G}$$

$$j\omega\Theta = -I_p \sqrt{\rho G} \operatorname{ctgh} j\omega \sqrt{\rho/G} l$$

$$\omega = \frac{I_p \sqrt{\rho G}}{\Theta \operatorname{tg} \omega l \sqrt{\rho/G}}$$

A számértékek behelyettesítése után  $\omega = 52,6/\text{sec}$  adódik. Ugyanezt az értéket kapjuk természetesen, ha tiszta mechanikai úton oldjuk meg a problémát. Minthogy csak a számítási módszer volt más, de a számítás fizikai alapjai mindkét esetben ugyanazok.

Ha  $\rho \rightarrow 0$

$$\omega = \frac{I_p \sqrt{\rho G}}{\Theta \omega l \sqrt{\rho/G}} \quad j\omega = \sqrt{\frac{I_p G}{\Theta l}}$$

adódik megegyezésben a mechanikai megfontolásokkal.

Még néhány szót az alkalmazási lehetőségekről. Mechanikai láncok longitudinális lengéseinek számításáról lengéscsillapítókkal kapcsolatban már volt szó. Az analógia segítségével még sok más lengéstani probléma tárgyalható, (bonyolult mechanikai rendszerek rezonanciahelyeinek meghatározása, a rezonancia görbe menete stb.).

Lineáris kontinuumok longitudinális lengéseinek vizsgálatát *Simonyi* említett cikkében részletesen kidolgozta. Az ipari problémák közül megemlítjük az impulzus üzemben működő gépek vizsgálatát, (pl. fejtőgépek) ahol a probléma éppen úgy mint az elektromos távvezetékknél a betáplált energia reflexiómentes átvitele mellett az átvívó berendezés minimális igénybevétele. A távvezetéken megkívánt kis feszültség itt kis  $\sigma$  feszültségnek, torziós lengéseknél pedig kis csavarónyomatéknak felel meg. Torziós lengéseknél tárgyalható például transzmissziótengelyek sajátlengése a tengely tehetetlenségi nyomatékának elhanyagolása nélkül. Ráékelt fogaskerekekkel, lendítőkerekekkel és hajtómotorokkal rendelkező transzmissziótengely elektromos analógonja egy koncentrált impedanciákkal terhelt távvezeték. A saját rezgések meghatározása az impedanciák szukcesszív redukciójával történik. Hasonlóképpen tárgyalhatók ezzel a módszerrel pl. transzmissziótengelyek, hosszú fúrók, stb. indításának,

illetőleg megállásának »tranzienst« problémái. Gyors be- vagy kikapcsolásnál könnyen túligénybevételek keletkezhetnek. Itt különleges jelentősége van a csatlakozások vizsgálatának, minthogy az egyes részek rossz illesztésénél reflexiók léphetnek fel. Ilyenkor a távvezetékek elméletéből jól ismert illesztési elveket használhatjuk fel.

#### IRODALOM

1. *Simonyi*: Die Berechnung von Spannungs und Deformationswellen in langen Staben. Acta Technica I. 3. 1951.
2. *L. I. Gutenmacher*: Elektromos modellek. Budapest, 1951.
- H. Hecht*: Schlatschemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde. Leipzig, 1950.
- H. Barkhausen*: Einführung in die Schwingungslehre. Leipzig. 1951.
3. *King Minno Wing*: Transmission limes Wawe Guides and Antennas.
4. *J. C. Slater*: Microwave Transmission. New-York 1942.
5. *Á. Mutnyánszky*: Statika és szilárdságtan. Műegyetemi jegyzet.
6. *Simonyi Károly*: Elméleti Villamosságtan. 1952.
7. *Mutnyánszky Ádám*: Lengéstan. Műegyetemi jegyzet.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk mechanikai és elektromos lengő rendszerek között mutatkozó analógiákkal kapcsolatban néhány új szempontra mutat rá és Simonyi professzor cikkében (I.) közölt, longitudinális rezgésekre vonatkozó összefüggésnek új levezetését adja. A továbbiakban kontinuumok torziós lengéseinek vizsgálatára alkalmas összefüggéseket és néhány alkalmazási lehetőséget tárgyal.





**A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK RENDEZÉSÉBEN AZ 1952. ÉV MÁRCIUS—  
JÚLIUS HÓNAPOKBAN TARTOTT ANKÉTOKON, KONGRESSZUSON ÉS KONFEREN-  
CIÁN, VALAMINT AZ AKADÉMIAI NAGYGYŰLÉSEN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK :**

*Karsztvíz ankét, Budapest*

1952. március 28—29.

*Vendel Miklós* : Elnöki megnyitó.

*Szádeczky-Kardoss Elemér* : A hazai karsztvíz-térkép problémái.

*Horusitzky Ferenc* : A karsztvíz eredete és elhelyezkedése a Kárpátmedencében.

*Papp Ferenc* : A karsztvizek mennyiségi és minőségi viszonyairól.

*Venkovits István* : Újabb megfigyelések a karsztvíz-kérdéssel kapcsolatban.

*Vigh Ferenc* : A karsztvíz-veszély elleni védekezés jelenlegi állása és a megoldásra váró problémák.

*Schmidt-Eligiusz Róbert* : Karsztos járatok kialakulásának geomechanikája.

*Ajtay Zoltán* : A triász-dolomit hidrológiai viszonyai, különös tekintettel a víznyeresre és a víz-elzárásra.

*Kálmán Miksa* : Karsztvíz-elzárás dolomitos jellegű karsztosodás esetén.

*Székely Lajos* : A karsztvíz-veszély elleni védekezés védőréteg nélküli területen.

*Kassay Ferenc* : A karsztvíz-nívó jelentősége és az ezzel kapcsolatos problémák.

*Kántás Károly* : A karsztvíz leküzdésére alkalmazható geofizikai eljárások.

*Schmidt Sándor* : A karsztvíz-kérdés története és a leküzdésére vonatkozó munka a felszabadulásig.

Megjelennek a Műszaki Tudományok Osztályának Közleményeiben.

*Hidrológiai ankét, Miskolc*

1952. május 2—4.

*Mosonyi Emil* : Az ankét célkitűzései és az ötéves terv.

*Vitális Sándor* : Vízszerezési lehetőségek a Bükkben.

*Hajós László* : Nagy-Miskolc ivóvízellátásának fejlesztése.

*Dippold Anna* : A borsodi iparvidék bányatelepei ivóvízellátásának egészségügyi kérdései.

*Mazalán Pál* : Bányauzemek víztelenítése.

*Papp Szilárd* : A Sajó vizének szennyeződései.

*Schulhof Ödön* : A borsodi iparvidék és környéke ásványgyógyvizeinek orvosi felhasználása.

*Besenyő Istrán* : Miskolc város és környéke szennyvíz-problémáinak megoldási elvei.

Megjelennek a Hidrológiai Közönyben.

*Nagygyűlési előadások*

1952. május 30.

*Ratkorszky Ferenc* : Nagyvasutak villamosítása 50 periódussal.

*Csanádi György* : A MÁV vonal villamosítási programja.

*Vajta Miklós* : Egyfázisú terhelés hatása az országos hálózatra.

*Verő József* : A nagyszilárdságú öntöttvasra irányuló kutatások kritikai összefoglalása.

Megjelennek a Műszaki Tudományok Osztályának Közleményeiben. (Külön füzetben.)

*Geodéziai—geofizikai kongresszus*

1952. június 9—11.

*Vendel Miklós* : Elnöki megnyitó.

*Hazay István* : Az országos és kontinentális háromszögelési hálózatok kiegyenlítéséről.

*Regőczy Emil* : Harmadrendű háromszögelési hálózatokból levezetett elsőrendű hálózat.



- Kowalczyk Zsigmond** : A geodézia fejlődése a népi Lengyelországban.  
**Scheffer Viktor** : Az izosztázia és a hegységképződési vergenciák összefüggése.  
**Gálfi János** : A szizmikus kutatási módszer korszerű problémái különös tekintettel a néma területekre.  
**Wl. K. Hristow** : Sztereografikus koordináták transzformációja Gauss-féle koordinátákkal.  
**Bouska** : A földi mágnestér Csehszlovákia területén és csatlakozása a szomszéd államok tereihez, különös tekintettel a határterületek mágneses izodinám vonalainak megszerkesztésére.  
**Tárczy-Hornoch Antal** : Az ellipszoid konjugált normálmetszetei közti azimutkülönbségről.  
**Rédey István** : A dinamikai magasságról.  
 Megjelennek a Műszaki Tudományok Osztályának Közleményeiben.

*Bauxitbányászati konferencia*

1952. június 24—25.

- Vadász Elemér** : A magyarországi bauxitelfordulások földtani viszonyai és azok kutatásai.  
**Vendel Miklós** : A bauxitok ásványtani és közettani vizsgálata.  
**Alliquander Endre** : A bauxitok gyakorlati minőségi osztályozása.  
**Máriássy Mihály** : A bauxitok feltárhatósága és feldolgozása.  
**Steiner Rudolf** : Gyenge minőségű és vasdús bauxitok feldolgozása.  
**Pohl Károly** : Az iszkaszentgyörgyi bauxitbánya mélyművelésének jelenlegi helyzete és jövőbeni terve.  
**Vajk Miklós** : A nyirádi bauxitbánya fejtési rendszere és víztelenítése.  
**Heutschy Kálmán** : A halimbai cseresi bauxitbánya feltárása.  
**Esztó Péter** : A vita bezárása.

Megjelennek a Bányászati Lapokban.

*Gyöngyösoroszi ankét*

1952. június 28.

- Pantó Gábor** : Gyöngyösoroszi ólom-cinkércetelérei.  
**Gagyai Pálffy András** : A Gyöngyösoroszi ércbányászat ismertetése.  
**Tarján Gusztáv** : A Gyöngyösoroszi ércelőkészítés ismertetése.  
**Jakóby László** : A Gyöngyösoroszi cink és ólomérccek hazai kohósítása.  
**Esztó Péter** : Összefoglalás és zárószó.

Megjelennek a Bányászati Lapokban és a Kohászati Lapokban.

*Keszthelyi ankét*

1952. július 4—6.

- Mosonyi Emil** : A Balaton műszaki problémái.  
**Vladár Endre** : A keszthelyi öböl feliszaposodásának kérdései.  
**Tasnádi Kubacska András** : A Balaton földtani megismerésének további feladatai.  
**Sebestyén Olga** : A Balaton táplálék-forgalma.  
**Fazekas Károly** : A Balaton hidrológiai vizsgálatának legújabb eredményei és a további teendők.  
**Zách Alfréd** : A Balaton különleges időjárási viszonyai.  
**Jankovich István** : A Balaton-környék település-fejlesztési kérdései.  
**Ormos Imre** : Kertészeti feladatok a Balaton mentén.  
**Witt Lajos** : A Bakony legsajátosabb erdőgazdasági problémái.  
**Völgyi László** : A Balaton erdőgazdasági feladatai.  
**Kézy Árpád** : A Balaton északkeleti peremén bekövetkező mozgások vizsgálata és az ellenük való védekezés módjai.  
**Entz Béla** : A Balaton halbiológiai vizsgálatának legújabb eredményei és a jövő feladatai.  
**Jolánkai Gyula** : A Sió-csatornázás műszaki problémái.  
**Serf Egyed** : A Sió-csatornázás vizsgálata hajózási szempontból.  
**Dobrossy Béla** : A hévizi gyógyvíz és gyógyiszap balneoterápiái problémái.  
**Gruber Zoltán** : Szív- és érbetegségek kezelése a balatonmenti szénsavas források vizével.  
**Ozorai Gyula** : A balatonkörnyéki kőbányaipar.  
**Jugovics Lajos** : A balatonmenti bazaltbányászat geológiai adottságai.  
**Erdélyi Imre** : A balatonkörnyéki kőbányászat fejlesztésének műszaki problémái.

Megjelennek a Hidrológiai Közönyben.

## Gépjárműközlekedési anket

1952. július 11—12.

*Bebrits Lajos*: Megnyitó.*Kádas Kálmán*: A közúti gépjárműközlekedés tervezése és szervezése.*Feledy Béla*: Gépjárműközlekedésünk technikai nehézségei és a megoldások módja.*Prohászka László*: A gépjárművek felújításának gazdasági határai.*Vásárhelyi Boldizsár*: Az út és a gépjármű.*Szabó Dezső*: A közúti közlekedés biztonsága, balesetelhárítás.*Szilágyi Gyula*: Zárszó.KÜLÖN RENDEZETT FELOLVASÓÜLÉSEK ÉS VITAESTEK KERETÉBEN  
ELHANGZOTT ELŐADÁSOK:

- Márc. 20. *Gyengő Tibor*: »Kísérletek vasbeton tartók törési állapotának vizsgálatára. tekintettel az új vasbeton-szabályzat rendelkezéseire.  
Hozzászólók: Menyhárd István,  
Pelikán József,  
Rosivall Ferenc
- Márc. 28. *Jurek Aurél*: »Láncfalpas traktor kormányzása.«  
Hozzászólók: Lacsny Árpád,  
Erdei János,  
Kund Ede
- ápr. 1. *Csajághy—Scherf—Székiné*: »A telkibányai kálitrachit kémiai feltárásának elméleti és gyakorlati vonatkozásai.«  
VI.—VII. oszt. közös rendezésében.  
Hozzászólók: Schermann Vilmos,  
Sztrókay Kálmán Imre.
- ápr. 2. *Csanádi György*: »A tehervonatok sebességének, a mozdonyok vonóerő-kihasználásának és a teherkocsik várakozási idejének gazdasági összefüggése.«  
Hozzászólók: Vásárhelyi Boldizsár,  
Czére Béla,  
Csala Albert.
- ápr. 8. *Rácz Elemér*: »Rezgési jelenségek repülőgépeken.«  
Hozzászólók: Varga László,  
Lampich Árpád
- ápr. 10. *Lukács József*: »Túlfeszültségvezetők hazai kifejlesztésének problémái.«  
Hozzászóló: Szepesi Endre
- ápr. 16. *Menyhárd István*: »Vasbetonlemezek törési elméletének egyes kérdései.«  
Hozzászólók: Gnädig Béla  
Csonka Pál  
Schwertner Antal
- ápr. 23. *Gruber József*: »Az aerodinamika alkalmazása az axiális áramlás-technikai gépeknél.«  
Hozzászólók: Blaho Miklós  
Füzy Olivér  
Császár Ákos
- ápr. 29. *Hajnóczy László*: »Mozdonyok haladása vasúti pályáivekben.«  
Hozzászólók: Vizey György  
Varju Béla



- május 8. *Perényi Imre* : »A településtudomány időszerű kérdései.«  
(Vitaülés.)  
Hozzászólók : Dr. Ruisz Rezső  
Valentiny Károly  
Szimélyi Károly  
Vidor Ferenc
- május 14. *Pattanyus Á. Géza* : »Áramlástani problémák betoncsatornákban.«  
*Mátyus Sándor* : »Áramlástani problémák csővezetékben.«  
Hozzászólók : Mosonyi Emil  
Görög Jenő  
Binneyi István  
Hidvéghy László
- május 22. *Kelemen Béla* : »Traktor Diesel-motorok.« (Vitaülés.)  
Hozzászólók : Kund Ede  
Jurek Aurél  
Freund Mihály  
Erdei János  
Winkler Dezső  
Rejtő György  
Lacsny Árpád  
Billege János  
Alexander Zadvornov
- május 27. *Sebestyén Andor* : »Körívben fekvő vasúti vágányokban megenged-  
hető sebességek.«  
Hozzászólók : Vásárhelyi Boldizsár  
Góra Béla  
Bihari Károly
- június 5. *Palotás László* : »Új cementek felhasználása az építőiparban.«  
(Vitaülés.)
- június 16. *Ladoméry István* : »Különböző fizikai tényezők befolyása a magas  
hőmérsékletű belső tüzelésű kemencék hőátadási  
viszonyaira.«  
Hozzászólók : Nahoczky Alfonz  
Perédy Károly  
Sailer Géza
- július 2. *Jurek Aurél* : »Bolygó művek mechanikai viszonyai.«  
Hozzászólók : Vörös Imre  
Jurek Jenő

# A MTA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA SZAKBIZOTTSÁGAINAK MŰKÖDÉSI SZABÁLYZATA

## 1.

A Műszaki Tudományok Osztálya állandó főbizottságai keretében szakbizottságokat létesít, amelyek a maguk szűkebb szakterületén, a főbizottságok elvi irányítása és ellenőrzése mellett, résztvesznek az Osztályra háruló tudományos feladatok kidolgozásában és végrehajtásában.

## 2.

A szakbizottság tagjai az Osztályvezetőség részéről, a főbizottságok javaslatai alapján meghívott szakemberek. A szakbizottságok összeállításánál figyelemmel kell lenni arra, hogy abban úgy az elméleti, mint az ipari kutatás, az üzemi gyakorlat, a tervezés és a központi gazdasági szervek vezető szakemberei vegyenek részt. Taglétszámuk átlagban a 8—10 főt ne haladja meg. A szükséghez mérten meghívhatnak külső szakértőket is. A szakbizottság elnöke mindenkor az illetékes főbizottságnak is tagja.

## 3.

A szakbizottságnak, mint a Műszaki Tudományok Osztálya felelős munkaszervének arra kell törekednie, hogy munkájában a tudományos haladás és az élenjáró műszaki gyakorlat legújabb eredményeit minél teljesebben alkalmazza. Ezért a hazai tudományos kutatás és ipari tapasztalat mellett szorosan támaszkodnak a szovjet tudomány és a népi demokráciák eredményeire, valamint minden egyéb máshonnan beszerezhető dokumentációs anyagra. Messzemenően igénybe kell vennie azokat a lehetőségeket, amelyek az Akadémián belül a rokonszakmákkal és az alaptudományokkal való kapcsolatokat illetően fennállanak. Ebből a célból kezdeményezhet esetleg az Akadémia egyéb osztályaihoz is tartozó szakbizottságokkal való együttműködést, komplex bizottságok alakítását, akadémikusok konzultálását, stb.

## 4.

A szakbizottság munkájában messzemenően támaszkodhatik a MTESZ-egyesületek tudományos és műszaki aktíváira. Az egyesületek vezetőségével egyetértésben saját munkájának elősegítésére feladatokat adhat meglévő, vagy e célból létesítendő munkabizottságok számára. Kivételes esetekben az Osztályvezetőség előzetes hozzájárulásával egyes kérdésekben kutatási feladatként való részletes kidolgozásra is létesíthet munkabizottságokat. Ennek pénzügyi fedezéséről a legcélszerűbb akadémiai prémium alakjában az Osztályvezetőség gondoskodik.

## 5.

A szakbizottságok munkaköréhez tartozik a maguk szakterületén:

- a) javaslatok kidolgozása a kutatás fő irányainak és feladatainak kitűzésére úgy az évi kutatási tervek, mint a távlati kutatási tervek keretében;
- b) javaslattevél a népgazdaság és a műszaki tudományok fejlesztése szempontjából legfontosabb kutatási feladatoknak akadémiai témaként való kijelölésére. Az Osztályvezetőség



által megerősített akadémiai témák kidolgozásának tevékeny elősegítése és a velük kapcsolatos kutatómunka ellenőrzése;

c) a tanszékek és intézetek tudományos kutatási tervének felülvizsgálata és véleményezése, a tervek koordinálása, más tudományterületekkel való határkérdések (komplex kérdések) felvetése;

d) az akadémiai felolvasóülések, tudományos előadások, viták, konferenciák, kongresszusok előkészítésének, illetőleg rendezésének elősegítése;

e) a szakmai tudományos irodalom fejlesztése, Acták és Osztályközlemények szakmai cikkekkel való ellátása.

f) szakmai tudományos káderek fejlesztése, ösztöndíjak, aspiránsok munkájának figyelemmel kísérése. Véleményezés tudományos és műszaki káderekézés kérdéseiben;

g) az iparral való közvetlen kapcsolatok fejlesztése;

h) egyéb tudományos kérdések kidolgozása, melyeket a bizottság saját kezdeményezéséből szükségesnek tart, vagy amelyeket az Osztályvezetőség vagy a főbizottság utal át hozzá

## 6.

A szakbizottságok negyedéves vagy féléves munkaterv alapján dolgoznak, amely a Műszaki Osztály munkatervének részét képezi. A szakbizottságok munkatervét az adott tervperiódus kezdete előtt két héttel, a főbizottság hagyja jóvá. A szakbizottság üléseit a szükséghez mérten, de legalább havonta egyszer tartja meg. A rendszeres bizottsági ülések naptárát, legalább egy negyedévre, előre kell meghatározni, lehetőleg összehangolva azt (az osztálytitkárság útján) az osztály egyéb tevékenységével és rendezvényeivel. A szakbizottsági üléseken a főbizottság bármely tagjának, vagy az Osztály akadémikus vagy levelező tagjainak joguk van résztvenni.

## 7.

Kívánatos, hogy egyes állandó jellegű feladatok ellátására (például könyv- és folyóirat kiadványok, ösztöndíjasok, aspiránsok, rendezvények, az egyes tanszékek felügyelete, stb.) a bizottság felelősként 1—2 tagját kijelölje, aki az osztály megfelelő szerveivel, illetve szakelőadóival kapcsolatot tart.

## 8.

A szakbizottság munkájáról negyedévenként írásbeli jelentést tesz a főbizottságnak, félévenként pedig a szakbizottság elnöke beszámolót tart a főbizottság előtt. Fontosabb kérdésekben a szakbizottság saját kezdeményezésére a kérdés megbeszélése céljából a főbizottsághoz fordulhat, illetve a főbizottság kívánhatja, hogy egyes kérdések a főbizottságban is megbeszéltesse. A szakbizottság minden ülésére a főbizottság elnökének és a szakbizottság akadémikus, O. V. felelősenek meghívót kell küldeni, valamint a szakbizottsági ülések jegyzőkönyveit és határozatait is.

A főbizottság, ha a szakbizottság valamely határozatával nem ért egyet, vagy azt még kiegészítendőnek tartja, bármikor kívánhatja, hogy a kérdést a főbizottságban is tárgyalják és a végleges határozatot a főbizottság hozza meg, illetve esetleg kiadhatja — újabb irányelveket megállapítva — a kérdést újra a szakbizottságnak.

A megerősített munkaterv keretén belül a szakbizottságnak — fentiek figyelembevételével — ugyanolyan hatásköre és felelőssége van a maga szakterületén, mint egy akadémiai főbizottságnak. Olyan határozatokat, amelyek az Akadémiára anyagi kötelezettséggel járnak, vagy amelyek általában az osztályvezetőség vagy az Elnökség hatáskörébe tartoznak a szakbizottság csak javaslatként hozhat.

## 9.

A szakbizottság munkájával kapcsolatos adminisztratív teendőket az osztálytitkárság látja el (meghívók szétküldése, jegyzőkönyvek feldolgozása, szétküldése, könyv- és folyóiratkiadással kapcsolatos levelezés, rendezvények adminisztrálása, stb.). Külső szervekkel és hatóságokkal bármilyen levelezést (beleértve pl. szakvélemények adását is), a szakbizottság csak az osztálytitkárságon keresztül folytathat.

## A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA 1952. ÉVI NAGYGYŰLÉSE ALKALMÁBÓL MEGTARTOTT ZÁRT OSZTÁLYÜLÉSEN HOZOTT HATÁROZATOK :

1. A szakbizottságok megerősítésére, azok munkájának irányítására és elősegítésére a legnagyobb figyelmet kell fordítani.

Ennek egyik eszközeként tovább kell fejleszteni azt a már beváltak tekinthető módszert, hogy az osztály rendes és levelező tagjai, mint osztályvezetőségi megbizottak kísérjék rendszeres figyelemmel az egyes szakbizottságok munkáját.

2. Törekedni kell arra, hogy a szakbizottságok munkájában az adott műszaki tudományág elméleti továbbfejlesztése is kellő jelentőséghez jusson. Szükséges ilyen jellegű akadémiai témák külön kiemelése.

3. Az Osztályvezetőség helyezzen különös súlyt az 5 éves tudományos terv, illetve annak hátralevő két évre vonatkozó terv alapos kidolgozására, oly módon, hogy egyrészt annak az 1953. évre szóló része már a jövő évi operatív tervként is megfelelhessen, másrészt pedig a második 5 éves terv problémáinak előkészítése a kellő súllyal kifejezésre jusson.

4. Az 5 éves tudományos terv kidolgozásával kapcsolatban az Osztályvezetőség újból vizsgálja felül tudományos kutatási rendszerünk helyes szervezeti felépítésének kérdését, úgy új műszaki tudományos akadémiai intézetek létesítése, mint a kutatásnak az üzemi laboratóriumok megfelelő felfejlesztése útján való kiszélesítése szempontjából.

5. Könyvkiadásunk színvonalának és minőségi javításának érdekében fontosabb kiadványoknál biztosítani kell a fontosabb kéziratok előzetes szakmai felülbírálását, illetőleg megbeszélését. Az O. V. esetenként szólítja fel erre az illetékes szakbizottságokat.

6. Az Osztály évi könyvkiadási terve O. V. elé terjesztés előtt az Osztály akadémikusai-val felülvizsgálandó. (Esetleg az Acta Technica szerkesztő bizottsághoz hasonló akadémikusokból álló Könyvkiadási Bizottság létesítendő.)

7. Az aspiránsok munkájának megjavítására az alábbi javaslat terjesztendő a T. M. B.-hez:

a) Az első elővizsga anyagát kötelezően szakonként állapítsák meg és dolgozzák ki, hogy ennek alapján az azonos szakhoz tartozó aspiránsok megfelelő körülmények között készülhessenek fel aspirantúra-alapvizsgáikra.

b) A második alapvizsga anyagát illetőleg szakterületenként legalább tájékoztatót kell kidolgozni.

c) Az alaptárgyak továbbképzését az egyetemeken tanfolyamszerűen kell megszervezni és az alaptárgyak további oktatását általában egyetemi tanároknak kell bízni.

d) Amint a lehetőségek engedik, előkészületeket kell tenni, hogy aspiránsvezető csak tudományos fokozattal rendelkező személy legyen.

8. Az Osztályvezetőség hívja fel a szakbizottságok figyelmét arra, hogy nagyobb súllyal foglalkozzanak a termelés minősége megjavításának tudományos kérdéseivel és ezt tekintsék egyik központi feladatúknak. Ennek érdekében utasítsa a szakbizottságokat, hogy a fontos kérdés előbbrevitele érdekében a minőség kérdését munkatervükbe építsék be, a szakterület gyártmányainak minőségi felülvizsgálata a külföldi, magyar szabványok és az üzemi gyártási kiesés, valamint selejt összehasonlítása alapján. Erre vonatkozóan a Bizottságok szólítsák fel a MTESZ tagegyesületeit az előkészítő munka elvégzésére, illetőleg megfelelő munkabizottságok létesítésére. Az Osztályvezetőség szakterületenként készítse elő azokat a minőségi kérdéseket, amelyekkel a szakbizottságoknak elsősorban foglalkozniuk kell és a kérdések tudományos alapon történő kivizsgálása után, a szakbizottságokkal együtt jelölje meg azokat az osztályokat, illetőleg intézeteket, amelyekben a tudományos problémák megoldásra kerülnek.

9. Biztosítani kell, legalább a fontosabb témákat illetően az intézeti záró és a negyedévi jelentések kritikai elbírálását. Az illetékes Minisztériumokkal egyetértésben utasítást kell kiadni a jelentések világos és áttekinthető összefoglalására; határozottan szakítanunk kell azzal a gyakorlattal, amely a zárójelentésekben fölösleges részletek bőbeszédű tárgyalásával a lényegyet elhomályosítja és csak az elvégzett munka eredményének fiktív felfűvésére szolgál.



10. Az Osztály második félévi munkatervében az O. V. tűzze napirendre az alábbi kéréseket:

a) A szakbizottságok az osztályvezetőség előtt történő beszámolóikkal kapcsolatban a beszámolót megelőzően helyszínen vizsgálják felül a szakterülethez tartozó fontosabb intézetek és tanszék munkáját (Tudományos munka bírálata, záró- és negyedévi jelentések, ösztöndíjasok, aspiránsok, stb.).

Ugyanakkor számoljanak be az Elnökség által elfogadott és az Osztályvezetőség által elfogadott szakterületükhöz tartozó akadémiai témákról is.

b) Foglalkozzék az Osztályvezetőség az üzemi laboratóriumok kérdésével.

c) Tűzze napirendre az illetékes miniszterekkel egyetértésben a fontosabb ipari kutatók belső szervezeti rendjének felülvizsgálását.

11. Az Osztályvezetőség kérje fel az Elnökséget, hogy a kutatóintézetek tudományos dolgozóinak ideológiai oktatására illetékes szervek felé tegyen javaslatot.

12. Az Osztály minőségileg és mennyiségileg megnövekedett tudományos munkája szükségessé teszi az Osztály titkári apparátusának megerősítését, főleg egyes nagyobb minőségű szakelődökkel.

Az Osztály javaslata az Elnökség felé:

Szaktitkár-helyettesi állás rendszeresítése.

Megfelelő javadalmazást biztosító főmérnöki állások rendszeresítése.

## A MAGYAR NÉPKÖZTÁRSASÁG MINISZTERTANÁCSÁNAK 2.050/16/1952. SZÁMÚ HATÁROZATA

### *a Magyar Tudományos Akadémia Méréstechnikai és Műszerügyi Intézete létesítéséről.*

1. A mérés-technikai fejlesztése, új műszerek és mérési módszerek tudományos kidolgozása, valamint új tudományos célt szolgáló műszerek helyes felhasználásának előmozdítása érdekében Méréstechnikai és Műszerügyi Intézetet (továbbiakban intézetet) kell létesíteni.

2. Az Intézet neve Magyar Tudományos Akadémia Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet. Székhelye Budapest. Az Intézet élén az igazgató áll. Az igazgatót a Minisztertanács, az Intézet egyéb alkalmazottait a Magyar Tudományos Akadémia elnöke nevezi ki (alkalmazza), illetve bízza meg. Az Intézet személyi és dologi szükségleteinek fedezéséről a Magyar Tudományos Akadémia költségvetésében kell gondoskodni.

3. A Magyar Tudományos Akadémia Elektronmikroszkópi Laboratóriuma beolvad az Intézet szervezetébe és annak fejlesztési alapjául szolgál.

4. Az Intézet feladata:

a) a mérés-technikai módszerek fejlesztése, mérés-technikai eljárások keretében a tudományos kutatás különleges, az ipari kutatás átfogó mérés-technikai feladatainak kidolgozása.

b) különleges és egyéb műszerek beszerzése (elektronmikroszkóp, ultracentrifuga, tömegspektográf, stb.) úgy, hogy felszerelése, valamint tudományos személyzete az összes tudományos és ipari intézetek rendelkezésére álljon.

c) tanácsadás a műszerek beszerzésére és használatára vonatkozóan;

d) speciális és nagyértékű, valamint egyes kutatásokhoz csak rövid időre szükséges műszerek kölcsönzése;

e) az országban található, nagy értékű, vagy ritka különleges (speciális) műszerek kihasználásának gazdaságosabbá és célszerűbbé tétele és ennek érdekében a műszerkataszter összeállítása és vezetése. A kataszterbe való felvétel jellemző adatait a Magyar Tudományos Akadémia állapítja meg. A kataszteri adatszolgáltatás felvétele iránt a Magyar Tudományos Akadémia elnökének javaslatára az Országos Tervhivatal elnöke intézkedik.

5. Az Intézet feladatkörének részletes szabályozását és szervezetét a Magyar Tudományos Akadémia elnöke állapítja meg.

6. Az Intézet felett a felügyeletet a Magyar Tudományos Akadémia elnöke gyakorolja.

7. A határozat végrehajtásáról a Magyar Tudományos Akadémia elnöke a pénzügyminiszterrel és az Országos Tervhivatal elnökével egyetértésben gondoskodik.

*Dobi István s. k.*

a Minisztertanács elnöke.

AZ ORSZÁGOS TERVHIVATAL ELNÖKÉNEK, A KOHÓ- ÉS GÉPIPARI MINISZTERNEK,  
A BÁNYA- ÉS ENERGIAÜGYI MINISZTERNEK, VALAMINT A MAGYAR TUDOMÁNYOS  
AKADÉMIA ELNÖKÉNEK

EGYÜTTES UTASÍTÁSA

*a Kutató Eszközöket Gyártó Vállalat tervekérdéseiről.*

(1952. május 17-i értekezlet.)

1. A Kutató Eszközöket Gyártó Vállalat felügyeletét a Magyar Tudományos Akadémiának kell átadni.

*Felelős:* Hevesi Gyula (Magyar Tud. Akadémia)  
a kohó- és gépipari miniszter megbízásából:  
Lánczos István (KGM)

*Határidő:* 1952. július 1.

2. A Kutató Eszközöket Gyártó Vállalat régi telephelyéről költözzék át — az eddigi telephely ideiglenes megtartásával — a volt Fa- és Vászonzredőnygyárba.

*Felelős:* a kohó és gépipari miniszter megbízásából:  
Szegedi József (Kut. Eszk. Gy. V.)  
az O. T. elnökének megbízásából:  
Mezei János (KÖZELBÍZ.)

*Határidő:* 1952. július 1.

3. A Kutató Eszközöket Gyártó Vállalatnak egy db univerzális marógépet 3 napon belül rendelkezésre kell bocsátani.

*Felelős:* a kohó és gépipari miniszter megbízásából:  
Hidasi Ferenc (KGM)

*Határidő:* 1952. június 3.

4. A Vállalat részére 1 db lemezollót, egy db szerszámköszörűt és két db esztergapadot biztosítani kell.

Mérőeszköz, műszer és egyéb berendezés beszerzésére 250.000.— Ft keretben hitel engedélyezhető.

*Felelős:* a kohó és gépipari miniszter megbízásából:  
Hidasi Ferenc (KGM)  
az O. T. elnökének megbízásából:  
Sági József (O. T.)

*Határidő:* 1952. június 15.

5. A Péczy-féle üzemet szervezotileg a Kutató Eszközöket Gyártó Vállalathoz kell csatolni.

A Péczy-féle részleg részére a Kutató Eszközöket Gyártó Vállalat közelében kell helyiséget biztosítani.

*Felelős:* a bányá- és energiaügyi miniszter megbízásából:  
Macskássy Hugó (BEM)  
az O. T. elnökének megbízásából:  
Mezei János (KÖZELBÍZ.)

*Határidő:* 1952. június 1.

6. A Zwar-féle üzemet a Kutató Eszközöket Gyártó Vállalathoz kell csatolni.

*Felelős:* Hevesi Gyula (Magy. Tud. Akadémia)  
a bányá- és energiaügyi miniszter megbízásából:  
Macskássy Hugó (BEM)

*Határidő:* 1952. július 1.



7. Ki kell dolgozni a Kutató Eszközök Gyártó Vállalat fejlesztési tervét. A fejlesztési terven belül kell eldönteni a beruházási kérdéseket.

*Felelős:* Hevesi Gyula (Magy. Tud. Akadémia)

*Határidő:* 1952. június 30.

Budapest. 1952. június hó 3.

*A határozat végrehajtásának összefogásáért felelős:* Kőmives Frigyes (O. T.).

Kossa István sk.

kohó- és gépipari miniszter.

Czottner Sándor sk.

bánya- és energiaügyi miniszter.

Vas Zoltán sk.

az Országos Tervhivatal elnöke

Rusznayk István sk.

a Magyar Tudományos Akadémia elnöke.

\*

Fentiek kiegészítésül közöljük még az alábbiakat:

1. A Kutatási Eszközök Gyártó Vállalat (Bp. IX., Soroksári-út 113—115.) főfelügyeletét a Kohó- és Gépipari Minisztériumtól a Magyar Tudományos Akadémia vette át.

Az átadás az Országos Tervhivatal elnökének, a Kohó és Gépipari Miniszternek, a Bánya- és Energiaügyi Miniszternek, valamint a Magyar Tudományos Akadémia elnökének 1952. jun. 3-án kelt 0181/I/1952. sz. »Együttes Utasítás«-án alapszik.

2. A vállalat elnevezése:

»Magyar Tudományos Akadémia Kutatási Eszközök Kivitelező Vállalata« (KUTESZ)

3. A vállalat tárgya: a tudományos és ipari kutató intézetek, ipari vállalatok, valamint egyetemi taniszékek, egyedi műszerek, kísérleti és kutatóeszközök szükségletének kielégítése.

Gyártmányai:

a) A »MNOSZ 11.200« fogalmi körébe tartozó olyan mérő- és leolvasó műszerek, melyek fokozottabb pontossági követelmények, vagy különleges kivitel miatt szériában nem gyárthatók.

b) Olyan különleges laboratóriumi eszközök (különösen üvegkészülékek), melyeket a hazai ipar nem gyárt szériákban, vámkülföldről való behozataluk pedig nehézségekbe ütközik.

c) Kísérleti készítmények és gépek (mint keverők, reaktorok, duplikátorok, autoklávok, különleges centrifugák, stb.).

d) Olyan armaturák és szerelvények, melyek speciális laboratóriumi felszerelési tárgyak részére, illetve amelyek különleges ipari kutatási célokra fokozott gondossággal készítenők el.

e) A fentiekben körülírt kutatási és kísérleti célokat szolgáló eszközök és berendezési tárgyak működtetéséhez szükséges automatikák.

f) Kutatási és kísérleti célokat szolgáló különleges eszközök és berendezési tárgyak javítása.

## KÖNYVSZEMLE

### Alexander Geleji : DIE BERECHNUNG DER KRÄFTE UND DES KRAFTBEDARFS BEI DER FORMGEBUNG IM BILDSAMEN ZUSTANDE DER METALLE.

Akadémiai Kiadó. 1952. 248 o., 240 ábrával

Ez a könyv nem egyszerű német fordítása *A fémek képlékeny alakításánál fellépő erők és erőszükséglet meghatározása számítás útján* c. könyvnek, mely a Mérnöki Továbbképző Intézet kiadásában 1948-ban jelent meg.\*

A magyarul megjelenő könyv első olyan tudományos munka, amely a kovácsolás, a sajtolás, a rúd-, és lemezhangterelés, a csőhangterelés, a rúd- és csőhúzás, a dróthúzás, a rúd-sajtolás, a lemezsajtolás és a mélyhúzás belső anyagmozgásának erő- és munkaviszonyait egységes és átfogó elméletből származtatja le. A kivételben egymástól nagyon eltérő, de alapelveiben rokon, sokféle alakítási művelet kísérő jelenségeit elemzi, ezekből leszűri a közös törvényszerűségeket és olyan matematikai formulákba önti, amelyekből a különböző alakítási műveletek erő- és munkaviszonyai könnyen kiszámíthatók.

Ezt az egységes és átfogó elméletet, az alakváltozáskor az elemi fémhasáb oldallapjaira ható főfeszültségek egyensúlyából kiindulva, következetesen alkalmazza a szerző a felsorolt alakítási műveleteknél. Minden esetben megállapítja az anyag-elmozdulással szemben fellépő alakítási ellenállás matematikailag helyesen felépített képletét. Nagy gyakorlati értéke ennek a tudományos alapon felépített elméletnek, hogy az összes hatótényezők befolyását számításba vonja. Mivel azonban e műveleteknél minden esetben fontos szerephez jut a súrlódás is, mely a belső anyagrészek között, valamint az alakító szerszám és a munkadarab között fellép, az elméleti képletekbe megfelelő korrekciós tényezőket illeszt be a szerző, amiáltal az e képletekkel kiszámított értékek a gyakorlati határokon belül teljes összhangban vannak a nagyüzemi kísérletek során mérésrel meghatározott értékekkel.

A fejlődést legjobban azok az új ábrák mutatják, melyek a kiforrottabb elmélettel kiszámított értékeknek és az időközben Pomp, Knackstaedt, Weiss, Siebel és Albert által megejtett kísérleti mérések eredményeinek összhangját igazolják. Ezek között igen figyelemreméltók a 126—161. sz. ábrák, melyekből a rúd- és dróthúzás folyási határa, alakítási ellenállása és az e műveleteknél kifejtendő húzóerő értékeit olvashatjuk ki. A 23,1—23,41 jelű egyenletekben a tiszta alakítási munka és a szerszám felületi súrlódása mellett már szerephez jut a Zs belső súrlódási veszteség is. Bár ez utóbbi az összes alakítási munkának egészen elhanyagolhatóan kis töredéke, mégis teljesebbé teszi a szerzőnek az alakítási ellenállásoknál általánosan alkalmazható elméletét, melynek fejlesztése során elért egyik legjobb eredmény a húzóüreg leggazdagabb kialakításának, illetőleg a legkedvezőbb hajlásszögének számításával való meghatározása (23. fejezet 3. pont).

Teljesen átdolgozott fejezet a III. 16., melyben a szerző a hengerrésben fellépő erők számítását adja, részletesen kielemezve az alakítási ellenállás eloszlását a munkahenger és a munkadarab felületén, továbbá a csúcsfeszültségek kialakulását a különböző fémeknél és súrlódási tényezőknél.

A munkadarab lehülésének számítását adó III. 19. fejezet, továbbá a csőhangterelés minden problémáját felelőleg IV. 21. és 22. fejezetek nem vesztettek újszerűségükből, mert a magyar könyv megjelenése óta sem találtunk a külföldi irodalomban e kérdésekkel foglalkozó, hasonló gyakorlati értékű tanulmányokat. Éppen így változatlanul élenjárók maradnak a könyvnek a lemezek hajlításával és mélyhúzásával foglalkozó fejezetei is, melyek beszédes példái annak a módszernek, hogy egy tudományos elmélet hogyan alkalmazható a technológiai üzemek gyakorlati problémáinak megoldásánál: az egyes fejezetekben az elméletet a feldolgozott számpéldák egész sora hozza kapcsolatba a létkető élettel.

Pattantyús Á. Imre.

\* Ismertetését lásd a Bányászati és Kohászati Lapok 1949. évf. 119. l.



I. E. Kontorovics: »AZ ACÉL ÉS AZ ÖNTÖTTVAS HŐKEZELÉSE«.  
(Akadémiai Kiadó 1952. 527 oldal. 86 táblázattal és 394 ábrával.)

A könyv magyar kiadásának szerkesztője — Gillemot László akadémikus, egyetemi tanár — a könyvhöz írt külön előszavában három mondattal találóan jelölte meg Kontorovics művének jelentőségét. A következőket mondja:

»Kontorovics könyve a világirodalomban is egyedülálló összefoglalása az acél és az öntöttvas hőben való kezelésének. A tárgykört messzemenő részletességgel, a legkorszerűbb színvonalon ismereti. Magyar fordításának megjelenése hézagpótló lesz az ipar számára, de hasznos könyv lesz azoknak az egyetemi és főiskolai hallgatóknak is, akik ismereteiket tovább kívánják bővíteni.«

A mű három részben, hét szakaszban (illetőleg 42 fejezetben) dolgozza fel a hőkezelés rendszerét. Az első és második rész a acél- hő- és vegyi hatásokkal való kezelésének kérdéseivel, a három-, négy- és többalkotós ötvözetek állapotábráival és hőkezelésével, a harmadik rész pedig az öntöttvasak általános jellemzésével, hőkezelésével és modifikálásával foglalkozik. A szerző az így megjelölt tárgykört olyan nagy részletességgel bontja fel (a fentebb említett 42 fejezet 176 §-ra oszlik), hogy a tartalom további tételes felsorolása nem volna célszerű.

Kontorovics műve valódi tudományos könyv, a hőkezelés egész tudományának kézikönyve, hozzá még igazi szovjet tudományos könyv, amelyben a 126 felsorolt irodalmi forrás között mindössze takán 10 külföldi szerző munkáját találjuk; a többi mind a Szovjetunióban dolgozó tudós és szakember könyve, vagy értekezése. Ez a könyv különben azért is nevezetes, mert tudománytörténeti részében hitelesen bizonyítja, hogy például D. K. Csernov, A. A. Bajkov, N. Sz. Kurnakov kutatási eredményeikkel a metallurgia és a metallografia terén időben messze megelőzték azokat a külföldi tudóstársaikat, akiknek a prioritást itt-ott tulajdonítani szokták.

Ez a könyv is híven őrzi a szovjet tudományos irodalomnak azt a jó szokását, hogy az elmélettel párhuzamosan a gyakorlati kivittel és az acél, valamint az öntöttvas minden fajtájának gyakorlati alkalmazásával is részletesen foglalkozik. Legjobb példái ennek az edzésről és megeresztésről, valamint a felületi kezelésről szóló fejezetek. Itt a zérus fok alatti hőmérsékleteken történő edzésnek és a nagyfrekvenciájú elektromos felületi hőkezelésnek eredményeit is megismerjük. Az acél nitridálását és cianidálását elméleti és gyakorlati tekintetben részletesen tárgyalja.

Az ötvözött acélokról szóló fejezetek a könyv legértékesebb részei. A mangán-, nikkell-, króm-, kobalt, wolfram-, molibdén- és szilícium-acélok állapotábráiról, sajátságairól, gyártásáról és alkalmazásáról semmiféle más könyvben nem találunk együtt ennyi becses adatot. Az ötvözött többalkotós acélok hibáinak tárgyalása során megismertedünk V. J. Dubojov kutatásával, amelyek arra mutatnak, hogy az oly gyakori pelyhesedést a hidrogén okozza. A hidrogén kiválaszkor gázalakú lesz és ha nem tud eltávozni az acélból, igen nagy nyomást fejt ki s az acél elszakadásához, vagyis pehelyképződéshez vezet. Azt is megtudjuk, hogy a Szovjetunióban a szokásosnál kisebb mértékben ötvözött, tehát egyszerűbb gyártású és olcsóbb gyorsacélokat állítanak elő. A hőálló acélok fejezete igen becses adatokat tartalmazó öt táblázatot hoz. külön egyet az ötvözött acélok meleg-tartósfolyásáról.

Az autómata-acélok fejezete megenlékezik az acélnek ólommal való ötvözéséről is. Az ólom tulajdonképpen zárványok alakjában van az acélban. részecskéi mintegy kenőanyagként szolgálnak és így csökkentik a vágásnál keletkező hőt. Rendszerint 0,2—0,5% ólomot adnak az acélba.

Az öntöttvasokról szóló szakaszok részletesen ismertetik az öntöttvas minőségének fokozatos javulását és azokat a módszereket, amelyek a javuláshoz vezettek. Ebben a fejezetben (40) különösen figyelemreméltó a modifikált öntöttvasról szóló 165. §. Megismerjük itt a különféle modifikátorok hatását a mechanikai tulajdonságokra. A 80. táblázat hozza a Szovjetunióban szabványosított modifikált öntöttvas típusok jellemző tulajdonságait. E típusok némelyikének kifáradási határa hőkezelés után alig marad el az acél kifáradási határától. Modifikálással 70—75 kg/mm<sup>2</sup> szakítószilárdság és 50—55 kg/mm<sup>2</sup> folyási határ is elérhető az öntöttvasban.

A temperöntvény 169. §-ában olvassuk, hogy a temperás rendkívül gyors izításának eredeti módszerét a Szovjetunióban dolgozták ki és diszperziós izításnak nevezik. Ez a módszer (amelyet a könyv 512. oldala ismertet) a temperöntvények izzító szakaszát a szokásos 64 órától 24 órára csökkentette.

A könyv magyar szövege, vagyis a fordítók munkája általában jó és — ami a legfontosabb — éppen az elméleti részekben a legjobb. Néhány új elnevezés, amilynek például a *regyes-kristály*, az öntöttvas töretének *fehérédése* és *fehértése*, tökéletesen megfelel a magyar nyelv igényeinek. A *fémtudomány* is jól hangzó név, bár más tudománysszakok analógiájában groteszkskül hatna.

Bizonyos mértékig nehézkessége a szövegnek, hogy a fordítás általában némi szószaporitással készült. Egyik példája ennek a 151. § címe. Ez így hangzik: »A magas hőmérsékleti

viszonyok közötti működésre kiszemelt acélok...«, holott elegendő lett volna ennyi: A hőálló acélok... éspedig annál inkább, mert a fejezet címében is ez áll.

Néhány félreértésből eredő elnevezés is belekerült a magyar szövegbe. Így a szakirodalmi használatból régen kivetszett *öntött acél* többször fordul elő a szövegben tégelyacél, sőt folyasztott acél helyett. Az igen helyesen alkalmazott *nitridálás* és *szilicidálás* mellett az alumíniummal történő felületi hőkezelést ugyanezen az alapon *alutálásnak* kellett volna (és szoktuk is) nevezni a németes *alutirozás* helyett. A 76. táblázatban a lágy szürkevas és a perlites öntöttvas adatai után megemlített »hengeres öntöttvas« bizonyára sajtóhiba.

Mindent egybefoglalva meg kell állapítanunk, hogy Kontorovics könyve a műszaki tudományok irodalmának jelentős gazdagodását és nagy értékét jelenti, amelyet a magyar mérnökök, egyetemi és főiskolai hallgatók nagyon meg fognak becsülni. A könyv kiállítása mindenben méltó az Akadémiai Kiadó-hoz: a mikroszövevi képek külön beillesztett finom reprodukciós lapokon készültek.

*Cotel Ernő.*

*Vadász Elemér: KÖSZÉNFOLDTAN.*

(Akadémiai Kiadó, 1952. 180 oldal.)

A kőszén mint energiaforrás s mint a vegyipar nyersanyaga, egyike a legjelentősebb népgazdasági tényezőknél. Nagy elméleti és gyakorlati jelentősége van annak, hogy földtanával kutató, termelő és feldolgozó szakembereink megismerkedjenek. A kőszén kialakulásának körülményei határozzák meg összetételét és tulajdonságait (hamutartalom, fűtőérték, kokszolhatóság, hidrogénezhetőség, stb.). Ezeket a kőszénképződés folyamatában keletkezett sajátosságokat előnyösen, vagy hátrányosan befolyásolhatják a Föld fejlődése során ható tényezők (természetes kokszosodás, impregnáció, stb.). A kőszén minőségi, mennyiségi és területi eloszlásának ismeretében készíthető felhasználására vonatkozó pontos terv. Ezeknek figyelembevételével foglalja össze Vadász Elemér akadémikus »Kőszénföldtan« című könyvében a hatalmas ismeretanyagot.

A mű két részre tagolódik: 1. általános kőszénföldtan, 2. területi kőszénföldtan.

Az általános kőszénföldtan fejezetei: I. A kőszén megismerésének története. II. A kőszén fizikai, vegyi és ásványos sajátosságai. III. A kőszén közettani jellegei. IV. A kőszénképződés. V. Kőszénrétegtan. VI. A kőszén és a kőszéntelepek utólagos változásai. VII. A kőszénképződés időbeli megjelenése. VIII. Kőszénterületek gazdaságföldtani megítélése. A könyv általános kőszénföldtani részével felületes áttekintése esetén mutatkozó hiányosságok csak látszólagosak, mert a mű szorosan összefügg — mint erre a könyv előszava is utal — Szádeczky-Kardoss Elemér akadémikus »Szénközettan« című, ugyancsak ez évben megjelent munkájával, melyben a hiányolt részek megtalálhatók.

A területi kőszénföldtan fejezetei: I. Európa feketekőszén területei. II. Szovjetunió feketekőszén területei. III. Ázsia feketekőszén területei. IV. Északamerika feketekőszén területei. V. Déli szárazföld feketekőszén területei. VI. Európa barnakőszén területei. VII. Ázsia, Észak- és Délamerika, Ausztrália, Afrika barnakőszénterületei. VIII. Magyarország kőszénterületei. A területi kőszénföldtan a világ legfontosabb kőszénelőfordulásait a szakirodalom legújabb adatainak felhasználásával ismerteti, kitűnő, tömör összefoglalásban. Ennek a résznek egyik fejezete írja le szakirodalmunkban először a Szovjetunió kőszénelőfordulásait. A rendkívül sok adatból az olvasó általános tanulságokát vonhat le. teljes és összefüggő képet kap a Föld kőszénkincsének felszíni eloszlásáról.

A hatalmas munka nemcsak az eddigi általános, kőszénföldtani ismereteket összegezi, hanem a szerző hosszú évek során át végzett tudományos és gyakorlati irányú kutatásainak eredményeit is tartalmazza. Az innen származó sok, különösen hazai vonatkozású adat, nagymértékben segíti a kutatók és gyakorlati szakemberek munkáját.

Kőszénföldtani irodalmunk az eddigiekben, a gyakorlat napi kívánalmait kielégítő részleteredményeket közlő, összehasonlító szemlélet-, összefüggések nélkül. Az ilyen tárgyú első, magyar nyelven megjelent, egységes, minden szempontra kiterjedő mű főérdeme, hogy tárgyalási anyagát dialektikusan állítja be és tökéletes logikai sorrendben foglalja össze. Az elméleti fejtegetéseket alátámasztó példák is hangsúlyozzák az elmélet és gyakorlat szoros kapcsolatát. A könyv kitűnően ismerteti az orosz és szovjet kutatók eredményeit a rendelkezésre álló szakirodalom alapján. A szerző érdeme az is, hogy akadémiai színvonalú anyagát, világos tárgyalásmódjával és kiváló magyar nyelvezetével, közel hozza minden olvasójához.

A könyvnek igen nagy értéke a sok kitűnő térkép, szelvény, táblázat és fénykép. Szép kiállítása az Akadémiai Kiadó jó munkáját dicséri.

*Meisel János*



című munkája 315 oldalon foglalkozik a kőszén kémiai és fizikai sajátágaival, a kőszén elegyrészeivel (ezen belül a szerves anyagú ásványok rendszerével), a kőszén képződésével és a kőszénfajták rendszerezésével.

Szerző felfogása szerint a kőszén lényegileg határozott, jól definiálható elegyrészekből áll. A heerleni egyezmény által elfogadott négyes sávbeosztás (vitrain, clarain, durain, fusain; amely lényegileg a makroszkópos fényes és fénytelen sávféleségek tisztán leíró, genetikailag nem egyértelmű mikroszkópos továbbbontása) helyett kidolgozta és alkalmazza az anyagszerkezetileg pontosabban jellemezhető, vizuálisan felismerhető, fizikailag elkülöníthető, egyértelmű vizsgálatokhoz, genetikailag is pontosabban kiértékelhető homogén elegyrészek fogalmait: a bituminit, huminit, oxinit fogalmakat és ezek alfajait.

Kimutatja, hogy a kőszénelegyrészek nagy száma ellenére is, azok túlnyomó része kevés alaptípusra vezethető vissza: az uralkodóan micelláris, ill. makromolekuláris huminitekre és oxinitekre, továbbá a csak részben amorf, de részben kristályos bituminitekre. Minthogy a kőszén szerves eredetű elegyrészei aránylag egységes kötéstípusúak és mindössze majdnem kizárólag a három főelemből (C, H, O) állnak, ezért sajátágai elsősorban az elemi összetételtől függenek. Az elemi összetétel változásával a fizikai sajátágok is változnak. Szádeczky akadémikus vizsgálatai szerint a fizikai-kémiai sajátágok fokozatos, többnyire egyirányú változása nem folyamatos, hanem diszkontinuális, a sajátágok egyirányú változása közben a mennyiségi változások szükségképpen jelentkező minőségi ugrások is jelentkeznek.

A kőszénelegyrészek különböző sajátágainak összefüggései, melyeket szerző rendszeres és széleskörű vizsgálatokkal dolgozott ki, lehetővé teszik, hogy azok már egy-két fizikai adattal több-kevesebbé meghatározhatók legyenek. Ebből a legkülönbözőbb, gyakran eleve tekintetbe sem vehető, iparunk számára döntően fontos technológiai sajátágok is logikusan következnek. Ilyen módon a kőszén technológiai határozott számértékekre vezethetők vissza, ami lényegesen elősegíti a kőszénmel való gyakorlati munkákat.

Szerző a szokásos szénülési fokozatokon alapuló kőszénrendszerezési elv alkalmazása mellett egy, a mai lépőveken alapuló részletesebb genetikai rendszerezési elvet dolgozott ki, amely lehetővé teszi egyrészt a kőszénterület genetikai tagolását, másrészt gyakorlati jelentősége az, hogy lehetővé teszi az egyes kőszénfajták céltudatos nyomozását, a rétegpárhuzamosítást és a kőszéntelep horizontális továbbnyomozását az ismert telephatáron túl is. Erre néhány példát mutat be a sajtóvölgyi medence és a nyugatborsodi, valamint nógrádi kőszéntelep közötti gyakorlati kapcsolat és a tágabb értelemben vett tatabányai medence esetében.

Részletesen foglalkozik a kőszénbányászatot, kőszénfelhasználó ipart közvetlenül érintő elméleti és gyakorlati problémákkal is: a kőszén szilárdságának, fejtési osztályainak, aprózódásának, a különböző elegyrészek liofob-liofil viselkedésének, a szénmosás, brikettezhetőség, kokszolhatóság, extrakció, salakosodás, öngyulladás, kőszeneink kén-tartalmának, stb. kérdéseivel. Kimutatja pl., hogy a kokszolhatóságnál a bitumen szerepe nem olyan döntő, mint régebben gondolták: elveti azt a felfogást, hogy a kokszolódás kizárólag a szénülés függvénye és megállapítja, hogy a kokszolhatóság elsősorban szövetszerkezeti kérdés: a kokszképződés a kisebb hőmérsékleten gázt leadó bituminitek felfűvő hatására akkor jön létre, ha a bituminiteket megfelelőképpen zárt mikroszerkezetes vitrit veszi körül. Szádeczky akadémikus foglalkozik a kőszén jövőbeli felhasználásával: a barnakőszén hamuval és salakkal, mint nagyértékű fémekkel (U, V, Ge, Ti, Mo, Cr, W) esetleges nyersanyagával is.

Az elegyrészeket az eddigi súlyszázalékos ábrázolás helyett atomszázalékokban ábrázolja háromszögdiagrammban, kiemelve a H nagy jelentőségét. Az atomszázalékos ábrázolással eléri, hogy a különböző vegyületek pólusai a projekcióban szétterülnek és genetikailag élesebben elkülönülnek. Ezáltal a folyamatok világosabban tagolhatók és grafikus számításra is alkalmasak.

A szövegek közötti 39 diagramm, ill. ábra rendkívül fontos összefüggéseket tartalmaz, a 93 mikroszkópi felvétel és a közel 260 irodalmi utalás igen jól egészítik ki Szádeczky akadémikus kiváló szintézisét, melyet a magyar kőszéntudomány, kőszénbányászat és feldolgozó ipar régóta nélkülözött.

Soós László

#### Florin V. A.: A TALAJ KONSZOLIDÁCIÓJÁNAK ELMÉLETE

Kivonatos fordítás. Kovács Katona László és Csellár Ödön fordítása alapján összeállította Kézdi Árpád. Tervgazdasági Könyvkiadó kiadása, Budapest, 1952. 64. o.

Florin V. A. könyve a talajok összenyomódásának elméletében alapvető jelentőségű. Minden talajban, melynek vízáteresztőképessége egyúthatója kicsiny, a rájutó terhelések

hatására keletkező összenyomódás az időben elhúzódva következik be: a terhelés az első pillanatban *semleges feszültségként* érvényesül a talajban, vagyis az erőket a víz veszi fel s csak később, az összenyomódás bekövetkezése után hordja azt a talaj vázszerkezete. E folyamat törvényszerűségeinek ismerete agyagtalajon emelt műtárgyak állékonysági és alakváltozási vizsgálatánál igen nagy jelentőségű. A régebbi elméletek e kérdést mechanikusan, elszigetelten, s a valóságtól távolálló egyszerűsítő feltevésekkel tárgyalták. Florin szovjet szerző az érdem, hogy egy olyan elméletet alkotott, mely, mint a talajvíz filtrációs elméletének szerves része, az elhanyagolásokat a legkisebb mértékre csökkentti, így az elmélet széleskörű alkalmazását teszi lehetővé. A talajban, a külső, ill. önsúlyokozta terhelés hatására bekövetkező vízmozgás általános törvényét vezeti le, háromfázisú talajban — midőn tehát a pórusok egy részét levegő tölti ki — mind sík, mind térbeli feladatra alkalmazható módon.

A kivonatos fordítás a műnek a következő fontos fejezeteit tartalmazza. Bevezetésképpen ismerteti a konszolidáció elméletének jelenlegi állását, különös tekintettel a szovjet kutatók nálunk eddig nem ismert munkáira. Majd részletesen tárgyalja az elmélet alapfeltevéseit, mert minden elmélet alkalmazásának legfontosabb követelménye, a feltevéseknek az illető konkrét esetben való teljesülése. Bemutatja a vízmozgás jelenségének leírására felhasznált Darcy—Gerszevánov egyenletet, majd rátér a konszolidáció alapegyenletének részletes ismertetésére. Az általános egyenletet azután a gyakorlatban speciális esetekre egyszerűsíti: tárgyalja a lineáris deformáció esetét, a süllyedések számítását és bemutatja azt a szellemesen egyszerű megoldást, mellyel a talaj háromfázisú volta egy tényező — más időlépték — segítségével vehető figyelembe. Végül két egyszerű esetre — egyméretű és síkbeli feladat — mutatja be a szerző módszerét s mindkét esetet számpéldával illusztrálja.

Agyagtalajokon alapozott műtárgyak tervezésében, továbbá hidraulikus úton készült nagy földmunkák vizsgálatában nagy segítséget nyújt a kiváló szovjet tudós magas színvonalú elmélete.

*Kézi Árpád.*

## **Bogárdi János: KORRELÁCIÓSZÁMÍTÁS ÉS ALKALMAZÁSA A HIDROLÓGIÁBAN**

Akadémiai Kiadó. 1952. 254 o., 15 ábra, 76 táblázat.

*Bogárdi János* könyvében új utat mutat a magyar hidrológiai szakirodalomban. A hidrológiai kutatások egy jelentős matematikai módszerének adja az elméletét, a gyakorlati feladatok megoldásához kielégítő módon, s ugyanakkor gazdag hidrológiai példaanyaggal segíti elő az alkalmazást.

A könyv statisztikai adatok rendszerezésének és feldolgozásának egy kérdéscsoportját: a két, vagy több tulajdonságra, jelenségre, vagy mennyiségre vonatkozó észlelési anyag együttes rendszerezését és feldolgozását öleli fel. Tartalmi felépítése egyszerű és világos: Az első fejezet a valószínűségszámítás néhány alapvető és a korrelációszámítás szempontjából jelentős tételeit ismerteti. A második és a harmadik fejezet a kétváltozós és a többszörös korrelációszámítás tételeit, bizonyításait és számítási vázlatait adja meg, végül a negyedik fejezet a hidrológia tudományának területéről vett számpéldákat foglalja össze. Az utóbbi fejezet gazdag példanyaga elsősorban a talajvízszintek és a folyóvízszintek vizsgálatára vonatkozik, az ismertetett módszerek azonban a hidrológiai kutatások más területein is haszonnal alkalmazhatók és a nemzetközi szakirodalomban is nagy értéket jelenthetnek.

A könyv jelölései *Csuprov* nyomán készültek, a valószínűségszámítási alapot *Kolmogorov* elméleti irányzatát adta meg, a magyar valószínűségszámítási nomenklatura *Rényi Alfréd* munkáiból való.

A szerző a bevezető fejezetben a *valószínűség* fogalmának korszerű szovjet meghatározását mutatja be. Foglalkozik az összetett valószínűségekkel, jellemzi az észlelések clozálására a várható értékkel, és a valódi szórással. Párhuzamot von a fogalmak tisztább meghatározására a relatív gyakoriság, a számtani közép és a szórás, valamint a valószínűség, a várható érték és a valódi szórás között.

Megállapítja, hogy mindazoknál a jelenségeknél, mennyiségeknél, amelyek kapcsolatával a korrelációszámítás foglalkozik az *észlelési adatok valószínűségi változókként foghatók fel*. A valószínűségi változóknál lényeges a valószínűségek szerepe, mivel az egyes értékek mindig határozott valószínűség szerint érvényesülnek. Ezeknek a változóknak a hidrológiában csaknem kizárólag folytonos sokaságai, vagyis a valószínűségi változók egymásutáni sorozatai fordulnak elő. A valószínűségi változók értékei folytonos sokaságnál leggyakrabban időbelileg következnek egymásután.



A valószínűségi változók kapcsolatát *valószínűség-elméleti*, vagy *stochasztikus kapcsolatnak* nevezzük. A korrelációs számítás feladata ezeknek a valószínűség-elméleti kapcsolatoknak a meghatározása. A valószínűség-elméleti, stochasztikus összefüggéseknél a valószínűségi változók bizonyos valószínűséggel kapcsolatban függenek egymástól. A valószínűségek jelentősége nyilvánvaló, miután maguk a valószínűségi változók mindig határozott valószínűség szerint veszik fel különböző értékeiket, tehát a valószínűségi változók közötti kapcsolat éppen a valószínűségek következtében lazább a függvénykapcsolatnál: A független változók értékehez a függő változónak mindig több, határozott valószínűségekkel bekövetkező értéke tartozik.

A szerző a kétváltozós korrelációs számítás tárgyalásánál részletesen leírja azokat a mélyreható vizsgálatokat, amelyeknek a valószínűség-elméleti kapcsolatok kiszámítását meg kell előzniük. Két valószínűségi változó kapcsolatát csak bizonyos feltételek mellett célszerű vizsgálat tárgyává tenni. Elsősorban az *ok és okozati viszonyban álló változók* kapcsolatát érdemes vizsgálni, de a kapcsolat meghatározásának lehet értelme akkor is, ha a *kérdéses két jelenség egy harmadikkal, vagy esetleg több más jelenséggel áll ok és okozati összefüggésben*. Ez az utóbbi kapcsolat a szimptomatikus kapcsolat.

A szerző bemutatja a valószínűség-elméleti vizsgálatok végrehajtásával kapcsolatban a két változó eloszlását egymással összefüggésben ábrázoló korrelációs táblázatot, a várható értékeket (és az átlagos értékeket) jellemző szorzathatványmomentumokat. A momentumok elvének megértéséhez szükséges eloszlásfüggvényt és valószínűségi sűrűségfüggvényt,

a szórásra vonatkozó centrális momentumokat, és végül a kapcsolat szorosságát mérő szorzatmomentum hányadost, vagy másképpen korrelációs tényezőt.

A valószínűség-elméleti kapcsolatoknál a legfontosabb kérdés a *kapcsolat szorossága*. A korreláció szorosságának jellemzésénél a függvénykapcsolatot tekinthetjük az egyik szélső értéknek, míg a másik szélső értéket a kapcsolat, az összefüggés teljes hiánya szolgáltatja. E között a két szélső érték között változnak a valószínűség-elméleti kapcsolatok szorosságának mértékszámai.

Tekintve hogy a korrelációtáblázat a függőváltozó várható legvalószínűbb értékeit csak a független változónak az intervallumközepekkel azonos értékeinél adja meg, azaz nincs meg a folytonosság és nincs meg a kiegyenlítés lehetősége, a *két változó kapcsolatát folytonos összefüggéssel, az úgynevezett kapcsolatot* kifejező egyenlőséggel, regressziós egyenlőséggel is kifejezzük. Az egyenlőséget ábrázoló vonalakat összefüggés-vonalaknak nevezzük.

Foglalkozik még a könyv ezen fejezete a gyakorlat igényének megfelelően a *korrelációs tényező közelítő gyors meghatározásával*. Bevezeti továbbá a lineáritás megítéléséhez alkalmas korrelációs arányszámot is. Tárgyalja a lineáris és nem lineáris kapcsolatokra vonatkozó eljárásokat. Megmutatja a kísérleti utat a nem lineáris kapcsolatoknak lineárisra való átalakítására.

Megvizsgálja, hogy a rendelkezésre álló értékpárok segítségével kiszámított mértékszámokból mi módon következtethetünk a *valódi értékekre*. Ilyen következtetések csak az *ú. n.* nagy számok törvénye alapján vonhatók le. Mivel a valódi értékeket nem ismerjük, a rendelkezésünkre álló észlelési anyagból levezetett mértékszámoknál meg kell becsülni azt a hibát, ami a valódi értékekhez viszonyítva fennáll. Lényegileg tehát meg kell becsülnünk azt a hibát, amelyet akkor követünk el, ha a keresett és ismeretlen valódi mértékszámok helyett a közelítő mértékszámokat használjuk.

A *hibaszámítások* ismertetésénél nem a változók véletlen és szisztematikus hibáinak kiszámítására, hanem a két változó kapcsolatát jellemző paraméterek azon hibáinak meghatározására mutatja meg az utat, amelyek abból származnak, hogy az észleléseknek csak korlátozott számából határoztuk meg a paramétereket.

Röviden kitér a különleges esetet jelentő *»normális korreláció«*-ra is, valamint ismerteti a *rang- és az előjelkorrelációt*.

A következő fejezet a többszörös korrelációval foglalkozik. A természetben leggyakrabban előforduló azon jelenségek közti kapcsolatokat, amelyek többszörös okozati viszony eredményei, nem lehet egyszerű korrelációval kifejezni, hanem csak úgynevezett *többszörös korrelációval*. A többszörös korrelációnál a valószínűség-elméleti összefüggésben lévő változók száma kettőnél több.

A többszörös okozati viszony eredményeként jelentkező jelenségeknél bizonyos esetekben a függő változó kapcsolata *egyetlen független változóval* is kimutatható, vagyis a kiválasztott független változón felüli változók hatását elhanyagolhatjuk és így egyszerű korrelációval számolhatunk. Ez természetesen a pontosság és a megbízhatóság rovására megy.

Gyakran az összefüggő változók kapcsolata *egyetlen független változóval hi sem mutatható*. bár a köztük lévő ok és okozati összefüggés nyilvánvaló. Ilyen esetben egyszerű korrelációval nem számolhatunk.

Természetesen a többszörös korrelációnál is a független változók egy adott értéksorozatához a függő változónak több, határozott valószínűséggel bekövetkező értéke tartozik. Itt is azonban, az egyszerű korrelációs számításához hasonlóan, a kapott összefüggések a *kérdéses függő változó várható, legvalószínűbb értékét adják.*

A többszörös korrelációnál összesen  $n$  változónál  $n$  kapcsolatot kifejező egyenlőséget határozhatunk meg, oly módon, hogy minden változót egyenként függő változónak tekintünk. Az így meghatározott egyenlőségek egyenként ezeknek várható, legvalószínűbb értékét adják, az összes többi változó egy-egy adott értéksorozatja esetén. A műszaki gyakorlatban legtöbbször elegendő egy függő változó legvalószínűbb értékének a meghatározása, ami által elegendő csupán egy kapcsolatot kifejező egyenlőség felírása. A többszörös korrelációnak ilyen módon való meghatározását *egyszeres viszonylatra való számításnak* nevezhetjük.

A többszörös korrelációnál meghatározhatjuk az  $n$  változó közül tetszés szerint kiválasztott két változó egyszerű, ú. n. *parciális korrelációját* is, amelyet felhasználunk azután a *totális*, vagy *teljes korreláció* számításához.

A többszörös korrelációnál részletesen csupán a lineáris kapcsolatokkal foglalkozik a könyv. Részletes tárgyalásában megadja a többszörös korreláció általános, majd az egyszeres viszonylatra vonatkozó megoldását. Röviden foglalkozik a nem lineáris korreláció meghatározásának elvi kérdéseivel.

Mind az egyszerű, mind a többszörös korreláció számítását számítási vázlatok közreadásával könnyíti meg.

A befejező fejezetben először is az észlelési anyag és a változók kiválasztásánál követendő gyakorlati szempontokat foglalja össze, majd példasorozatot mutat be.

A példák megoldása az okserű *minőségi elemzéshez* mutatja meg az utat. Ha *minőségi elemzéssel* már megállapítottuk a korrelációs számítás feltételeinek kielégítését és *műszaki szempontból* is kívánatos a kapcsolat meghatározása, a korrelációs számításba bevonandó *változók megállapítása* következik. Nyilvánvaló ugyanis, hogy ugyanazt a fizikai jelenséget különbözőképpen képezett változókkal is lehet jellemezni. Az is természetes, hogy egyik kapcsolat jobb, mint a másik. A változók kijelölésénél természetesen az utóbbi kapcsolat meghatározására törekszünk. A változók számának megállapításánál nagyon gondosan kell eljárni. Nyilvánvaló ugyanis, hogy minden újabb változó nagymértékben megnöveli számítási munkánkat. A változók kijelölése után az *észlelési anyagot* kell összegyűjteni. Arra kell törekednünk, hogy minél hosszabb észlelési sorozatokat tudjunk összeállítani, minthogy a kapcsolatot kifejező egyenlőség annál nagyobb valószínűséggel fogja kifejezésre juttatni az átlagos viszonyokat, minél hosszabb észlelési adatsor alapján határozzuk azt meg.

Könyvének ebben a fejezetében foglalkozik a *szerző a részkorrelációval, a hibás értékek kiszűrésének feladatával és az előrejelzés kérdésével.* Elvileg minden korrelációs számítás eredménye csak arra az időszakra érvényes, amelynek észlelési adatai alapján azt meghatároztuk; természetesen a *statisztikai előrejelzés* elve alapján, ha a korreláció az átlagos viszonyokat fejezi ki, más időszakra való alkalmazása is megengedett.

A változók kiválasztásának különleges eljárását is bemutatja a szisztematikus eljárások sorából, az úgynevezett *Frisch-féle* eljárást.

A *számpéldák* igen értékes kapcsolatok kimutatására vezetnek. Lássunk a hidrológiai példák sorából egy-két eredményt:

A szegedi Tisza-vízállások és az átokházi talajvízállások közötti eléggé szoros kapcsolat értékes *szimptomatikus kapcsolatnak tekinthető* a közvetlen ok és okozati összefüggés hiányának megfelelően. A szoros korrelációt az a körülmény magyarázza, hogy mind a Tisza-vízállások, mind pedig a talajvízállások a Kárpát-medencék általános időjárásai, vízjárásai mikéntjétől függenek.

A püspökladányi és a kiskunhalas-harkapusztai apadó talajvízállások között *függvénykapcsolattal jellemezhető kapcsolat* állapítható meg.

Szoros kapcsolatot határozott meg a *szerző* számos példánál, a talajvízállások tavaszi maximuma, valamint a megelőző őszi vízállások minimuma, az október—november—márciusi és a december—január—februári csapadékösszegek, végül a december—február hónapok átlagos léghőmérséklete között. Értékes kapcsolatokat talált továbbá a vízhozamok és a vízállások között. Végül bemutatja egy-egy feladat kidolgozásával a tetőző vízállások előrejelzésének megoldását, valamint a szabad vízfelületek párolgásának vizsgálati módját.

A számpéldák nagyjelentőségűek *módszertani szempontból* is a korrelációs számítás gyakorlására, a helyes minőségi elemzés elvégzésére és a számítás végrehajtására. A számpéldákból tűnik ki, hogy a linearitás kérdését gyakorlati szempontból legcélszerűbb a még megengedhető körben *vizsgálni.* Számpéldák figyelmeztet, hogy még ok és okozati viszonyról is ki kell deríteni a hidrológiai jelenségek minden vonatkozását. Másik példa megvilágítja, hogy milyen módon lehet nem lineáris korrelációt, mint többszörös lineáris korrelációt kezelni. Számos



példa a változók kiválasztására ad igen jó útmutatást: Némelykor igen kevés, például 17 értékcsoportból meghatározott kapcsolat is megbízhatónak bizonyult. A hajdunánási talajvíz-állások vizsgálatával kapcsolatos példa mutatja, hogy ugyanannál a hidrológiai jelenségnél helyenként a helyi különbségek miatt, más és más lesz a tényleges kapcsolat. Ha a meghatározott összefüggés a valóságban nem lineáris, az együtthatók és a parciális korrelációs tényezők előjeleinek meg nem egyezése következhet be. Az ilyen kapcsolatoknál nem szabad félreérteni néhány előrejelzés véletlenül bekövetkező jó megegyezését. A megbízható kapcsolatot az értékcsoportok számának növelésével és a változók kedvezőbb csoportosításával kell megkeresnünk.

A szerző meggyőzően igazolja azt a tapasztalatot, hogy a változók különböző kiválasztása milyen különbségeket eredményezhet a kapcsolat megbízhatóságát és használhatóságát tekintve. Felhívja figyelmünket, hogy a hidrológiai jelenségek (pl. a vízsztváltozások) milyen sokféle kapcsolat meghatározására vezethetnek. Bizonyítja, hogy a műszaki gyakorlat sok esetben jogosan használja valószínűség-elméleti kapcsolatoknál is a függvénykapcsolatot. Igazolja továbbá, hogyha a valóságos kapcsolat eltér a lineáristól, akkor kiegyenlítés következtében az együtthatóknál helytelen előjelek is előfordulhatnak. Rámutat arra is, hogy milyen természetű nehézségekkel számolhatunk a többszörös nem lineáris korreláció átalakításánál.

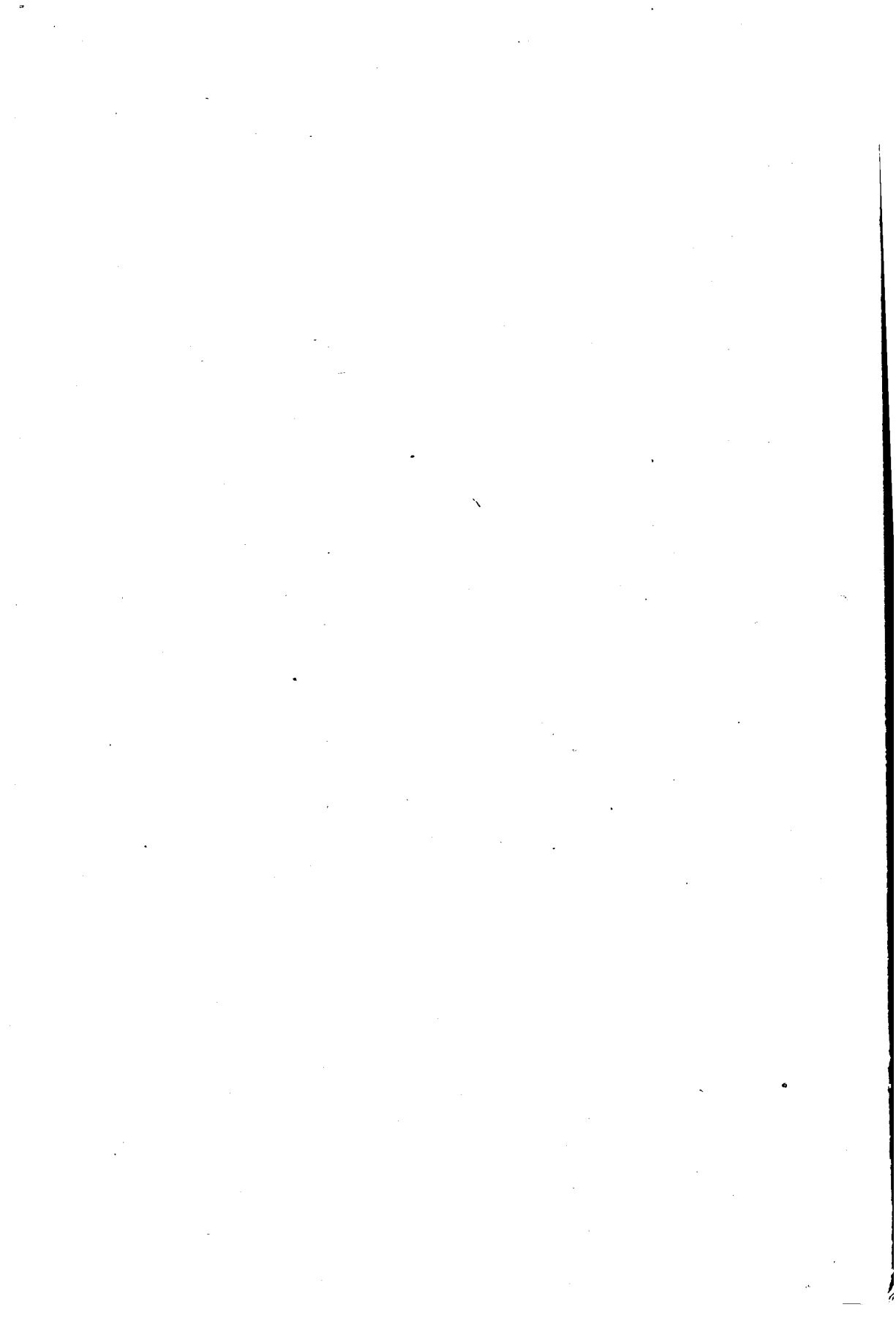
A függelék a többismeretlenes egyenletrendszerek megoldását, a Gauss-féle eliminációs eljárást, a Doolittle-féle megoldást és a Cramer-szabályt tárgyalja.

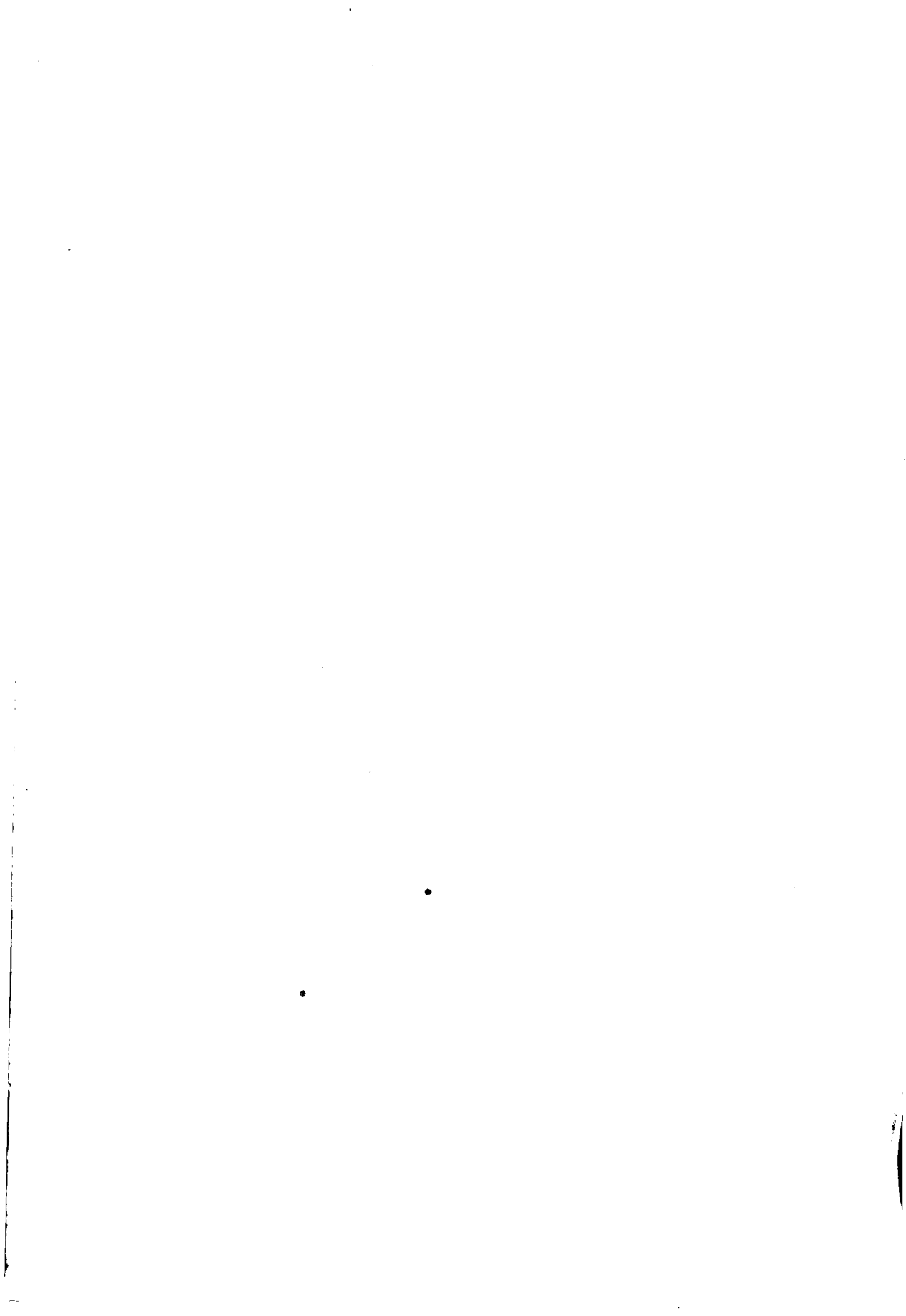
S. P.

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Hevesi Gyula</i> : Erősítsük a béke frontját .....	1
<i>Hevesi Gyula</i> : A Műszaki Tudományok Osztályának első félévi munkájáról .....	9
<i>Geleji Sándor</i> : Mit nevezünk műszaki tudománynak .....	15
<i>Vidéky Emil</i> : A fogak igénybevétele homlokkerékfogazásnál .....	19
<i>Popovics Sándor</i> : A betonadalék szerkezetének számszerű jellemzéséről .....	45
<i>Gál Ernő</i> : Barnaszeneink hamujának összetétele és olvadási viselkedése. A salakosodási nehézségek megakadályozásának módjai .....	77
<i>Herzog Pál</i> : Kúpos szívótölcsérek ellenállástényezője .....	95
<i>Nits Károly</i> : A potenciális síkáramlás vizsgálata elektrolitos kád alkalmazásával ....	101
<i>Dévényi György</i> : A Mannesmann-rendszerű csőlyukasztósori hengerállvány szilárdságtani méretezése .....	117
<i>Rybár István</i> : Az Eötvös-inga megbízhatósága. A torziós szálak preparálása .....	141
<i>Rybár István</i> : Az Eötvös-inga csillapodási ideje csökkentésének problémája .....	147
<i>Fekete László</i> : Az egyensúlyi viszonyok vizsgálata a titánnak magnéziummal történő redukciójakor .....	159
<i>Óry Huba</i> : Hajlításra és nyomásra egyidejűleg terhelt faszekrénytartók méretezése ..	183
<i>Jurek Aurél</i> : A hathengeres, kétütemű GM-71 típusú Diesel-motorok forgattyús hajtóművének kiegyensúlyozása .....	209
<i>Fekete László</i> : Szulfátos elektrolitok fajlagos ellenállásának grafikus meghatározása ..	219
<i>Litvai Elemér</i> : A Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástan Tanszékének résoptikai berendezése .....	229
<i>Kilczér Gyula</i> : A refrakciós észlelési adatok javított közelítő kiegyenlítése .....	243
<i>Tárczy-Hornoch Antal</i> : A refrakciós szeizmikus kutató mérések adatainak kiegyenlítéséhez .....	253
<i>Alpár Gyula</i> : Szeizmikus refrakciós mérési adatok szigorú kiegyenlítése .....	255
<i>Geleji Sándor</i> : Rúdsajtolás és tuskólyukasztás .....	265
<i>Jurek Jenő</i> : A dugattyús gázgépek teljesítménygörbéjének elmélete .....	283
<i>Diebold Károly</i> : Lemezostó mikrofotografáló készülékek .....	307
<i>Csanádi György</i> : A tehervonatok sebességének, a mozdonyok vonóerőkihasználásának és a teherkocsi várakozási idejének gazdasági összefüggései .....	327
<i>Tarján Gusztáv</i> : Komlói szén mosási kísérletei laboratóriumi hidrociklonnal .....	351
<i>Rácz Elemér</i> : Rezgési jelenségek repülőgépeken .....	373
<i>Schmidt György</i> : Elektronos és mechanikai lengések analógiájáról .....	399
Akadémiai ankétok, kongresszus, konferencia és előadások .....	409
Rendeletek, határozatok .....	413
<b>Könyvszemle</b>	
<i>A. Geleji</i> : Die Berechnung der Kräfte und des Kraftbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustände der Metalle .....	419
<i>I. E. Kontorovics</i> : Az acél és az öntöttvas hőkezelése .....	420
<i>Vadász E.</i> : Kőszénföldtan .....	421
<i>Szádeczky-Kardoss E.</i> : Szénkőzetan .....	422
<i>V. A. Florin</i> : A talaj konszolidációjának elmélete .....	422
<i>Bogárdi J.</i> : Korrelációs számítás és alkalmazása a hidrológiában .....	423









*Ára: 80.— Ft*

Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány-utca 21. — Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda Budapest, V., Gerlőczy-utca 2. — 20184/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Fenenc

A MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA ÁLTAL 1952 JÚNIUS 9—15-ÉN RENDEZETT  
GEODÉZIAI-GEOFIZIKAI KONGRESSZUSON  
TARTOTT ELŐADÁSOK ANYAGA

VII. KÖTET

4. SZÁM



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK  
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI  
HEVESI GYULA  
VII. KÖTET 4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG : BUDAPEST, V., NÁDOR-UTCA 12.  
KIADÓHIVATAL : BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleménye 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-u. 12.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

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

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám : 04-878-111-48), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VI., Sztálin-út 2. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám : 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

**Acta Technica**

című idegennyelvű folyóirat.

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

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Nádor-utca 12.

## A BUDAPESTI GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KONGRESSZUS

A Magyar Tudományos Akadémia folyó évi június hó 9-től 15-ig geodéziai és geofizikai kongresszust tartott. A kongresszuson, amelyen külföldi szakemberek is megjelentek, a geodéziának és geofizikának számos korszerű kérdése került megvitatásra. A nyilvános üléseken elhangzott és a nemzetközi érdeklődésre számot tartható problémákkal foglalkozó előadásokat magas színvonalú vita követte, majd a zártkörű vitaüléseken tárgyalták meg azokat a feladatokat, amelyek nemzetközi fontosságúak és amelyeknek megoldásához nemzetközi összefogásra, nemzetközi csatlakozásra van szükség.

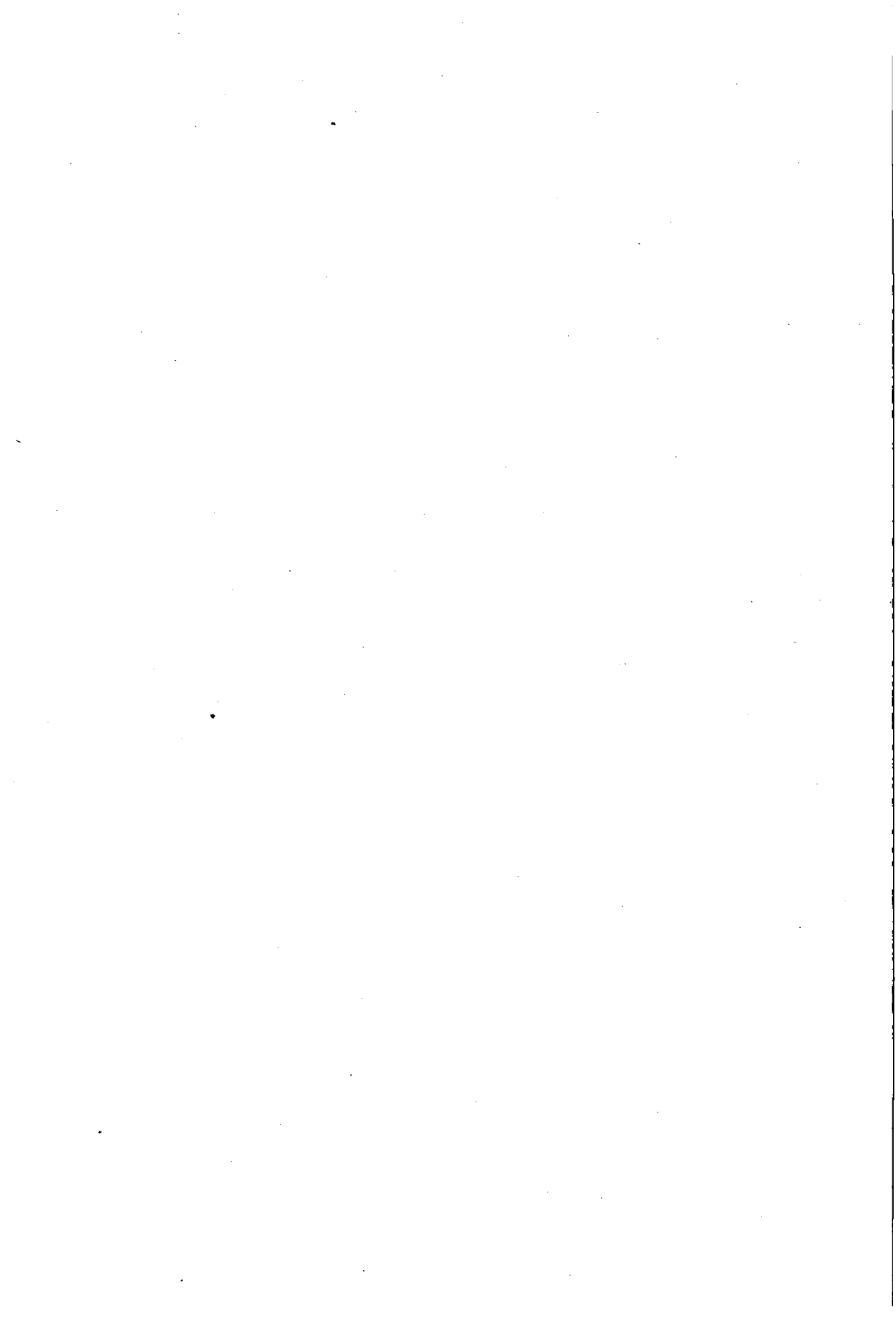
A kongresszus alkalmából a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Béketanács díszhangversenyt is rendezett, hogy ezzel is tanujelét adhassuk annak: a haladó tudomány a béke ügyét szolgálja!

A kongresszus megnyitó beszédeit, az elhangzott előadások és az előadásokat követő hozzászólások és válaszok szövegét, valamint a hangversenyen tartott békebeszédet a következőkben közöljük.

A kongresszus jelentőségét és kítűzött céljait a megnyitó beszédek tárják elénk. Az előadásokat, külön a geodéziai és külön a geofizikai vonatkozásúakat, elhangzásuk sorrendjében ismertetjük a hozzájuk csatlakozó vitaanyaggal együtt.

*Hazay István.*





## MEGNYITÓ

HEVESI GYULA lev. tag

Melegen üdvözlöm a geodéziai-geofizikai kongresszus tisztelt résztvevőit. Üdvözlöm a baráti államok tudományos képviselőit: Hrisztov profeszort, a bolgár Tudományos Akadémia tagját, Kowalczyk profeszort, a Krakkói Bányászati és Kohászati Akadémia rektorát és Jan Bouška elvtársat, a Prágai Fizikai Intézet osztályvezetőjét. Megjelenésük és részvételük a konferencián még szorosabbá teszi a szocializmust építő országok tudományos együttműködését, az egyre jobban kifejlődő tapasztalatcserét, amely valamennyiünk haladását elősegítve és erősítve, erősíti azt a harcot is, amelyet a szovjet néppel és Sztálin elvtárral az élen az egész haladó emberiség folytat békéje, jövője és kultúrája megvédéséért.

Ennek a kongresszusnak tudományos és népgazdasági szempontból egyaránt rendkívül nagyjelentőségű kérdéseket kell tárgyalnia és megoldásukat előbbrevinnie. A felszabadulás előtti Magyarországon a geodéziai tudomány éppúgy, mint minden más műszaki tudomány is, elhanyagolt, az állami szervek által csak a legnyomorúságosabb eszközökkel is alig támogatott tudomány volt, annak ellenére, hogy ezen a területen a sajnos betegsége folytán itt meg nem jelent Tárczy-Hornoch akadémikus tagtársunkkal az élen, igen kiváló, világszerte ismert vezető tudományos gárdával rendelkezünk. Tudományos munkánk eredménye azonban legtöbbször csupán a publikációkban realizálódott, de igen kevésbé jutott be a hazai gyakorlatba. Ezért van az, hogy csak most, a felszabadulás után kerülhetett sor a nemzetközi hálózattal összekapcsolható országos felsőrendű hálózat megteremtésére.

Népi demokráciánk nagy súlyt helyez e hálózat létesítésére és azt minden eszközzel előmozdítja éppúgy, mint általában a geodéziai tudományt, amelyre nélkülözhetetlenül szükség van, hogy az egész országban folyó óriási méretű területrendezést, új városok és ipartelepek, bányauzemek, közlekedési vonalak stb. létesítését, a régi apró parcellákra és óriási nagybirtokokra osztott mezőgazdaságunk szocialista átalakítását a legfontosabb térképfelvételek és helymeghatározások alapján valósíthassuk meg. Ezért nagy figyelmet fordítunk geodéziai intézményeink, tanszékeinek fejlesztésére, műszerekkel és egyéb anyagi eszközökkel való ellátására és nem kevésbé a szakkáderek kellő számban



való kinevelésére. Még sokkal hatalmasabbak feladataink a geofizika terén, amelyet hazánkban mint tudományt és méginkább mint gyakorlatilag is alkalmazható tudományt alapjában véve csak a felszabadulás után kezdtünk megteremteni. A geofizikai tudomány fejlődésétől népgazdaságunk döntő jelentőségű feladatainak megoldása függ. Lehetetlen lenne ipari termelésünknek az öt évben előirányzott ütemét nyersanyaggal és kalorikus energiával biztosítani, ha a legerélyesebben nem szorgalmaznók eddig fel nem derített természeti kincseink feltárását. Ebben elsőrendű szerepe van korszerű geofizikai módszerek minél tökéletesebb és minél messzebbmenő alkalmazásának, amelyek segítségével már eddig is igen jelentős eredményeket értünk el. A feladatok azonban e téren annyira sokoldalúak, fontosak és sürgősek is, hogy azok megoldását csak tudományos erőink legszorosabb összefogása biztosíthatja, messzeemenően támaszkodva ebben a szovjet tudomány tapasztalataira és baráti segítségére, valamint a baráti államokkal való tudományos együttműködésre.

A magyar geodéziai és geofizikai tudomány, éppúgy, mint hatalmasan fellendülő többi tudományunk is, a nép, a szocializmus szolgálatában áll. Ezért láthatják tudósaink minden értékes alkotó gondolatuknak tényleges megvalósulását, elismerését és megbecsülését. Ezért ez a kongresszus is nemcsak a szakkörök érdeklődését váltotta ki, de a dolgozók széles rétegei is nagy érdeklődéssel kísérik, mert bizonyosak abban, hogy munkájával segíti és előbbreviszi szocialista építőmunkánkat és még több megbecsülést szerez a magyar tudományoknak.

A kongresszus napirendjén szereplő nagyjelentőségű tudományos témák, azok kiváló előadói, valamint a kongresszus egész összetétele is kétségtelenné teszi, hogy ezt a célt eléri és ebben a meggyőződésben kívánok az Akadémia Elnöksége és a Műszaki Osztály vezetősége nevében a kongresszusnak eredményes munkát.

# ELNÖKI BEVEZETŐ

VENDEL MIKLÓS akadémikus

Igen tisztelt Geodéziai és Geofizikai Kongresszus!

A kongresszus elnökét, *Tárczy-Hornoch Antal* akadémikust, betegsége — legnagyobb sajnálatunkra — megakadályozta abban, hogy a mai megnyitó ülésen megjelenhessék. Reméljük azonban, hogy talán még üdvözölhetjük őt a kongresszus folyamán egy későbbi időpontban, amit őszintén óhajtunk is. Elnökünk betegsége miatt és vele egyetértésben az Akadémia engem bízott meg helyettesítésével. Úgy gondolta az Akadémia, azzal is kifejezi nagyra-becsülését a kongresszussal szemben, hogy akadémikust bíz meg az elnöki feladat ellátásával. Ezért ért engem — a nem geodétát és nem geofizikust — ez a megbízás. A magam részéről szívesen vállaltam *Tárczy-Hornoch Antal* akadémikus barátom helyettesítését, annál is inkább, mert egyrészt elválaszthatatlan közös kutatások kötnek a geofizikához s a geodéták felé is vannak munkakapcsolataim, továbbá — s talán ezt kellett volna elsőként hangsúlyoznom — baráti szálak is fűznek több geodéta és geofizikus kartársamhoz. Tudom jól, hogy nem pótolhatom *Tárczy-Hornoch Antal* vezetését s ezért különösen nagyon kérem a résztvevők szíves támogatását, hogy kongresszusunk, amennyire csak elérhető, sikeres lehessen.

Most pedig engedjék meg, hogy *Tárczy-Hornoch* akadémikus elnöki megnyitóját nevében tolmácsolhassam.

Nagy megtiszteltetés érte a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai-Geofizikai Bizottságát, hogy tudományszakjaink képviselőit a ma megkezdett kongresszuson üdvözölheti. Még nagyobb örömünk azonban, hogy kongresszusunkon köszönhetjük több baráti állam : Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország küldötteit.

Nagy megtiszteltetés számunkra tudományszakjaink híres és kiváló külföldi képviselőinek megjelenése, hogy munkánkban résztvegyenek s eszme-eserékben és közös megvitatásokon tudományszakjaink kérdéseit előbbre vigyük.

Magyarországon nemzetközi jellegűnek mondható geodéziai kongresszus utoljára 46 évvel ezelőtt, 1906-ban volt, amikor a Nemzetközi Földmérési



Szövetség tartotta ülését Budapesten, melynek egyik legfontosabb témapontja, az *Eötvös*-inga elmélete és felhasználhatósága már akkor is két rokon tudomány-szak, a geodézia és geofizika közös problémája volt. Jelen kongresszusunkon az *Eötvös*-ingához mérhető eredményeket a mi részünkről felmutatni nem tudunk, a kongresszus azonban mégis időszerű számunkra, mert mind a geodézia, mind a geofizika terén olyan problémák megoldása előtt állunk, melyek vagy közös szempontok szerint végezhetőek el a legjobban, vagy pedig olyanok, hogy azok másként, mint közös együttműködéssel és támogatással, meg nem oldhatók. Hogy pedig tudományszakjaink területén több baráti állam együttműködése milyen eredményeket hozott, mindnyájan tudjuk.

A geodézia területén, a háborús cselekmények következtében, Magyarország korszerűen végzett felsőgeodéziai munkálatai legnagyobb részben megsemmisültek. Ezért az Országos Földmérési Intézet új elsőrendű háromszögelési hálózat létesítésén dolgozik. A hálózat egységét biztosító keret mérése már befejezéshez közeledik. A mérési munkával párhuzamosan haladó számítás a nagyszabású munka jó minőségét biztosítja. E munkával kapcsolatban folyik asztrogeodéziai hálózatunk kiépítése. Ennek segítségével folytatni akarjuk a múlt évben régebbi adatok alapján országunk egy részére vonatkozóan végzett geoidvizsgálatainkat. Az új munkálatok elvégzésénél fontos kérdés már most a közös ellipszoidban való megállapodás, a *Gauss-Krüger* koordináták egyöntetű bevezetése és sávjainak egységes megválasztása; a szomszédos államok háromszögelési hálózatának és alapvonalainak összehangolása; a szintezési főalappontok és a földrajzi hosszúsági főalappontok összekapcsolása; a topográfiai térképek vetületének, méretarányának, szelvényezésének megállapítása és így tovább.

A geodézia és a geofizika közös problémája a gravitációs mérések területén az, hogy az egyes államok gravitációs főalappontjai egymással megfelelő szabattossággal összeköttessenek s továbbá milyen helyzetre történjék a Hold és Nap hatásának figyelembevételével a megfelelően megjavított gravitációs értékek vonatkoztatása.

Nálunk az *Eötvös Loránd Geofizikai Intézet* befejezte az I. rendű gravitációs alaphálózat mérését és folytatja a II. rendűét. Hasonlóképp befejezéshez közelednek az 1950-re átszámítandó mágneses mérések. Ezt követi majd a megfelelő kiegyenlítés.

Felmerül most az is, nem kellene-e a gravitációs és mágneses hálózatokat nagyobb területre kiterjedően közösen kiegyenlíteni. Ez felveti a mágneses elemek időbeli változása periodicitásának kérdését is, amelyre vonatkozóan kedves vendégeink saját tapasztalataik köréből bizonyára számos új és értékes megállapítást fognak nyújtani. De itt van maga az alkalmazott geofizika egyre terebélyesedő és a tiszta geofizikát is immár jelentősen túlszárnyaló problémáival. Gondoljunk pl. a geoszeizmikára, ahol a robbantástechnika, a néma zóna kérdése, a kiértékelés módja áll nálunk a vizsgálatok előterében. Ugyancsak

fontos problémánk a radióaktív kutatások kiépítése, különös tekintettel a lyukszelvényezésre: továbbá a geoelektromos kutatások fejlesztése. Most már az elektromos szondázást a szénkutató fúrásokban is alkalmazzuk és nem utópia a geoelektromos módszereknek szerkezetek kutatására való felhasználása sem.

Őszinte örömmel közölhetem, hogy a nyomtatott programmban eddig megadott előadásokon kívül külföldi szaktársaink nagyértékű előadásait is módunk lesz meghallgatni.

Az előadások befejezése után egy napot vita- és kiértékelő napnak szánunk abban az őszinte reményben, hogy ez számos kérdés tisztázásához hozzá fog járulni. Kérem ehhez a Kongresszus tagjainak szíves és hathatós támogatását. Hiszem, hogy e személyes baráti kapcsolatok megerősítése, illetve megerősítése és kiszélesítése tudományszakjainkra jelentős haszonnal és eredménnyel fog járni.





## VÁHL MIKLÓS BÉKEBESZÉDE

*Kedves Vendégeink!*

A most folyó geodéziai és geofizikai kongresszus közepette a ma estéből egy kis időt arra szeretnénk fordítani, hogy megnézzük kongresszusunkkal mennyiben szolgáljuk az emberiségnek ma legnagyobb és legjelentősebb ügyét, a világbéke ügyét.

Maga a szervezett békeharc is a *wroclawi kongresszusról* indult el, ahol tudósok és értelmiségiek voltak többségben jelen.

Minden tudós kutató munkája során kell, hogy tudatában legyen annak, hogy kutatásaival, eredményeivel a hazáját és a béke ügyét erősíti. Példa előttünk *Joliot Curie* professzor, aki eredményes tudományos munkálkodása mellett a békeharcnak is aktív katonája.

Végsőkig kieleződött az ellentét a régi, rossz, elavult és az új, modern, haladó között. Az emberiség többsége, az emberek százmilliói a haladást választották, kis érdekcsoportok azonban vissza szeretnék fordítani a fejlődés szekerét.

A tudomány művelése a haladás szolgálata. A tudomány, a technika fejlesztése a fejlődésnek alapja.

A tudomány (a geodézia és a geofizika is) nemzetközi, nem ismer országhatárt.

Elért eredményei a világ minden dolgozójának közkinccsei.

Elhívtuk országunkba a geodézia és geofizika kitűnő tudományos művelőit, hogy megmutassuk, mit csinált a szocializmust építő Magyarország e téren és megismerjük, milyen eredményeket értek el másutt. Felvessünk és megvitasunk aktuális problémákat. Továbbá közvetlen kapcsolatot építsünk ki főképpen szomszédainkkal ebben a tudományágban és lehetőleg annak gyakorlati vonatkozásaiban.

A tudománynak a gyakorlati életet közvetlenül kell szolgálnia. Kétségkívül fennáll azonban a kölcsönhatás is.

A tudomány fejlődése új feladatokkal látja el a gyakorlati életet, az eredmények gyakorlati kivitelezésével, ugyanakkor azonban a gyakorlati élet is jelentkezik igényekkel a tudomány felé.

Ezek a megállapítások jellegzetesen vonatkoznak a szocializmust építő országokra, így hazánkra is.

Hazánkban gigantikus méretű országépítés folyik. Magyarország nagy lépésekben építi fel az új országot.



Ez rendkívüli mértékű igényt támaszt és feladatot jelent úgy a geodézia, mint a geofizika felé.

A múltban a geodézia nálunk nem volt megbecsült tudományág, becsült munkaterület. Feudál-kapitalista rendszerünkben egy megtúrt, de a vége felé már holtvágányra tolt kis szervezet volt, mely éppen ezért öncélúvá vált.

A helyzet felszabadulásunk óta gyökeresen megváltozott. Ma egy hatalmas szervezet épült ki a geodézia tudományos művelésére és gyakorlati végrehajtására. A geodézia igen megbecsült munkaterület lett. Kormányzatunk mindent megtesz, amit kívánatosnak jelzünk, hogy fejlesszük és előbbre vigyük a geodézia ügyét. Akadémiánk műszaki osztálya is közvetlenül rajtunk tartja segítő kezét anyagi vonatkozásban is. Közvetlenül irányítja tudományos kutató munkánkat.

Mód volt arra, hogy felszerelésünket a legkorszerűbb eszközökkel kiegészítsük.

Módunk nyílt arra, hogy új háromszögelési hálózatot létesítsünk, amit záros határidőn belül befejezünk és hálózatunk olyan korszerű lesz, hogy bátran ki fogja állni a nemzetközi kritikát. Ezen munkálat ainkban forradalmi jelentőségű racionalizálást kívánunk bevezetni, amit a kongresszus elé tárunk, hogy vendégeink véleményét meghallgassuk. Elkészítjük felsőrendű szintezési hálózatunkat. Új térképekkel látjuk el az általános tervezés vonalát és kiszolgáljuk egész népgazdaságunk rendkívüli és folyton fokozódó mértékű geodéziai igényeit.

A szocializmus építésének élvonalába került az addig lebecsült geodézia és további komoly fejlődés előtt áll. Bátran állíthatjuk, hogy tervgazdálkodásunk, nagy beruházásaink szilárd alapját jelentik geodéziai munkálataink és ez a rendkívüli méretű gyakorlati feladat az elméleti geodéziát is rendkívüli erő-kifejtésre ösztökéli. Még szorosabbra kívánjuk vonni az elmélet és a gyakorlat összekapcsolását.

Nagyjából ugyanez a helyzet a geofizika vonalán is. Jellemzésül közölhetem például, hogy a múltban a Geofizikai Intézetben 5 szakember működött, ma 120 kiváló szakember dolgozik ugyanott. A múltban legnagyobb részt az elmélet vonalán mozgott a geofizika, elszakadva a gyakorlattól. Ma nyersanyag-ellátásunk érdekében végzett célkutatásai, gyakorlati mérései döntően segítik népgazdaságunkat, az 5 éves tervünket, a szocializmus építését. Ehhez a hatalmas alkotó és termelő munkához, amit a Földméréstani és Geofizikai Intézet végeznek, béke kell. Azért mi minden erőnkkel a békéért harcolunk. Harcolunk pedig elsősorban jó munkánkkal.

A Szovjetunió vezette békétárbornak a két Intézet dolgozói igen aktív zászlóalját jelentik.

Ez a kongresszus arra hivatott, hogy a tudományos kutatás eredményeinek ismertetésével, megvitatásával a geodézia és geofizika munkáját segítse s így ezen keresztül a béke szent ügyét szolgálja.

Ennek folytán a kongresszus minden egyes tudósrésztvevője a béke megbecsült katonája és egyben az új, a szebb világ építője.

# AZ ORSZÁGOS ÉS KONTINENTÁLIS HÁROMSZÖGELÉSI HÁLÓZATOK KIEGYENLÍTÉSÉRŐL

HAZAY ISTVÁN

A második világháború előtt elkészült felsőgeodéziai munkáink legnagyobb része a háborús cselekmények folytán elpusztult és emiatt a háború után új felsőrendű háromszögelési hálózat kifejlesztéséhez kellett kezdenünk. Az országépítés hatalmas tempója a geodéziai feladatok megoldását is sürgeti. Úgy kellett tehát a felsőrendű háromszögelés kifejlesztési tervét elkészíteni, hogy a hálózatnak legalább a kerete minél előbb az ország rendelkezésére álljon. Ezért az ország határai mentén egy koszorúláncolatot fejlesztettünk és ezt az ország észak-déli középvonala közelében egy észak-déli irányú láncolattal merevítettük ki. Az így megalkotott láncolati rendszer kiegyenlítése is aránylag gyorsan végezhető el és mivel a láncolat arányosan elosztott és megfelelő sűrűségben kiválasztott egyes pontjain asztronómiai méréseket is végeztünk, ennek a rendszernek kiegyenlítésével az ellipszoid elhelyezése és tájékozása is megoldódik.

A kimerevített koszorúrendszer között egyelőre üresen maradt két területrészen azután úgynevezett kitöltő hálózatot létesítünk és a koszorúrendszer pontjainak koordinátáit változatlanul megtartva, a kitöltő hálózat pontjainak koordinátáit ezekből határozzuk meg. Ez a kitöltő hálózat természetesen már nem vehet részt az ellipszoid, illetőleg a háromszögelési hálózat elhelyezésében és tájékozásában.

Az új magyar elsőrendű háromszögelési hálózat koszorúrendszere — a kimerevítő láncolati résszel együtt — 112 pontból, 132 háromszögből áll. 16 ponton végeztünk földrajzi szélesség-, földrajzi hosszúság- és azimutmeghatározást. Az asztronómiai alappontok többsége *Laplace*-pontpárokat alkot. 6 alapvonalat mérünk.

A koszorúrendszer kiegyenlítését két eljárással, a *Boltz*-féle [1], [2] és az *Eggert*-féle [3] eljárással végezzük.

Azzal, hogy az ellipszoid elhelyezésének és tájékozásának egyéb geodéziai feladatok szempontjából sürgős volta miatt az országot teljesen befedő elsőrendű háromszögelési hálózatból csupán az említett koszorúrendszert kifejlesztve, ennek a koszorúrendszernek a kiegyenlítését önállóan elvégezzük, tulajdonképpen a nagy háromszögelési hálózatnak egy már régen ismert közelítő kiegyenlítési eljárását követjük. A koszorúrendszer között maradt hézagok három-

szögeinek a főkiegyenlítésből való kihagyása a feltételi egyenletek és így a normálegyenletek számát és ezzel természetesen a számítási munka mennyiségét is lényegesen csökkenti.

A nagyobb láncolatok kiegyenlítésének végrehajtása többféle módon történhetik. Az egész láncolatot (esetünkben a kimerevített koszorút) rendszerint láncolatrészekre bontják, az egyes láncolatrészeket szabatosan kiegyenlítik, majd a részeket most már közelítő módszerekkel kapcsolják össze. A közelítés általában abból áll, hogy a láncolatrészek kiegyenlítéséből nyert számítási eredmények a láncolatrészek összekapcsolásánál — az összefogó kiegyenlítésben — úgy tekintetnek, mintha azok mérési eredmények lennének, holott ezek egymástól már nem független értékek [4].

A legelső ilyen módszer *Helmert*től származik [5]. Ezt korszerűsítette *Kraszovszkij* szovjetorosz akadémikus, aki a módszert leegyszerűsítve és kiegészítve a modern orosz hálózat kiegyenlítésére alkalmazta [6], [7]. Hasonlóan járt el *Ölander* a balti láncolat kiegyenlítésénél [8]. Ide kapcsolódik *Eggert* eljárása [3] és *Wolf*-nak ezt továbbfejlesztő módszere [9] is.

Igen jelentős eljárást fejlesztett ki a láncolatok kiegyenlítéséből *Urmajev* [10], aki a láncolatrészek csatlakozópontjai között fektetett geodéziai vonalaknak a kiegyenlített adatokból számított hosszával és azimutjával végezte el a láncolatok összefogását. Ezt az eljárást kevés módosítással a közelmúltban *Marussi* is felhasználta [11].

Nyilvánvaló, hogy a láncolatok kiszakítása az egész országot beterítő háromszögelési hálózatból, ha azt egyéb okok nem követelik, csupán azt a célt szolgálhatja, hogy a kiegyenlítés normálegyenleteinek a számát az egész hálózatnak egyegészen való kiegyenlítésével szemben tetemesen csökkentse és így a kiegyenlítés végrehajtását egyszerűbbé, gyorsabbá tegye, illetve mivel nagyobb területek összefüggő háromszögelésének egyegészen való kiegyenlítése a normálegyenletek számát már esetleg ezres nagyságrendűvé is tenné, a láncolatok kiemelése azt jelenti, hogy a kiegyenlítés technikailag egyáltalában megoldhatóvá válik.

Bármilyen nagyjelentőségű is ebből a szempontból a láncolatok kiemelése és a főkiegyenlítésből a többi hálózati részek elhagyása, egy nagy hátránya mégis van. Nevezetesen az, hogy az ellipszoid elhelyezésének és tájékozásának, esetleg egy új ellipszoid méreteinek és alakjának meghatározásába a láncolatok között lévő nagykiterjedésű területek háromszögei egyáltalában nem folynak bele, a függővonal-elhajlások négyzetösszegének minimum-feltétele csupán a kiemelt láncolatkeretre elégített ki és emiatt a főkiegyenlítésből kihagyott területrészekeken nagyobb függővonal-elhajlások is jelentkezhetnek. Egyenlítsük ki a láncolatkeretet akár az előbb felsorolt közelítő eljárások bármelyikével, akár egyegészen szabatos módon, az eredmények nem képviselik egyik esetben sem a kitöltő hálózattal fedett részek viszonyait. Ennek a körülménynek kedvezőtlen hatása annál inkább érvényesül, minél nagyobb területről van szó,



mert nagyobb ország háromszögelésénél a láncolatkeret között kimaradó területek is nagyobbak, mint kisebb ország háromszögelésénél és még fokozódik a kihagyott területek nagysága, ha több ország hálózatát együttesen egyenlítik ki, sőt esetleg az együttes kiegyenlítés kontinens-részekre is kiterjed.

Annak a két szempontnak az összeegyeztetése, hogy egyrészt a főkiegyenlítés normálegyenleteinek száma jelentékenyen csökkenjen, másrészt pedig, hogy az ellipszoid elhelyezésének, tájékozásának, esetleg méretei meghatározásának folyamatából az elsőrendű háromszögelési hálózat minden háromszöge, minden mérési eredménye egyenlő mértékben kivegye részét, arra a gondolatra vezetett, nem lehetne-e a háromszögek és ezzel együtt a normálegyenletek tömegét úgy csökkenteni, hogy bizonyos számú, például 15—20 háromszöget egy-egy számított (levezetett) háromszöggé összefoglalunk. Így jóval kevesebb olyan magasabbrendű, levezetett háromszöghöz jutunk, amelyek az egész területet egyenletesen beborítják és amelyeknek kialakulásában az összes mérési eredmények egyenlő súlyú befolyást nyertek. A levezetett nagy háromszögekből álló főhálózat azután viszonylag könnyen kiegyenlíthető.

A felvetett gondolatot Tárczy-Hornoch Antal professzorral együtt elveiben megvizsgáltuk [4] és részleteiben most végezzük a kidolgozást.

A levezetett nagyháromszögek szögeinek, mint *fiktív mérési eredményeknek* meghatározását úgy gondoljuk, hogy az elsőrendű háromszögelési hálózattal borított területen a háromszögelési pontok közül 150—200 kilométerenként, megközelítően egyenletes elosztásban kiválasztunk úgynevezett *domináns-pontokat*. A domináns-pontokat összekötő oldalak mentén szétválasztjuk a mért háromszögeket és az egy-egy levezetett nagyháromszögbe eső mért háromszögek által alkotott kis hálózatokat külön-külön kiegyenlítjük. Ezáltal meghatározható levezetett nagyháromszögenként a nagyháromszög csúcspontjait alkotó három domináns-pont egymáshoz viszonyított relatív helyzete és számítható a nagyháromszög három szöge is. Mivel egy-egy nagyháromszög mindhárom szöge ugyanazokból a mért szögekből vezettetik le, azok egymástól nem független értékek. Ha tehát a levezetett nagyháromszögekből alkotott hálózatot az így számított szögek alapján egyenlítjük ki, ez a kiegyenlítés is csak közelítő módszernek tekinthető. Mielőtt rátérnénk arra, miként lehetne a számított szögek függetlenségét biztosítani, hangsúlyozni kívánom, hogy ennek az eljárásnak közelítő volta bizonyos tekintetben egyezik a keretláncolatok kiegyenlítésének közelítő voltával, más tekintetben azonban azoknál sokkal *jobb közelítést* szolgáltat. Egyezik abban a vonatkozásban, hogy azokhoz hasonlóan a főkiegyenlítésben felhasznált szögek egymástól nem független mérési eredmények, de jobb közelítést szolgáltat azért, mert a főkiegyenlítésben, közvetve ugyan, de a háromszögelési hálózat valamennyi mérési eredménye közrejátszik és ha a domináns-pontokat egyúttal asztronómiai álláspontoknak is választjuk, a *függővonal-elhajlások négyzetösszegének minimuma az egész terület jellemzőjévé válik*.

Lássuk most azt, miként lehetne még az egyes levezetett nagyháromszögek három szögének egymástól való függőségét is eliminálni, hogy a főkiegyenlítés egymástól független fiktív mérési eredményekből legyen végrehajtható és így a kiegyenlítési eljárás közelítő megoldás helyett szabatos megoldásnak legyen tekinthető.

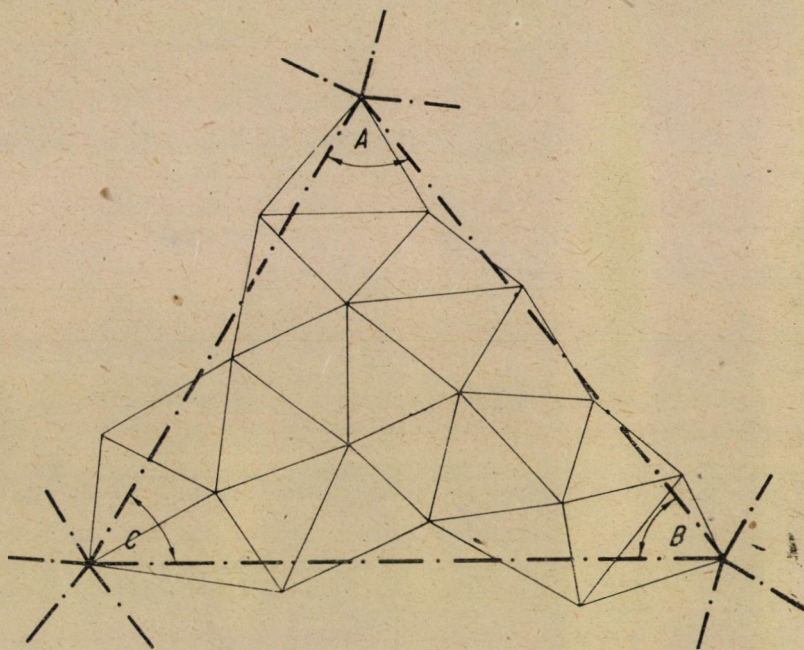
Az egyes levezetett nagyháromszögek három szögének függőségét, ha nem is küszöböli ki teljesen, de a legkisebb mértékre csökkenti az a körülmény, hogy egy-egy domináns-pont több levezetett háromszög csúcspontja és a domináns-pontnál keletkező szögek mindegyike más-más levezetett háromszöghöz tartozván, ezek egymástól függetlenek. Ezeket a szögeket, amelyeket fiktív mérési eredményeknek tekintünk, éppen úgy, amint egy-egy álláspontnál általában a ténylegesen mért szögekkel szokásos, állomási kiegyenlítésbe vonjuk be és ezáltal a főkiegyenlítéshez minden domináns-ponton fiktív iránymérési sorozatot kapunk. Tudvalévő, hogy az állomási kiegyenlítésből származó irányértékek általában egymástól függetleneknek tekinthetők [13]. A levezetett nagyháromszögek egymással függő viszonyban lévő szögei más-más ilyen állomási kiegyenlítésbe kerülnek: mindegyik a csúcspontjukat képező domináns-pont állomási kiegyenlítésébe, — tehát egymástól függetlenül kapnak javításokat és így az állomási kiegyenlítés előtt fennállott függőség lényegileg széthullik.

Szabatos módja a levezetett szögek függetlenítésének biztosítására [4], ha az egyes nagyháromszögek szögeinek mindegyikét egymástól független mérésekből külön-külön számítjuk ki. Ha például minden háromszög szögeit hatszor mérjük, akkor két-két mérés összevonásával az egy levezetett háromszögre eső összes mért háromszöget valamennyi feltételi egyenletével függetlenül háromszor egyenlítjük ki, mégpedig úgy, hogy mérési eredmény gyanánt a szögekre mindig két-két más mérési érték számtani közepe szerepeljen. Mint-hogy a három kiegyenlítés csak a tiszta tagokban tér el egymástól, ez gyakorlatilag az egy kiegyenlítéssel szemben többletmunkát alig jelent. Mindegyik kiegyenlítésből a levezetett háromszögnek csak egy szögértékét vesszük át. Így a levezetett háromszög szögei egymástól tökéletesen függetlenek maradnak. (A mérési eredmények szétosztása a Schreiber-féle szögmérés alkalmazása esetén is elvégezhető.)

A függetlenséget nem befolyásolja, ha a két-két mérést úgy válogatjuk össze, hogy azok középértéke a ponton végzett összes mérési eredmények alapján végzett állomási kiegyenlítésből adódó legvalószínűbb értéket a legjobban megközelítse. Így a kiegyenlítésbe a kevesebb mérésnek beviteléből származható pontosságcsökkentést az értékek egymástól való függetlenségének fenntartása mellett megfelelően ellensúlyozzuk. A kiválasztás önkénye pedig nem nagyobb, mint az, amely egy mérési sorozat kiütő értékeinek elhagyásakor és e helyett újabb mérések végzésekor érvényesül. A levezetett nagyháromszögek egyes szögeire kapott három-három érték közül ezután minden kiegyenlítésből egy másik szög értékét úgy választhatjuk ki, hogy az a megfelelő három

értékből számított középértékhez legközelebb essék. Ez további út a kevesebb mérés pontosságcsökkentésének kompenzálására. Az egyes levezetett szögekre kapott három-három érték közötti eltérésekből pontossági mérőszámot is vezethetünk le, amelyet a főhálózat kiegyenlítésénél esetleg hasznosíthatunk is.

Ha a kísérletek azt mutatnák, hogy a három szög függetlenítésére az eddigiektől eltérő alapokon nyugvó ez az eljárás, mint egyszerű módszer nem válna be teljesen, szigorú módszer gyanánt *Eggertnek* a láncolatok kiegyenlítésére felállított módszerét a mi esetünkre is megfelelően átalakíthatjuk [12].



Legyen egy létrehozandó levezetett nagyháromszög (fiktív háromszög) három szögének a nagyháromszögben lévő mért háromszögek még ki nem egyenlített mérési eredményeiből valamely úton számított értéke  $A_0$ ,  $B_0$ , illetve  $C_0$ , a nagyháromszögben lévő mért háromszögek kiegyenlítéséből származó értéke  $A'$ ,  $B'$ , illetve  $C'$ , és végül a nagyháromszögekből alkotott hálózat kiegyenlítéséből, tehát a főkiegyenlítésből származó végleges értéke  $A$ ,  $B$ , illetve  $C$  (ábra).

Ha az egy nagyháromszögön belül végzett kiegyenlítés mérési javításai  $v'_1, v'_2, \dots$ , akkor felírhatjuk, hogy



$$\begin{aligned}
 A' &= A_0 + f_1 v_1' + f_2 v_2' + \dots + f_n v_n' \\
 B' &= B_0 + f_1' v_1' + f_2' v_2' + \dots + f_n' v_n' \\
 C' &= C_0 + f_1'' v_1' + f_2'' v_2' + \dots + f_n'' v_n'
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

ahol az  $f_1, f_2 \dots f_1', f_2' \dots f_1'', f_2''$  a függvényalaktól függő együtthatók.

Ha a vonatkozó nagyháromszögben a mért háromszögek kiegyenlítésénél a feltételi egyenletek együtthatói  $a_1, a_2 \dots a_n, b_1, b_2 \dots b_n$  stb., akkor a súlykoefficiensek

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{p_{A'}} &= [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \frac{[bf1]^2}{[bb1]} - \frac{[cf2]^2}{[cc2]} - \dots = [\alpha\alpha] \\
 \frac{1}{p_{B'}} &= [f'f'] - \frac{[af']^2}{[aa]} - \frac{[bf'1]^2}{[bb1]} - \frac{[cf'2]^2}{[cc2]} - \dots = [\beta\beta] \\
 \frac{1}{p_{C'}} &= [f''f''] - \frac{[af'']^2}{[aa]} - \frac{[bf''1]^2}{[bb1]} - \frac{[cf''2]^2}{[cc2]} - \dots = [\gamma\gamma]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

A felírt  $[\alpha\alpha], [\beta\beta]$  és  $[\gamma\gamma]$  szimbólumok mellett felírhatjuk még a következő szimbólumokat is :

$$\begin{aligned}
 [\alpha\beta] &= [ff'] - \frac{[af][af']}{[aa]} - \frac{[bf1][bf'1]}{[bb1]} - \frac{[cf2][cf'2]}{[cc2]} - \dots \\
 [\alpha\gamma] &= [ff''] - \frac{[af][af'']}{[aa]} - \frac{[bf1][bf''1]}{[bb1]} - \frac{[cf2][cf''2]}{[cc2]} - \dots \\
 [\beta\gamma] &= [f'f''] - \frac{[af'][af'']}{[aa]} - \frac{[bf'1][bf''1]}{[bb1]} - \frac{[cf'2][cf''2]}{[cc2]} - \dots
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

A 2 és 3 egyenletek szerint tehát  $u$  feltételi egyenlet esetében :

$$\begin{aligned}
 [\alpha\alpha] &= [ffu] & [\alpha\beta] &= [ff'u] & [\alpha\gamma] &= [ff''u] \\
 & & [\beta\beta] &= [f'f'u] & [\beta\gamma] &= [f'f''u] \\
 & & & & [\gamma\gamma] &= [f''f''u]
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Ha most áttérünk a nagyháromszögek összességére, az ezek között végzendő főkiegyenlítésnél a következő alakú feltételi egyenletek írhatók fel:

$$p_{I1}A_I + p_{I2}B_I + p_{I3}C_I + p_{II1}A_{II} + p_{II2}B_{II} + p_{II3}C_{II} + \dots \quad (5)$$

$$q_{I1}A_I + q_{I2}B_I + q_{I3}C_I + q_{II1}A_{II} + q_{II2}B_{II} + q_{II3}C_{II} + \dots$$

stb

Az egyes nagyháromszögek  $A$  és  $A'$ ,  $B$  és  $B'$ , valamint  $C$  és  $C'$  értékei között fennállanak az

$$\begin{aligned} A_I &= A'_I + f_{I1}v''_{I1} + f_{I2}v''_{I2} + \dots \\ B_I &= B'_I + f'_{I1}v''_{I1} + f'_{I2}v''_{I2} + \dots \\ C_I &= C'_I + f''_{I1}v''_{I1} + f''_{I2}v''_{I2} + \dots \end{aligned} \quad (6)$$

$$A_{II} = A'_{II} + f_{II1}v''_{II1} + f_{II2}v''_{II2} + \dots$$

$$B_{II} = B'_{II} + f'_{II1}v''_{II1} + f'_{II2}v''_{II2} + \dots$$

$$C_{II} = C'_{II} + f''_{II1}v''_{II1} + f''_{II2}v''_{II2} + \dots$$

stb

összefüggések, ahol a  $v''$ -vel jelzett mérési javítások az egyes mért szögeknek a főkiegyenlítésből származó javításai.

A sok  $v''$  mérési javítás helyett vezessünk be nagyháromszögenként három-három fiktív javítást olyképpen, hogy

$$\begin{aligned} A &= A' + \alpha'_1\lambda_1 + \alpha'_2\lambda_2 + \alpha'_3\lambda_3 \\ B &= B' + \beta'_1\lambda_1 + \beta'_2\lambda_2 + \beta'_3\lambda_3 \end{aligned} \quad (7)$$

$$C = C' + \gamma'_1\lambda_1 + \gamma'_2\lambda_2 + \gamma'_3\lambda_3$$

legyen. Az  $\alpha'$ ,  $\beta'$  és  $\gamma'$  együtthatókat az egyes nagyháromszögeken belül úgy kell meghatározni, hogy a nagyháromszögenként képzett (7) egyenletek helyettesíthessék a (6) egyenletek megfelelőit. Az (1), (2), (3) és (7) egyenletek összetételéből ez a helyettesítés akkor egyenértékű, ha

$$\begin{aligned}
 [a'a'] &= [aa] & [a'\beta'] &= [a\beta] & [a'\gamma'] &= [a\gamma] \\
 [b'\beta'] &= [\beta\beta] & [b'\gamma'] &= [\beta\gamma] & & \\
 [c'\gamma'] &= [\gamma\gamma] & & & & 
 \end{aligned} \quad (8)$$

A (7) egyenletek kilenc együtthatójára tehát hat feltétel áll fenn. Három ezek szerint szabadon vehető fel. Legyen ez a három

$$\beta'_1 = 0 \quad \gamma'_1 = 0 \quad \text{és} \quad \gamma'_2 = 0 \quad (9)$$

Ebben az esetben

$$\begin{aligned}
 A &= A' + \alpha'_1 \lambda_1 + \alpha'_2 \lambda_2 + \alpha'_3 \lambda_3 \\
 B &= B' + \quad \quad \quad + \beta'_2 \lambda_2 + \beta'_3 \lambda_3 \\
 C &= C' + \quad \quad \quad + \gamma'_3 \lambda_3
 \end{aligned} \quad (10)$$

Az itt szereplő együtthatók könnyen számíthatók;

$$\begin{aligned}
 \gamma'_3 &= \sqrt{[\gamma\gamma]} & \beta'_3 &= \frac{[\beta\gamma]}{\gamma'_3} & \alpha'_3 &= \frac{[a\gamma]}{\gamma'_3} \\
 (\beta'_2)^2 + (\beta'_3)^2 &= [\beta\beta] & \text{és ebből} & \beta'_2 &= \sqrt{[\beta\beta] - (\beta'_3)^2} \\
 \alpha'_2 \beta'_2 + \alpha'_3 \beta'_3 &= [a\beta] & \text{és ebből} & \alpha'_2 &= \frac{[a\beta] - \alpha'_3 \beta'_3}{\beta'_2} \\
 (\alpha'_1)^2 + (\alpha'_2)^2 + (\alpha'_3)^2 &= [a\alpha] & \text{és ebből} & \alpha'_1 &= \sqrt{[a\alpha] - (\alpha'_2)^2 - (\alpha'_3)^2}
 \end{aligned} \quad (11)$$

A  $\lambda$  fiktív javításoknak a (8) alatti egyenlőségek következtében egységesen egy a súlyuk.

Minden egyes nagyháromszögön belül elvégezve külön-külön a mérési eredmények kiegyenlítését, a nagyháromszögek alkotta hálózat kiegyenlítésébe, tehát a főkiegyenlítésbe a (10) alatt kifejezett szögértékeket kell belevinnünk. Amennyiben a mért háromszögeket elgondolásunknak megfelelően az egyes nagyháromszögek szerint elhatároljuk, az itt ismertetett eljárással az  $A'$ ,  $B'$  és  $C'$  szögértékek egymástól függetleneknek tekinthetők.

Ha a nagyháromszögek kiegyenlítését a most ismertetett módon végezzük, akkor mindenegyes alapvonalból egy nagyháromszög-oldal, mint a mérési eredmények és javítások függvénye kifejezhető:

$$s' = s_0 + f''_1 v'_1 + f''_2 v'_2 + \dots \quad (12)$$



Azokra a nagyháromszögekre, amelyekben alapvonalat is mértünk, négy fiktív mérési eredményt alkothatunk a többi nagyháromszög három-három fiktív mérési eredményével szemben:

$$\begin{aligned}
 A &= A' + \alpha'_1 \lambda_1 + \alpha'_2 \lambda_2 + \alpha'_3 \lambda_3 + \alpha'_4 \lambda_4 \\
 B &= B' + \beta'_1 \lambda_1 + \beta'_2 \lambda_2 + \beta'_3 \lambda_3 + \beta'_4 \lambda_4 \\
 C &= C' + \gamma'_1 \lambda_1 + \gamma'_2 \lambda_2 + \gamma'_3 \lambda_3 + \gamma'_4 \lambda_4 \\
 s &= s' + \delta'_1 \lambda_1 + \delta'_2 \lambda_2 + \delta'_3 \lambda_3 + \delta'_4 \lambda_4
 \end{aligned} \tag{13}$$

Ügyelni kell itt is arra, hogy a nagyháromszög-oldal függvényében is csak ugyanazon a nagyháromszögon belül fekvő hálózati rész mérési eredményei szerepeljenek, mint a szögek függvényeiben.

Ez a kiegyenlítési eljárás módot ad arra is, hogy a fiktív mérések koefficiensének számításánál és a fiktív javítások szétbontásánál az alapvonal mérési hibájára is tekintettel lehessünk.

Mint említettük, a mért háromszögelési hálózatot a levezetett nagyháromszögek oldalai mentén választjuk szét kiegyenlítési csoportokra, így minden háromszöget csak egy levezetett háromszög kialakításánál használunk fel. Ebben az esetben az elválasztó vonalakon fekvő pontokra, mint centrumokra vonatkozó oldalfeltételi egyenletek kiesnek. Az így elhanyagolt oldalfeltételi egyenletek száma azonban összehasonlíthatatlanul kisebb, mint a láncolati keretrendszerek kiegyenlítése esetében, amely utóbbinál még igen sok szögfeltételi egyenlet is elmarad. Az elhanyagolt oldalfeltételi egyenletek száma a számításba bevitt oldalfeltételi egyenletekhez viszonyítva annál kisebb, minél több háromszöget vonunk össze egy levezetett háromszögbe, mert az elhagyott oldalfeltételek száma a levezetett háromszög kerületével, a kiegyenlítésbe bevitt oldalfeltételek száma pedig a levezetett háromszög területével arányos. E szempontnak jelentősége kontinensrészek hálózatának kiegyenlítésénél jelentkezhetik.

A domináns pontok 150—200 kilométeres távolsága megfelel éppen annak a távolságnak is, amely a *Laplace*-pontok elhelyezésére tekintetbe jöhet. Az a lehetőség, hogy a főkiegyenlítésbe bevont és az egész területet beborító főhálózat minden pontja egyúttal *Laplace*-pont is lehet, ideális megoldást nyújt a geodéziai és asztronómiai hálózat együttes kiegyenlítéséhez és feltétlenül megbízható eredményt ad az ellipszoid elhelyezésénél és tájékozásánál.

## IRODALOM

1. *H. Boltz* : Entwicklungsverfahren zum Ausgleichen geodätischer Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate (Berlin 1923).
2. *H. Boltz* : Substitutionsverfahren zum Ausgleichen grosser Dreiecksnetze in einem Guss (Potsdam 1938).
3. *O. Eggert* : Über die Ausgleichung grosser Dreiecksnetze. (Verhandlungen der Baltischen Geodätischen Kommission, Helsinki 1937).
4. *Tarczy-Hornoch Antal* : Beszámoló a felsőgeodézia terén folyó vizsgálatokról. (Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának közleményei. I. évfolyam 1. szám. Budapest, 1951).
5. *F. R. Helmert* : Die Europäische Längengradmessung in 52° Breite. (Heft I—II. Berlin, 1893—1896).
6. *F. N. Kraszovszkij* : Методы уравнивания государственной первоклассной триангуляции (Ленинград, 1932).
7. *F. N. Kraszovszkij* : Руководство по высшей геодезии. ч. II. (Москва, 1942).
8. *V. R. Ölander* : Adjustment of the Baltic ring. (Helsinki, 1949.)
9. *H. Wolf* : Über die Ausgleichung von Dreiecksnetzen. Allgemeine Grundlagen und ein Neuvorschlag. (Bamberg, 1949).
10. *N. A. Urmajev* : Методы уравнивания триангуляции I. класса. (Москва, 1937).
11. *A. Marussi* : Un nuovo metodo per la compensazione astronomico-geodetica delle grandi triangolazioni (Firenze, 1947.).
12. *Jordan—Eggert* : Handbuch der Vermessungskunde III/2. kötet 453. old. (Stuttgart, 1941).
13. *W. Jenne* : Über freie Funktionen. (Allgemeine Vermessungsnachrichten Berlin, 1939. 677. old.).

# HOZZÁSZÓLÁSOK

HAZAY ISTVÁN előadásához

SZILÁGYI BÉLA

A nagykiterjedésű háromszögelési hálózatok kiegyenlítése valóban a geodéziának egyik még mindig legidősebb problémája. A nagytömegű felvételek egyidejű kiegyenlítésének, a nagyszámú normálegyenletek felhalmozódásának elkerülése oly módon, hogy az eredmények mégis minél jobban megközelítsék a teljes háromszögelési hálózat egyegészben való kiegyenlítésének eredményeit, már hosszabb idő óta foglalkoztatja a geodéta-kutatókat és számos elgondolás látott napvilágot.

Az eddigi elgondolásoknak immár klasszikusnak mondható elve az, hogy a teljes háromszögelési hálózatból láncolatokat szakítanak ki és a főkiegyenlítés csupán ezekre a láncolatokra terjed. Működésén újszerű az itt elharczott Hazay-Tárczy-féle javaslat, amely abból a felfogásból indul ki, hogy a főkiegyenlítés eredményei jobban simulnak az egész területhez, ha a főkiegyenlítés felépítésében, ellentétben a láncolatok kiszakításával, nem csupán a mérési eredmények egy része, hanem az egész hálózat minden mérése szóhoz jut.

Az a kíváncsi, hogy a főkiegyenlítés normálegyenleteinek számát csökkentjük, itt is teljes mértékben érvényesül. E mellett azonban nem válik ki egy keretrendszer és nem marad ezen belül a főkiegyenlítésre hatástalan, de nagy területeket borító úgynevezett kitöltő hálózat, hanem az egész területet borító hálózat minden egyes mérési eredménye egyenrangú építőköve lesz a főkiegyenlítésbe bevont és az egész területet egyenletesen borító, levezetett nagyháromszög-rendszernek.

Ki kell emelnünk, hogy az az elhanyagolás, amely abból származik, hogy az egyes nagyháromszögek szögeinek levezetésére végzett csoportkiegyenlítéseknél a nagyháromszög-oldalak mentén néhány oldalfeltétel kiesik, lényegesen kevesebb, mint a láncolatok kiszakításának klasszikus módszerénél előálló az a tömeges elhanyagolás, amit a kitöltő hálózati részek teljes kikapcsolása okoz; különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a levezetett nagyháromszögek kiegyenlítése a nagyháromszögek alkotta hálózat összes oldalfeltételeit is kielégíti.

Az újszerű elgondolás technikai kivitelénél jelentős kérdés, milyen mértékben biztosítsuk a levezetett nagyháromszögek szögeinek függetlenségét és hogyan történjék a függetlenítés. A javaslat három megoldásra is tesz ajánlatot. Az első, amely a domináns pontoknál végzendő állomási kiegyenlítésekre bízta a feladatot, inkább gyakorlati, mint elméleti megoldásnak látszik. A második, amely a mérési eredményeket három csoportba osztja, szintén gyakorlati megoldás, de olyan, amely elméletileg is teljes értékűnek tekinthető. Végül a harmadik megoldás, amely Eggertnek a láncolatok kiegyenlítésére kidolgozott eljárását alakítja át a nagyháromszögek rendszerére, szigorúan elméleti alapon áll.

Mi, a terpcen dolgozó mérnökök, akiknek mindennapi feladatunk, hogy az elméletet megfelelően vigyük át a gyakorlatba, a gyakorlat követelményeit összeegyeztessük az elmélet követelményeivel, úgy látjuk, hogy a legegyszerűbb és így a leggyorsabb az első megoldás, bár kétségtelenül nem biztosítja elméleti szabotossággal az egyes háromszögek három-három szögének teljes függetlenségét, a gyakorlati követelményeket oly módon elégíti ki, amely az elméleti szabotosságtól csak kevés engedményt kér. A második megoldás az elsővel



szemben valamivel több munkát követel, de gyakorlatilag szintén akadálytalanul keresztülvihető és a nagyháromszögek szögeinek függetlenségét tökéletesen biztosítja. A harmadik megoldást inkább elméleti jelentőségűnek véljük, amely ugyan gyakorlatilag is végrehajtható, de jelentős munkatöbbletet jelent a két első megoldással szemben.

Nagy reményekkel tekintünk a most folyó kísérleti számítások eredményei elé!

#### RÉDEY ISTVÁN

Hazay István előadásában elmondottakat célszerűnek látszik megvizsgálni külön a mérés és külön a számítás szempontjából is.

Nem kétséges az, hogy ha egy területet, egy országot fel kell mérni, akkor annak az országnak az egész területét be kell fedni háromszögekkel. Ezen háromszögek bemérése történhet úgy, hogy először csak egy keretet, egy koszorúrendszert mérünk be és azután végezzük a kitöltőhálózat bemérését, vagy végezhetjük a munkát úgy is, hogy folyamatosan bemérjük az egész hálózatot. A terepen végzendő mérési munka a két esetben csaknem azonos, illetve mondhatjuk a második esetben valamivel kevesebb, mert az első esetben a kitöltőhálózat mérésekor újra fel kell állanunk ugyanazokon a pontokon, amelyeken már a koszorúrendszer bemérésekor felálltunk. Önmagában azonban pusztán a koszorúrendszer bemérése a kitöltőhálózat nélkül kétségtelenül időbelileg gyorsabban végezhető el, mint a teljes hálózat bemérése. Ebből következik az, hogy a koszorúrendszert kevésbé fogják terhelni azok a hibák, amelyek a földkéreg esetleges vízszintes értelmű mozgásából származnak. Ilyen szempontból tehát a koszorúrendszer mérését előnyösebbnek kell tartanunk.

Nézzük meg most már a számítások szempontjait. Ezt ismét két részbontathatjuk, a kiegyenlítésre és a legjobban simuló ellipszoid méreteinek és elhelyezésének a számítására.

Az előzetes adatok számításához és kiegyenlítéséhez, tehát koszorúrendszer esetén a keretoldalak hosszának és tájékozásának kiszámításához, teljes hálózat mérése esetén a domináns pontokat összekötő oldalak hosszának és a közbezárt szögeknek számításához valamilyen méretű és tájékozású ellipszoidot előre mindenhogyan fel kell vennünk. Ezen előzetes kiegyenlítés végrehajtása koszorúrendszer esetén gyorsabbnak látszik, mint domináns pontok esetén. Ezért abban az esetben, ha már van egy megadott méretű és tájékozású ellipszoid, amelyen számolni kell, akkor a koszorúrendszer alkalmazása előnyösebb. (Ez az eset a Szovjetunióban.) Ha azonban nincsen megadva az ellipszoid tájékozása és ezt olyan feltétellel akarjuk megállapítani, hogy a hálózatban a függővonal-elhajlások négyzetösszege minimum legyen, akkor a domináns pontok módszere kétségtelenül előnyösebbnek mutatkozik, mert figyelembe veszi az ország azon részét is, amely a kerethálózatok között fekszik.

#### HÖNYI EDE

A geodéziai számításokhoz alapul vett ellipszoid és a felsőrendű háromszögelési hálózat elhelyezése egymáshoz képest a függőleges vonalelhajlások négyzetösszeg-minimuma elvével történik. A felsőrendű háromszögelés kiegyenlítésének az a módja, hogy az egész hálózatból egy láncolatkeretet szakítunk ki, csupán azt kapcsoljuk össze az asztronómiai mérésekkel és így a függőleges vonal-elhajlások négyzetösszeg-minimumának meghatározását erre a

láncolatkeretre korlátozzuk, nyilvánvalóan jelentős elhanyagolással jár a háromszögelési hálózattal borított egész területre nézve. Ezért látjuk szerencsés gondolatnak az előadásban ismertetett tervet, amely a kiegyenlítés technikai kivitelének ama kényszerét, hogy a főkiegyenlítés normál-egyenleteinek számát korlátozzuk, szintén megoldja, de úgy, hogy a függőleges vonalelhajlások rendszerét az egész területen egyenletesen fejleszthetjük ki. Ez az elhajlási rendszer most már tényleg az egész terület jellemzőjévé válik.

Az előadásból úgy hallottuk, hogy a főkiegyenlítésbe bevont nagyháromszög-hálózat minden egyes pontja — ezeket az előadó domináns pontoknak nevezte — Laplace-féle pont is lehet. Az asztronómiai adatoknak a bevonása a geodéziai hálózat kiegyenlítésébe olyan esetben, amikor a szomszédos asztronómiai álláspontokat egymással egy-egy oldal közvetlenül összeköti, egyszerűsíti a kiegyenlítés technikai végrehajtását is.

Az új elgondolásnak megfelelő kiegyenlítés háromféle variációja megfelelő fokozatokat állít fel a főleg a gyakorlati követelmények kielégítése és az elmélet szabatos kielégítése között. A kísérleti számítások lesznek hivatva eldönteni, vajjon a három fokozat eredményei között jelentkezik-e olyan különbség, amely a felsőrendű háromszögelés tudományos feladatát érezhetően befolyásolja vagy sem.

Az előadó bizonyára az idő rövidege miatt, nem tért ki arra a fontos részletkérdésre: vajjon az egyes nagyháromszögek levezetésére végzendő előzetes csoportkiegyenlítések nem jelentenek-e lényeges többletmunkát. Megvizsgálva a kérdést, azt állapíthatjuk meg, hogy többletmunka egyáltalában nem mutatkozik. Ha ugyanis például Boltz módszerével végzik az egyes csoportok kiegyenlítését, a levezetett nagyháromszögekből összeállított hálózat kiegyenlítése után, vagyis a főkiegyenlítés után az egyes csoportkiegyenlítésekben új feltételekként vihetjük be a domináns pontoknak a főkiegyenlítés eredményei alapján számított koordinátái változtathatatlanságát és ily módon az előzetes csoportkiegyenlítések az új kényszerfeltételek bevonásával, mint a domináns pontok között lévő elsőrendű háromszögelési pontok végleges kiegyenlítése folytathatók.

#### HOMORÓDI LAJOS

Hozzászólásomban azzal a kérdéssel akarok foglalkozni, amit Rédey István is érintett, hogy t. i. a vízszintes kéregmozgások lehetőségére való tekintettel, melyik hálózatfejlesztési mód a célszerűbb, a vonalmenti, azaz a láncolatvázat és kitöltő hálózatot elkülönítő, avagy a felületi, mely egységesen borítja be az egész területet.

Mindenekelőtt szögezzük le, hogy a kéregmozgás kétféle lehet: regionális és lokális. Az előbbi alatt most olyan mozgást értek, mely a hálózattal fedett egész területre kiterjed, tehát esetünkben az egész országban egyforma jellegű. Lokális az, amelyik a hálózattal borított területnek egy részére korlátozódik, tehát csak néhány háromszög területének megfelelő felület-darabot érint. Ha e fogalmakat így értelmezzük, akkor a hálózat szempontjából a regionális mozgások nem érdekelnek. Ezek egyformán hatnak a pontok összességére, tehát nincs hatásuk a mérés eredményére. Más a helyzet a lokális mozgásoknál, mert ezek azzal a hatással lehetnek, hogy az egymást követő években (hiszen a hálózatfejlesztés munkája mindig évekig tart) a mérések más és más pontokra vonatkoznak. Ha most a felületi kiterjedésű hálózatfejlesztés szokásos munka-

beosztását tekintjük, melynél a mérés az ország egyik szögletéből kiindulva úgy halad tovább, hogy a következő évi munka azoknál a pontoknál folytatódik, ahol előző mérési időszakban félbenmaradt, úgy azt látjuk, hogy a mérést csak azoknak a mozgásoknak a hatása rontja, mely az előző évi mérési időszak befejezése és a következő évi mérési időszak kezdete között történtek, ami kétségtelenül nem lehet olyan nagy, hogy a mérések ma elérhető pontossága mellett észrevehető lenne. Így az elmozdulásokból származó törések a mérési eredményekben nem nyilvánulnak meg, a hálózat kiegyenlítését nem befolyásolják károsan. A számított hálózat ugyan különbözni fog attól, amely a természetben a számítás befejezésekor fellelhető lenne, de a különbségek helyhez kötötten ott nyilvánulnak meg, ahol a mozgások történtek. Ha tehát később egy teljesen hibátlan hálózat lenne meghatározható, az új és régi koordináták különbsége pontosan mutatná a mozgások helyét. Vonalmenti, tehát láncolatos hálózat fejlesztésénél az egyszerű gyűrű esetét kivéve, sohasem érhető el, hogy ne legyen olyan hely a rendszerben, ahová a mérés évekkal a kiindulás után érkezik vissza, így ezeken a helyeken az új mérések olyan pontokra fognak vonatkozni, ha ott ép törés van, amelyek helye a több éven át történt kéregmozgással különböznek az eredeti helytől. Így ilyen helyeken a fellépő záróhibát a mérési hibákon kívül, a kéregmozgásból eredő eltolódás is okozza. Ennek részesevé a záróhibában természetesen ismeretlen, tehát nem tehető ki egyebet, mint a hibát a kiegyenlítésben a szokásos módon, azaz a láncolatrendszer geometriai alakjától függően osztani el, ami annyit jelent, hogy későbbi hibátlanak feltételezett hálózattal való összehasonlításkor az eltérések nem jellemzők a mozgások helyére, valami eltérés megállapítható, de azt nem lehet tudni, hogy hol is történt a mozgás. Ezért e szempontból a láncolatszerű fejlesztést kevésbé célszerűnek tartom, mint a Hazay által javasolt módszerrel kiegyenlített felületi kiterjedésű hálózatot.

A regionális mozgások kimutatására a csillagászati mérések alkalmasak, azaz régi és új mérési eredmények összevetésével lehet esetleges regionális mozgásokra következtetni.

Ahhoz, hogy ezt megtehessek, csak arra kell ügyelni, hogy a csillagászati mérések ne húzódjának szét az időben, ne 20 vagy ép 50 év legyen az egyes eredmények között, hanem néhány év alatt fejezzük be a szükségesnek tartott méréseket.

A gyakorló geodéták, a hálózatfejlesztés munkáját végző mérnökök hálásan köszönik Rédey megállapítását, mely az időkoordináta fontosságát hangsúlyozta a geodéziai mérésekben. A lokális kéregmozgásoknál sokkal jobban és kedvezőtlenebbül befolyásolja ugyanis méréseink eredményét az, hogy ha a mérés hosszan elhúzódik, a pontokon épített jelek nagyrésze, de még maguknak a pontoknak egy része is elpusztul és így a hálózat létesítéséhez szükséges energia egy része a helyreállításra, az azonosság megvizsgálására és biztosítására pazarolódik el.

(Hazay István előadó az elhangzott hozzászólásokra Regőczy Emil előadása után válaszolt. A válasz szövegét az említett előadáshoz történt hozzászólások szövege után közöljük.)



# HARMADRENDŰ HÁROMSZÖGELESI HÁLÓZATBÓL LEVEZETETT ELSŐRENDŰ HÁLÓZAT

REGŐCZI EMIL előadásáról

A Magyar Tudományos Akadémia 1951 évi nagygyűlésén *Regőczi Emil* előadást tartott az új felsőrendű háromszögelési hálózatunknak a kerethálózatban belül maradt részekben való kifejlesztéséről, az úgynevezett kitöltő hálózat elkészítéséről. Az előadás szövege a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának közleményei V. kötet 1—2. számában meg is jelent. Új elgondolásai és az ennek megvalósításából származható nemzetgazdasági előnyök oly jelentősek, hogy kívánatosnak tartottuk ezt a kérdést a kongresszus nagyobb nyilvánossága elé vinni és a problémát ott is megvitatni. Mivel az előadás tartalma lényegében megegyezik korábbi előadásának tartalmával és ez, mint említettük, az Akadémia kiadványában már megjelent, az előadás teljes szövegének közlését most mellőzzük és csupán az elgondolás elveit ismételjük meg.

Regőczi a takarékoság szükséges szempontjából kiindulva, azt javasolta, hogy a láncolat-kerettel körülzárt területen, szakítván a háromszögelési hálózatok klasszikus kifejlesztési módjával, ne fejlesszünk külön első-, másod- és harmadrendű hálózatot, hanem helyettük egy 7—8 km oldalhosszúságú háromszögekből álló hálózatot építsünk. Mérjük meg a háromszögek valamennyi szögét, de átlós irányokat ne mérjünk. Ebből a hálózatból tisztán számítással alakítsunk ki egy elsőrendű háromszögelési hálózatot oly módon, hogy egymástól mintegy 30 kilométerre fekvő, *domináns-jellegű pontokat* válasszunk ki és az ezeket összekötő oldalak által bezárt szögeket a kis háromszögek mért szögeiből vezessük le. Ehhez alkalmas a *Hazay—Tárczy-féle kiegyenlítési mód*, amelyet *Hazay István* »Az országos és kontinentális háromszögelési hálózatok kiegyenlítéséről« szóló előadásában és az itt megjelent tanulmányában részletesen ismertetett. A különbség az ott előadottakkal szemben csupán annyi, hogy amíg az országos vagy kontinentális hálózatoknál a mintegy 30 kilométeres oldalhosszúságú »kis« háromszögekből vezetjük le a 150—200 kilométeres oldalhosszúságú »nagy« háromszögeket, addig itt a 7—8 kilométeres »kis« háromszögekből építjük a 30 kilométeres »nagy« háromszögeket.

Regőczi kimutatta, hogy az így keletkező levezetett elsőrendű háromszögelési hálózat pontosság szempontjából sem marad alatta a közvetlenül mért

elsőrendű hálózatnak, részben azért, mert rövidebb irányok mérésénél az oldalrefrakció jelentékenyen kevésbé befolyásolja a mérési eredményt, részben pedig azért, mert a rövidebb oldalaknál a kényszerközpontosítás elvét lehet követni.

Az új eljárás gazdasági előnye több tekintetben megmutatkozik. A rövidebb távolságok általában alacsonyabb állványos gúlákat követelnek, a gúlák egyhelybenhagyása csak rövid ideig szükséges, a gúlák hamarosan továbbvihetők és többhelyen felállíthatók, tehát többször használhatók. Különösen alkalmasak lesznek az olyan szétszedhető gúlák, melyeknek műszerállványa fából, észlelő állványa pedig vasból van. A hálózat klasszikus kifejlesztési módjánál elkerülhetetlen, hogy az elsőrendű hálózat pontjainak nagyrészen, de a másodrendű hálózat egyes pontjain is, többször építsünk magas állványos gúlát, mert mire a harmadrendű hálózat kifejlesztése elkövetkezik, a magasabbrendű hálózat fejlesztéséhez épített gúla már elkorhad. Ez a kétszeres gúlaépítés az új elgondolás szerint fejlesztett hálózatnál teljesen elmarad.

Nagy távolságokra lévő pontok irányzásához a napnak csupán néhány órája alkalmas, miért is az elsőrendű háromszögelési hálózat szögérése igen lassan halad. Ezzel szemben a 7—8 kilométer távolságra lévő pontok irányzása általában a déli órák kivételével egész nap végezhető. Az itt elmondottakon kívül még számos ok indokolja az új eljárás gazdaságosságát és bevezetésének célszerűségét.

Az előadó által ismertetett új eljárásnak nem feltétele, hogy az egy elsőrendű kerethálózatra támaszkodjék. Az ország egész felsőrendű hálózata kiépíthető a 7—8 kilométeres oldalhosszúságú kisháromszögekből, mert a kiegyenlítésnek az a módja, amely által levezetett elsőrendű hálózatot kapunk, biztosítja a hálózat kellő merevségét és a hibaeloszlás megfelelő kialakulását.

(Hazay István)

## HOZZÁSZÓLÁSOK

REGŐCZI EMIL előadásához

SÉBOR JÁNOS

Az elhangzott előadás igen szépen és világosan tárta elénk mindazokat a nehézségeket, amelyek országunk háromszögelési pontokkal való behálózásával kapcsolatban felmerültek. A kérdés igen nagy jelentőségű, különösen ma, mert erős ütemben fejlődő gazdálkodás megfelelő pontosságú térképek nélkül el sem képzelhető. Márpedig a megfelelő pontosságú térkép elkészítésének első alapfeltétele a megfelelő pontosságú háromszögelési hálózat.

Meggyőződhattünk arról, hogy az előadó által javasolt újítással a költségeket jelentékenyen le lehet csökkenteni anélkül, hogy ez a pontosság rovására menne.

Előadó rámutatott arra, hogy a költségek jelentékeny részét a fenyőfából készült gúlák építési költsége teszi ki. Ezek a gúlák 5—6 éven belül a helyszínen elkorhadnak, tönkremennek. Ezen segíteni lehetne azzal, hogy a gúlák építéséhez telített faanyagot használnának. A telítést vagy fémsókkal vagy kátrányolajjal végzik. A fémsókkal való telítés olcsóbb eljárás, de a fának az élettartamát szabad helyen csak mintegy 12—15 évvel hosszabbítja meg. Kátrányolajjal való telítés drágább, körülbelül ugyanannyiba kerül, mint amennyi a faanyag az értéke, de az élettartamát 25—30 évre növeli. Ezért célszerű volna, ha a javasolt műszerállvány ilyen telített fából készülné, mégpedig oly módon, hogy az alkatrészek előregyártva szegezés helyett csavarokkal lennének összekötve. Így a gúlák bármikor szétszedhetők és szükség szerint más helyen újból felállíthatók lennének. Az előadóból láttuk, hogy ilyen típusgúlák tervrajzai már elkészültek és ezeknek a használata minden bizonnyal igen nagy költségmegtakarítást jelentenek.

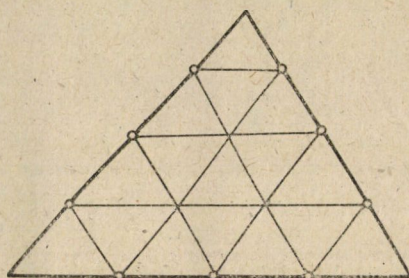
Előadó részletesen foglalkozott a háromszögelési munkálatoknál előforduló egyes hibaforrásokkal, így a pontraállítás hibájával, pontjelölés hibájával. Az ezek csökkentésére felhozott javaslatai minden bizonnyal nagymértékben fogják növelni a munkák eredményeinek pontosságát.

Részletesen foglalkozik az oldalrefrakció hatásával. A rendelkezésre álló irodalom szerint számosan foglalkoztak azzal, hogy az oldalrefrakció mennyire befolyásolja az iránymérés pontosságát. A vizsgálatok eredménye egyöntetűen az, hogy amíg 7 kilométeres távolságnál az iránymérésnél a teodolitmérésből származó középhiba 0,15", addig az oldalrefrakcióból származó hiba 0,09". 30 kilométeres távolságnál a teodolitmérésből származó középhiba 0,15", az oldalrefrakcióból származó hiba pedig 0,38", tehát amíg a 30 kilométeres oldalhosszakkal bíró háromszögeknél az oldalrefrakcióra már feltétlenül fel kell figyelniük, addig a 7 kilométeres oldalhosszakkal bíró háromszögeknél ez a hiba a teodolitmérési hibához viszonyítva olyan kicsi, hogy ezt külön figyelembe venni nem kell. Az oldalrefrakció hatása akkor lenne erősen érzékelhető, ha az irányvonal valamilyen nagyobb város vagy gyártelep felett haladna keresztül. Az ilyen települések feletti légrétegek nagyobb mennyiségű szilárd anyagot, port, szénrészecskéket tartalmaznak és így valószínű, hogy az irányvonalnak erősebb oldalirányban való eltérését okozzák. Az előadó által javasolt 7 kilométeres hálózattal azonban ezek a helyek kikerülhetők. Az oldalrefrakció kedvezőtlen befolyásától különösen azoknál a vonalaknál kell tartanunk, amelyek a Föld felszínéhez közel haladnak. 30 kilométeres oldalhosszagnál a Föld gömb



alakjából származó ívmagasság kereken 18 m, így még magasabb gúlák alkalmazásánál is az irányvonal közepe a Föld felszínének közelébe jut. 7 kilométeres oldalhosszaknál az ívmagasság közel 1 m, tehát az irányvonal sohasem fogja annyira megközelíteni a Föld felszínét. Így valószínűbb, hogy a 7 km távolságra álló gúlák között az irányvonal egyöntetű légrétegek között halad.

Ha az előadó által javasolt eljárást alkalmazzuk, vagyis ha a mintegy 7 kilométeres oldalhosszakkal bíró háromszögekből vezetjük le a 30 kilométeres oldalhosszúságú kiegyenlítendő főhálózatot, akkor a kis háromszögekben eszközölt szögméréseknek olyan pontosságúaknak kell lenniök, hogy az ezekből származó hibahalmazódás a nagy háromszögekben a megengedettnél nagyobb hibát ne idézzen elő.



Általában a 20—30 kilométeres oldalhosszakkal bíró háromszögekben az iránymérés megengedett középhibája 1,5", így egy szögmérés középhibája  $m = 1,5\sqrt{2} = 2,1''$ .

Ha a 30 km oldalhosszal bíró háromszöget 7 kilométeres oldalhosszakkal bíró kis háromszögekből képzeljük összerakva, akkor 16 ilyen háromszögből fog állani a nagy háromszög (ábra).

A megengedett ellentmondás a nagy háromszögben lesz :

$$w = 2,1\sqrt{3} = (2,1) (1,73) = 3,6''.$$

Fejezzük ki a nagy háromszög Ferrero-féle szög-középhibáját, lesz :

$$m = \sqrt{\frac{[ww]}{3n}}$$

Vegyük fel, hogy a kis háromszögekben ugyanolyan körülmények között végeztük a méréseinket, tehát az ellentmondások egymással közel egyenlőek, akkor írhatjuk :

$$m = \sqrt{\frac{16^2 w^2}{3 \cdot 16}} = \frac{4w}{\sqrt{3}} = \frac{4w}{1,73} = 2,3 w$$

Mivel  $m$ , vagyis a nagy háromszögben a megengedett szögmérési középhiba  $2,1''$ , számítható a  $w$  értéke, vagyis a kis háromszögekben a megengedett ellentmondásérték:

$$2,1 = 2,3 w$$

$$w = \frac{2,1}{2,3} = 0,9''$$

A kis háromszögekben a szögmérési középhiba eszerint lehet:

$$0,9 = m \cdot \sqrt{3}$$

$$m = \frac{0,9}{1,7} = 0,5''$$

Ez az érték teljesen megfelel az előadó által más úton levezetett  $0,49''$  megkívánt szögmérési középhibának.

Mindezekből látható, hogy az előadó a javasolt eljárás minden részletét igen gondosan átvizsgálta, szépen megvilágította és mindannyiunkat meggyőzött arról, hogy a tervezett eljárás nemcsak gazdaságos, hanem a megkívánt pontossági feltételeket is mindenben kielégíti.

#### HOMORÓDI LAJOS

A háromszögelési hálózat kifejlesztésére az előadó által javasolt módszer alapvetően megváltoztatja a hálózatfejlesztés műveleteinek leglényegesebb lépéseit: a kitűzést, azaz jelépítést; a mérést és a számítást.

Szeretném erősen kidomborítani, hogy e három irányú módosítás együttes alkalmazása a szükséges feltétele annak, hogy elérjük azokat a gazdasági előnyöket, megtakarítást időben és pénzben, anyagban és mérnöki munkaerőben egyaránt, melyekre az előadás röviden utalt s így a három módosítás együttesen adja a javaslat újítás jellegét.

A jelek szédszedhető és újra felállítható kivitelére már másutt is gondoltak, hogy a háromszögelési hálózat előállításához szükséges anyag mennyiségét csökkentsek, de ez a csökkenés mindaddig nem érheti el maximumát, amíg kitartunk a hálózat lépcsős felépítésének elve mellett, mert mindaddig, amíg egy pont meghatározásához nemcsak a szomszédos pontokkal való összefüggést kell biztosítanunk, hanem a már előbb meghatározott magasabbrendű pontokra átlós irányokat is mérünk, az ezeken álló jeleknek mindaddig helyükön kell maradniuk, amíg az összes kapcsolatos pont lemérése befejeződik. Tehát a mozgatható jelkészletnek lényegesen nagyobbak kell lennie, mint akkor, ha csak a szomszédos pontokat kell mindig mérnünk, azaz ha a hálózatban csak egymás mellé illeszkedő háromszögek vannak és nincsenek átfedő háromszögek. Hogy az átlós irányok mérésével bekövetkező megnövekedése annak az időnek, ameddig egy jelnek állnia kell, nem csekély, azt egy adattal lehet igazolni: egy 6 háromszög összefutásánál lévő elsőrendű ponton a javasolt eljárás szerint addig áll a jel, amíg a pontot magát és a közvetlenül szomszédos 6—8 harmadrendű pontot lemérjük. Ezzel szemben a lépcsős fejlesztési módszernél ezeken felül be kell várni még néhány közbeiktatott harmadrendű törési

pont lemérését is, tehát nem túlozunk, ha azt állítjuk, hogy egyes helyeken legalább kétszerannyi ideig kell állnia a jelnek, mint a másik módszernél, tekintetbe véve azt is, hogy a hosszabb átlós irányok miatt a mérési idő megnövekedik. Természetesen vannak kevésbé kedvezőtlen pontok is, ezért csak annyit szögezhetünk le, hogy a mérés új berendezése a szükséges jelkészlet mennyiségét ha nem is felére, de legalább is 70%-ra szorítja le.

Azt úgy hiszem, már kevésbé kell indokolni, hogy az új rendszerű hálózat-fejlesztés új számítási technika nélkül elképzelhetetlen, e nélkül nem tudnánk úrrá lenni a rendkívüli módon megnövekedett számú feltételi egyenleten. Az új számítási technika egyszerűségét és áttekinthetőségét nem méltatom, arról a kongresszus folyamán külön előadás szól részletesen.

A javasolt újítások által elérhető megtakarítás jellemzésére az új magyar hálózat adataira hivatkozom. A láncolatkeret kitöltése a harmadrendű hálózatra előírt sűrűségű pontokkal az eddig követett eljárás mellett kerekén 21 évbe telne. Az új módszer reményt ad arra, hogy a munkát 8 év alatt befejezzük. Ez munkaerőben annyit jelent, hogy 680 mérnöki és 1400 technikus munkahónap helyett 60%-kal kevesebbre, azaz csak 250 mérnöki és 560 technikus munkahónapra lesz szükségünk. Az ország területén mintegy 2400 felsőrendű háromszögelési pontot kell meghatározni. Ehhez közepes magasságú, a harmadrendű pontokon már egyszerű jelekkel is számolva, közel 20 ezer m<sup>3</sup> fenyőfa kellene. A fa-vas kombinációból készülő szétszedhető gúlákhoz, ha csak 10 alkalommal tudjuk használni őket, elég lesz e mennyiség egy tizede. Fenyőerdőben szegény országunkban ez maga is rendkívüli jelentőségű. A fa helyett kis mennyiségben fogyasztunk vasat és több cementet fogunk elhasználni, mint az eddigi módszernél. Ez azonban nem jelent megterhelést anyaggazdálkodásunk számára. A munkálat összköltségben a megtakarítás 44%-ot tesz ki.

Ha szembeállítjuk a költségekben elérhető 44%-os megtakarítást az időben elérhető 60%-os megtakarítással, akkor úgy látszik, hogy a befektetendő évi átlagos hitel mintegy 40%-kal növekedik a régi eljárás hitelszükségletéhez képest. Így azonban hamis a kép. A rendes évi üzemi kiadásokat alig kell megnövelni a többlet az induláskor szükséges első és egyszeri beruházásokból adódik. Az új eljárás nem kíván különleges beruházásokat, csak egyszerűen munka és szállítóeszközök korszerűsítését. Így ott, ahol ez már nem gond, az új módszer gazdaságossága még élesebben jelentkezik.

A felsorolt előnyökhöz még meg kell jegyezni, hogy országunk gazdasági életének gyors felfejlődése miatt nem közömbös, hogy hány éven át kell még a nagy beruházások geodéziai igényeit régi hálózatunk alapján kielégíteni. A hiányos, töréseket tartalmazó régi hálózatban való kitzés napról napra súlyosodó problémákat ad fel s egyre több olyan munka elvégzését kívánja, melyre korszerű hálózatban nem lenne szükség. E munkák elmaradása gazdasági életünknek további nyeresége lesz.

Mindez amit mondtam, a gyakorlat szemszögéből észrevehető előnye az új módszernek. Ami az elvi részét illeti a kérdésnek, csak arra a nagyjelentőségű tényre szeretném felhívni a figyelmet, ami az így előállítható hálózat homogen voltában jelentkezik. A hosszú évekre elhúzódó lépcsős fejlesztés elkerülhetetlenül magával hozza a munkálat nem szerves, összefüggő végrehajtását, ami mellett a szomszédos pontok közötti összhang még csak biztosítható, de egy nagyobb területen már lehetnek viszonylagos elfordulások, eltolódások. Ezek miatt a felsőrendű hálózatnak csak első, esetleg másodrendű pontjai, tehát egy meglehetősen laza hálózat áll rendelkezésre, esetleg csak egy-két pont,



ha geológiai egységek mozgásviszonyait akarjuk tanulmányozni. Az új módszerrel nyert sűrű hálózat homogén egysége az ilyen jellegű kutatásokat is meg fogja könnyíteni.

A gyakorlati és elméleti előnyök szerencsésen találkoznak az új módszerben. Reméljük, hogy legközelebb a már elért eredményekről és tapasztalatokról hallunk beszámolót.

#### KOWALCZYK ZSIGMOND

Az előadásokkal és a vitákkal kapcsolatban megemlítem, hogy a háromszögelési hálózat oldalrefrakciós hibái, amelyek nem lehetnek nagyobb eltéréseknek forrásai, másképpen is csökkenthetők. Vannak olyan tényezők, amelyek alapján illetékezhetjük, hogy az egymástól független nappal és éjszaka végzett mérések esetében az oldalrefrakció hatása csökken.

A merevített láncolatsor tervezete hasonlít a lengyelországi háromszögelés megoldásához, azzal a különbséggel, hogy a belső láncolatok kifejlesztésénél Lengyelországban a szabatos sokszögelés is szerepehez jut, bekapcsolódva a háromszögelési hálózatba. A sokszögoldalok hosszát közvetlenül lehet mérni invár-drótokkal, a szögek mérésénél a kényszerközpontosítás módszerére kell támaszkodni. A *Danilov*-féle parallaktikus sokszögelési módszer bizonyos mértékig ugyancsak alkalmazható.

Lengyelországban a földalatti vasút építésénél felmerült a kérdés, vajjon, az alapvető méréseket a helyi háromszögelésre alapozzuk-e. Sikerült meggyőzőn az illetékeseket, hogy ebből a célból a szabatos sokszögelést alkalmazzák. A sokszögelési hálózat ebben az esetben 3 sorból állt és mintegy 8 kilométerre terjedt ki. A 3 sort keresztvonalak merevítették. A pontosság a várakozáson felül jó volt; összehasonlíthatatlanul nagyobb pontosságot értünk el, mintha a helyi háromszögelésre támaszkodtunk volna.

A háromszögelési hálózat egyenleteinek megoldásával kapcsolatban szeretném megemlíteni, hogy a normális egyenletek bármilyen nagy száma sem jelent nehézséget. Saját, lengyel módszereink vannak bármilyen nagyszámú egyenlet gyors megoldására. Készséggel tesszük hozzáférhetővé elért eredményeinket és rendelkezésre bocsáthatjuk kész sémáinkat, amelyekkel bármilyen nagyszámú egyenlet gyorsan és könnyűszerrel megoldható.

A mi tudományunk közvetlenül az étellel áll kapcsolatban és a nagy Szovjetunió-vezette béketábor érdekeit szolgálja. Ennek a felelősségnek tudatában igyekszünk munkánkat a haladás vonalán napról-napra javítani.

#### HAZAY ISTVÁN

válasza a saját és REGŐCZI EMIL előadásához elhangzott hozzászólásokra

Előadásom és *Regőczi Emil* előadása között látszólagos ellentét áll fenn. Előadásomban ugyanis azt hangsúlyoztam, hogy keretláncolat fejlesztésénél jobb megoldásnak tartom a területi kifejlesztés elvét, *Regőczi* előadásában viszont az hangzott el, hogy a kitöltő hálózatoknál a megkívánt pontossággal lejjebb mehetünk, mert hiszen a tudományos kívánalmakat a keretláncolat már biztosítja.

Legyen szabad ezzel kapcsolatban megemlítenem, amikor Magyarországon elkezdtük az új felsőrendű háromszögelés fejlesztését, ez — miként előadásomban is szoltam róla — azt a követelményt állította eléink, hogy minél hamarabb

legalább egy keretet létesítsünk a további geodéziai munkálatok részére. Az alapelv és szükséglet tehát az volt, hogy Magyarországon először egy keret fog kiépülni. Az előadásomban említett elgondolás akkor még meg sem született és így Magyarországon kész helyzet előtt állva, az általam ismertetett eljárás eredeti céljában — legalábbis belátható időn belül — tisztán csak elvi szempontokat érinthetett.

Regőczy Emil elgondolását abból a tényből indította ki, hogy Magyarországon egy keret már kiépül és új eljárásával a kitöltő hálózatot óhajtja kifejleszteni. Természetes, hogy ebben az esetben a geodéziai tudományos kérdések megoldása a keretre támaszkodik, mert hiszen a keret között maradt területek — akár a régi klasszikus módszerrel, akár Regőczy új eljárásával fejlesztjük is ki a kitöltőhálózatot —, az ellipszoid elhelyezésébe és tájékozásába már nem folyhatnak be.

*Regőczy eljárása* azonnali gyakorlati felhasználását hozza magával az előadásomban ismertetett *Hazay—Tárczy-féle kiegyenlítésnek*, mert az elveken az semmit sem változtat, hogy 30 kilométeres oldalhosszúságú háromszögekből vezetjük le a 150—200 kilométeres oldalhosszúságú háromszögeket, vagy 7 kilométeres oldalú háromszögekből építünk 30 kilométeres oldalúakat. Legyen szabad itt rámutatnom arra a különbségre, hogy — amennyiben *Kowalczyk* professzor szavaiból jól ítélem meg — a lengyel kitöltőhálózat egységesen *harmadrendűnek* tekinthető, míg Regőczy eljárása a kitöltőhálózatban is kiemel, ha közvetett úton is — egy *elsőrendű* hálózatot, mégpedig olyant, amelynek pontossága a közvetlenül megmért elsőrendű hálózatok pontosságának megfelelő. Ez a váz pedig megítélésünk szerint igen kedvezően befolyásolja a hibaeloszlást és biztosítja azt, hogy a kifejlesztett hálózat a klasszikusan kifejlesztett hálózatot legalábbis egyenértékűen helyettesíti.

Visszatérve a domináns pontok kiegyenlítési módszerének eredeti feladatára, úgy látom, előadásomban nem domborítottam ki eléggé, hogy a főhálózat kiegyenlítésére említett szempontok annál jobban érvényesülnek, minél nagyobb terület kiegyenlítéséről van szó. Mindinkább előtérbe nyomul több ország hálózatának együttes kiegyenlítése, sőt a kontinensrészekre terjedő kiegyenlítés is, amelyeknél eredeti céljában is megfelelően lehet majd alkalmazni kiegyenlítési eljárásunkat.

Nem osztom azt a véleményt, amely szerint adott méretű, elhelyezésű és tájékozási ellipszoid esetében a keretlánccolat előnyösebb a domináns-pontok módszerénél, mert a keretlánccolat önálló kiegyenlítése a kitöltőhálózatot olyan kényszerekkel terheli, amelyek a domináns-pontok esetében nem léphetnek fel. Ha az ellipszoid már meghatározott, el is van helyezve és tájékozva is van, egy keret gyors kifejlesztése a többi területek rovására — ha más különleges szempontok azt nem követelik meg — nem látszik indokoltnak.

A *krakoviánok* módszere valójában megkönnyíti a normál egyenletek megoldását és hatalmas előrehaladást jelent, nézetem szerint azonban még korántsem teszi szükségtelenné egy nagyobb területre kiterjedő egységes elsőrendű háromszögelési hálózatnál akár egy keretlánccolatnak, akár egy domináns-pontokból alakított nagyháromszögekből álló hálózatnak, akár egy másképp létesített váznak a kiemelését és külön főkiegyenlítéssel való meghatározását.

## A GEODÉZIA FEJLŐDÉSE A NÉPI LENGYELORSZÁGBAN

Dr. ing. KOWALCZYK ZSIGMOND  
a Krakói Bányászati és Kohászati Akadémia rektora

Lengyelországnak a fasiszta megszállás alóli felszabadulása óta az eddig soha nem tapasztalt mérvű gazdasági fejlődéssel egyidejűleg a lengyel tudomány és így a geodézia is fejlődésnek indult. A geodézia és a vele rokon tudományok fejlődésének különleges jellege van, ami több körülménynek tudható be.

Szeretnék ezek közül a legfontosabbokról beszélni. Elsősorban szólnom kell az ipar és a mezőgazdaság minden ágában tapasztalható szocialista beállítottságról. Ez okozta, hogy a népi Lengyelország megalakulásától kezdve lehetőség nyílt a geodézia valamennyi ágában a tevékenység összefogására és nagyszabású kutatások keresztülvitelére. Már 1945-ben megalakult az *Országos Földmérő Hivatal*, mely az összes geodéziai munkálatokat irányítja. A tudományos geodéziai tevékenységnek irányítására a *Lengyel Tudományos Akadémián* létesített központi bizottság hivatott.

1939 előtt nagy nehézségbe ütközött volna ilyen munkaszervezet létesítése, részint a magántulajdonra vonatkozó törvények miatt: részint pedig azért, mert a földmérő hivatalok az egyes gazdasági ágazatok közt túlságosan szét voltak szórva és gyakran nem működtek együtt.

A másik oka annak, hogy a népi Lengyelországban a geodézia ily nagy mértékben fejlődött az, hogy a kormány gondoskodik a tudományos dolgozókról. Az egyetemi tanárok és tanársegédek száma a háború előttihez képest megnőtt és a kormány különösen gondoskodik róluk.

Az észszerűsítést és korszerűsítést oly szervezeti formákba foglalták, amelyek azonkívül, hogy a gyakorlati életben jól működnek, a tudományos munkálatok elvégzésére is alkalmasak.

Mint harmadik tényezőt meg kell említenünk, hogy a lengyel tudomány osztályjellegűt öltött és mindinkább kapcsolatba kerül a mindennapi élettel.

A tervfeladatok megvalósításához szükség van az ipari létesítmények gyors, pontos műszaki dokumentációjára, a mezőgazdaságban pedig a lengyel falu átalakítására.

E feladatok megvalósítóinak politikai felvilágosodottsága és közösségi beállítottsága növeli azt a teremtő erőt, amely rövid idő alatt oly nagy eredményeket ért el. Így igen rövid idő alatt többek között elvégeztük szénmedencénk



háromszögelési munkálatait és munkába vettük Lengyelország egységes, 1 : 10 000 léptékű gazdasági térképének elkészítését.

Mivel mind több és több geodéziai műszerre van szükség, a lengyel optikai ipart is jelentékeny mértékben fejlesztették. Hála a lengyel tudósok és technikusok kutatómunkájának, országunkban nagyon jó optikai üveget állítanak elő. Most már Svájc, Svédország és más országok műszergyárai nagyrészt a lengyel optikai üveget használják.

A gyakorlati követelmények miatt a geodéziai műszerek gyártása terén is sok újat alkottunk.

A fotogrammetria számára saját szerkesztésű radiáltriangulátorokat állítottunk elő. Elkészítettük a Jasnorzewski mérnök által szerkesztett átmeneti műszert is. Ez a lengyel geodétáknak értékes szolgálatot tett.

További fontos tényezője a geodézia fejlődésének az, hogy a népi Lengyelország rendszeresen foglalkozik a tudósok utánpótlásának kérdésével. Ebből a célból az állam a szak-középiskolákra nagy gondot fordít. Lengyelországban igen sok oly tanintézet van, amelyben a jövő geodétáit tanítják. Van két geodéziai tudományos kutatóintézet, az egyik Varsóban, az Országos Földmérő Hivatalnál, a másik Katovicsban a bányáügyi minisztérium bányászati intézeténél, ezenkívül tudományos munkát végeznek a varsói műegyetem, valamint a krakói Bányászati és Kohászati Akadémia geodéziai fakultásai is. Mindent összevetve, a felsőbb tanintézeteken összesen 21 geodéziai tanszékünk van, részben a varsói, gdanski, wroclawi, gliwicei és krakói műegyetem geodéziai, mérnöki és rokon fakultásain, részben felsőbb mezőgazdasági és mérnöki iskolákban.

A háború előtti időkben a gazdasági viszonyok és a lengyel társadalom osztályviszonyai a munkás- és parasztfjúság számára rendkívül megnehezítették a tanulást. Ma éppen ebből a csoportból sok kiváló ember kerül ki és ezek a jövőben az újjászületett lengyel tudománynak sajátos jelleget fognak adni.

A tudomány terjedése a lengyel népköztársaságban főleg annak köszönhető, hogy a kormány gondoskodott a tudományos művek kiadásáról. Tankönyvek és tudományos művek nagy példányszámban való kiadása lehetővé teszi, hogy a társadalom széles rétegei foglalkozzanak a tudományos kérdésekkel, ami az általános tudományos színvonalat emeli.

A geodézia területén óriás haladásról számolhatunk be. A háború óta eltelt hét esztendőben kétszer annyi tankönyv került kiadásra, mint a két háború között eltelt húsz év alatt. Igen lényeges haladás mutatkozik a tudományos művek, valamint a tudományos művek népies kiadása terén is.

Jelenleg két geodéziai folyóirat jelenik meg nálunk : a »Geodézia és Térképészet« (Geodezyja i Kartografia), továbbá a »Geodéziai Szemle« (Przegląd Geodezyjny). Ezeknek a folyóiratoknak a tudományos és szakmai jelentősége nagy. Legfontosabb feladatuk az észszerű munkamódszerek terjesztése és a tudományos viták lehetővé tétele.

Fontos tényezője ennek a fejlődésnek az a kapcsolat, amely a lengyel tudomány és baráti országok, vagyis a Szovjetunió és a népi demokráciák tudománya között fennáll.

Hála az említett országok tudósai közreműködésének és a számos kölcsönös látogatásnak, valamint levélváltásnak, munkamódszereinket állandóan tökéletesítjük.

Különösen meg kell említenünk a Szovjetunió szakemberei által a lengyelországi első földalatti vasút építéséhez nyújtott segítséget. Hatásaként mindjárt a helyes munkamódszereket alkalmazhattuk. Ennél a problémánál igen lényeges szerepe volt a földalatti és földfeletti geodézia szolgálatnak.

A Szovjetunió segítsége igen nagy jelentőségű nehéziparunk számára. Elegendő, ha megemlítjük *Nowa Huta*, a gépkocsigyárak és más ipartelek építését. De nemcsak az ipar élvezi ezt a hathatós segítséget. Éppen most építjük Varsóban a Tudományos Művelődés Palotáját, amelyet a Szovjetunió ajándékozik a lengyel tudománynak. Az egész építkezést szovjet szakemberek vezetik. Csak szovjet felszerelést és szovjet építőanyagot használnak. A laboratóriumok is igénybe vették a baráti államok segítségét.

A nemzetközi tudományos együttműködés további folyamán a geodéziai alaphálózatokat, tehát a háromszögelést, a szabatos szintezést és a graviméteres méréseket Csehszlovákián keresztül a magyarországgal össze lehetne kapcsolni. Ebből sok anyag adódnék a további közös tudományos kutatásokhoz. Nemcsak ez, hanem a magyar és a lengyel tudomány általunk annyira kívánt együttműködése is közelebb hozza majd a két államot a tudományos eredmények békés felhasználásáért folytatott küzdelemben és erősíteni fogja a békeharcosok táborát.

Szeretnék most rövid képet festeni a lengyel geodéták tudományos tevékenységéről.

1945-ben nagyon nehéz helyzetben voltunk. A megszállás évei a tudósok sorait is megritkították. Különösen *Weigel*, *Grabowski*, *Jachinowski*, *Kwiatkowski* elvesztését érezzük. Elpusztult a tudományos intézetek technikai felszerelése is. A tudományos munka újrakezdésénél nagy nehézséget okozott a folyó szükségletek fedezése, ami szoros összefüggésben állott országunk újjáépítésével és iparunk újjáteremtésével. Mégis sikerült ezeket a nehézségeket aránylag gyorsan leküzdeni az új szervezeti formák és az állam pénzügyi támogatása segítségével, amely a tudományos intézetek felépítése és felszerelése céljára hiteleket bocsátott rendelkezésünkre és a tudósokat és a tanuló ifjúságot nagy összegű ösztöndíjjal támogatta.

Minden munkánk és tudósaink minden igyekezete ellenére az eredmények aránylag csekélyek voltak. Ennek oka abban rejlett — és ezt az első Lengyel Tudományos Kongresszus állapította meg —, hogy a tudományos kutatás nem volt eléggé tervszerű.

A kongresszus eredményeként kitűnt, hogy egyes problémákkal több tudós vagy több tudományos intézet foglalkozott, míg egyéb nagyon fontos problémákat elhanyagoltak. Hogy ennek a nemkívánatos állapotnak véget vessünk, első kísérletként bevezettük a geodéziai tudományos- és kutatómunka megtervezését. Azután pedig felosztottuk a geodéziát szakterületekre, problémakörökre és egyes problémákra.

A tervszerű kutatások első szakaszában 110 tárgykör kerül feldolgozásra, ezek közül 78 tudományos kutatási munka, 32 pedig tankönyvírás.

Noha ez a terv még nem teljes, máris sok kézzelfogható eredményre vezetett. A munkálatok megfelelő elosztása, a kutatás rendszeressége, a kísérletek közös elvégzése, nagymértékben hozzájárult azokhoz az eredményekhez, amelyekre ma hivatkozhatunk.

Szeretnék még röviden megemlékezni a geodézia különleges területein elért eredményeinkről.

Amikor újból visszakaptuk szabadságunkat, országunkban a háromszögelés helyzete a következő volt:

Az ország területének 35%-án megvolt az elsőrendű háromszögelési hálózat, 30%-án a másodrendű hálózat, a fennmaradó 35%-án pedig egyáltalán nem volt háromszögelés.

Meg kell jegyeznem, hogy a háromszögelési hálózat különféle referencia-ellipszoidokon és különféle koordinátarendszerekben volt számítva, a háromszögelési pontok helyét pedig a terepen nem ismertük pontosan.

A hatéves terv harmadik évében már 40 000 régi pontot kutattunk fel a terepen, katalógust készítettünk róluk és egységes országos koordinátarendszerbe számítottuk át.

Az egész országnak háromszögelési pontokkal való ellátásához kétféle hálózatot kell készítenünk:

- a) Laplace-pontokra és alapvonalakra támaszkodó főhálózatot;
- b) a térképkészítés célját közvetlenül szolgáló kitöltőhálózatot.

Kezdetben egyrendű háromszögelést terveztünk és ennek még ma is sok híve van. Úgy gondoltuk, hogy mintegy 6 km átlagos oldalhosszúságú háromszögelési hálózatot készítsünk. (A klasszikus hálózat harmadréndűje.) Ebben a hálózatban sűrűn lettek volna csillagászati pontok és alapvonalak. Elsőrendű pontjai nem lettek volna. A terv mégsem valósult meg, annak ellenére, hogy bizonyos előnyei voltak, mert a gyakorlatban drágának bizonyult. Az időnyereség sem volt jelentős a klasszikus háromszögeléshez viszonyítva.

Jelenleg a következő módszert használjuk. Elsőrendű kettős háromszögláncolatokkal az országot 30—40 000 négyzetkilométer nagyságú területekre bontjuk. A Laplace-féle pontokat és alapvonalakat a láncolatváz csomópontjaiban helyezük el. A láncolatokkal körülzárt üres területeket az említett egyrendű háromszögelésnek egy módosított alakjával töltjük ki pontokkal. Ebben a hálózatban a háromszögek átlagos oldalhosszúsága 9 km, az alapvonalak



száma kevesebb, mint az eredeti egyrendű hálózatban. A szögeket Wild T3-jelű teodolittal mérjük, a háromszögek átlagos szögzárlati hibája 3".

Szállítható, előregyártott gúlákat használva, az idő és a szállítási költségek felét, továbbá a faanyag kilenctizedrészét meg lehet takarítani.

A gúlákat állandóan tökéletesítjük, ez mind jobb és jobb eredményekhez és további megtakarításokhoz vezet. Újabban a Szovjetunióban használt gúlák mintájára próbaképpen olyan gúlát szerkesztettünk, melynek a műszer-állványa nem független az észlelőállványtól.

Évről-évre gyorsabb ütemben halad országunk felsőrendű háromszögelése. Ezt nemcsak munkamódszereink megjavításának és munkánk észszerűsítésének köszönhetjük, hanem főként annak, hogy ma ezeket a munkálatokat az államgazdaság szempontjából tervezik meg, nem pedig militarista-kapitalista érdekből, mint a két háború között. (Lásd: *Przegląd Geodezyny* 1949. 2—4. szám és 1952. 2. szám.)

Megkíséreltük a hosszakat acéldróttal mérni. A megfelelő felszerelést *Niewiara* szerkesztette. Ő végezte a kísérleteket is. Bebizonyosodott, hogy ezt a készüléket összehasonlító alapvonal segítségével, előnyösen lehet használni pontos helyi hálózatok létesítésére.

A népi Lengyelország geodéziájában a számítási módszerek terén is lényeges fejlődés tapasztalható. Ezt a fejlődést mindenekelőtt az észszerűsítés jellemzi. Egyidejűleg magas színvonalú számítási elméletet is kidolgoztunk.

Fokozódott a nomogramok alkalmazása a geodéziában. Így pl. nomogramokat szerkesztettünk a tahiméteres számításokhoz (*Hausbrandt*) és az irányegyütthetők számításához.

A számítási elméletet úgy igyekeztünk fejleszteni, hogy a gépszámításra alkalmas képletekhez jussunk. Ezt úgy értük el, hogy nem egyes számokkal végeztük a műveleteket, hanem egyszerre a számok egész sorával. Ezek táblázatokban vannak összefoglalva. Ez nagy egyszerűsítés mind elméleti, mind gyakorlati szempontból. A módszer a 100 esztendeje ismeretes *Cayley*-féle matrix-számításon alapul. Ezt a módszert Lengyelországban átdolgozták, kibővítették és gyakorlati célokra alkalmazták. Ezeket a matrixokat *Krakóról*, ahol *dr. Banachiewicz* egyetemi tanár és csillagász ezt a számítási módszert kidolgozta, *krakoviánoknak* nevezték el.

Ezek a munkálatok már 1919-ben folytak, de a fejlődés 1939-ig igen lassú volt. A háború után *Banachiewicz* a kiegyenlítő számítás végrehajtásának ezt a módszerét elvileg kidolgozta és a gyakorlatban alkalmazhatóvá tette.

A magyar »Földméréstani Közlemények«-ben (1951) megjelent *Banachiewicznek* egy dolgozata *Choleski* módszerének és a *krakovián gyökök* módszerének összehasonlításáról. A lengyel geodézia nevében hálás köszönetet mondok magyar kartársainknak azért, hogy geodéziai szaksajtójuk révén elősegítették a lengyel tudományos gondolatok elterjedését.

Ezeknek a számítási módszereknek az alkalmazása nagy időmegtakarítást jelent és a számítási űrlapok nagyságát is csökkenti. A középhibák kiszámításához szükséges idő is a minimumra csökken. Egészen új, a kiegyenlítő számítás elméletében eddig nem ismert képletekhez jutottunk. Nyugodtan modhatjuk, hogy a kiegyenlítő számítás fejlődése, amely Gauss óta nagyon csekély mértékben haladt, ma Lengyelországban a keret egyszerűsége és munkamegtakarítás szempontjából csúcspontot ért el.

A krakovián-módszert a geodéziai pontkapcsolások számítására Kochmanski alkalmazta. Nagyon egyszerű eljárást dolgozott ki az elő- és hátrametszés kiszámítására irányokból. A hátrametszés ezzel a módszerrel 17 perc alatt számítható ki. Banachiewicz ezt a gondolatot tovább fejlesztette és az előmetszésnek, valamint a Hansen-féle pontkapcsolásnak szögekből való számítására alkalmazta.

A kettős számológép használatával a pontkapcsolások számítását még jobban meg lehet gyorsítani. Senison 9 számológépet szerelt össze. Így több krakovián-oszlop egyidejű szorzását tette lehetővé.

Igen érdekes és értékes Hausbrandt munkája, amelynek során felhasználta a krakovián módszert. Mindenekelőtt utalni kell az egy, két és három argumentumra vonatkozó interpoláló számítások területén végzett és a geodéziai számítások szempontjából nagyon fontos munkálatokra. Hausbrandt professzor Lagrange képletére támaszkodott, amennyiben a függvények, nem pedig különbözőek értékét alkalmazta. Módszerét polinomok közvetlen interpolálásának nevezte. Ezt az interpolálást a koordináták transzformálására, valamint a geodézia fő feladataira használja fel. A determinánsokat, valamint a lineáris egyenletrendszereket az általa kidolgozott redukciós szorzás segítségével oldja meg. Kiszámítja a koordinátakülönbségeket, differenciálhányadosokat, krakovián-szorzatok középhibáit és felhasználja Jacobi módszerét is a krakovián-számítás szimbolikájában. Banachiewicz kidolgozta a krakovián-számítást, konform ábrázolásra is. Egységes megoldási formát ad különféle szögtartó ábrázolásokra.

Kochnanski új számítási módszert, az ú. n. magalgebrát dolgozta ki. Kitűnt ugyanis, hogy konvergens sorokkal való számításnál a sorok komplex együttműködésűek az úgynevezett magvaknak kiszámítása nagyon egyszerű és általuk egy egész sor ellenőrzést is nyerünk. Így könnyűszerrel olyan számításokat végezhetünk, amelyek eddig megoldhatatlannak látszottak. A magalgebra ezenkívül magában foglalja a differenciál- és integrálszámítást, a függvények Taylor-sorba fejtését és a sorok normalizálását.

A földrajzi koordináták átszámítását derékszögű koordinátákra és viszont, Milbert a legkisebb négyzetek módszerén nyugvó kiegyenlítéssel oldotta meg.

A többi számítások közül még meg kell említenünk Warchalowskinak egy igen érdekes művét. (Új háromszögelési eljárás. Varsó, 1948.) Ebben a három-

szögelési számítás egy új módszerének alkalmazásáról van szó, arra az esetre, ha a távolságokat radarral mérjük.

A bányaméréstan terén is egy sor új eredményről számolhatunk be. Ezek közül a legfontosabbak *Kowalczyk* és *Kochmanski* professzor munkái.

*Kowalczyk* feltalálta a földalatti tájékozódás egy új analitikus módszerét. Ez egy általa szerkesztett készüléken, az úgynevezett »Orientierer«-en alapul. Az analitikus módszer kiküszöböli a függőzést és a távolságmérést és mivel szabatosan végezhető szögméréseken alapszik, nem támadnak nehézségek. Az a körülmény, hogy a méréseket könnyűszerrel meg lehet ismételni, valamint a számítások egyszerűsége nagy előnye ennek a módszernek. Várható, hogy az analitikus tájékozó módszer alkalmazásával a mérések pontossága növekedni fog, az aknák használata pedig rövidebb ideig zavartatik. Az iránynak a felszínről a bányába keresztaknán át való leviteléhez külpontos távcsövű teodolitot és különleges léceket használ, függőleges aknán át pedig különleges optikai függőt alkalmaz.

A geodéziát az építészetben is megkíséreltük felhasználni. *Gomoliszewski* geodéziai módszereket alkalmazott építészeti műemlékek felmérésére. Ez az eljárás különösen egy barokkstílusban épített krakói építészeti műnél vált be. Ennek a barokk építménynek a felmérése érdekes fényt vet a művészi kivitelezés alapelveire, így pl. a szándékos torzításokra, amelyeket a szemlélő nem vesz észre, de amelyeknek döntő befolyásuk van a monumentális építkezések művészi hatására. Ezek a tapasztalatok arra biztatnak, hogy más műemlékeknél is pontos méréseket kellene végezni abból a célból, hogy a régi mesterek műhelytitkait megismerjük.

*Lazzarini* geodéziai módszerekkel vizsgálta a völgyzáró gátak deformációját. Munkájának főcélja volt, hogy megállapítsa :

a) háromszögelés segítségével a vízszintes elmozdulás abszolút értékét és irányát ;

b) pontok közbeiktatása segítségével az elmozdulás összetevőit ;

c) szabatos szintezés segítségével a függőleges elmozdulásokat.

Nagy ipari építkezéseknél a kivitelezési mérések új módszereit alkalmaztuk. Ezeket szovjet példa és minta szerint dolgoztuk ki. A módszernek az a lényege, hogy az építkezés területén 100 méter oldalhosszúságú négyzetekből álló hálózatot alkalmazunk. Ez a hálózat szolgál a mérési munkálatok alapjául. Az új módszert alkalmaztuk Nowa Huta építésénél Krakóban és más gigantikus építkezéseknél. Az eljárás nagy mértékben egyszerűsíti az ipari építkezéseknél szükséges felmérési munkálatokat.

A térképészet terén két nagy mű érdemel említést :

a) az Általános Atlasz, amely 100 db  $35 \times 50$  cm nagyságú térképlapot tartalmaz. A világtérképek 1 : 10 000 000 léptékben, az Európátérképek 1 : 2 000 000 és 1 : 3 000 000 léptékben készülnek. Az atlasz 40 000 példányban fog megjelenni, a munkának kb. 45%-a kész.



b) Lengyelország atlasza 60 db  $35 \times 50$  cm nagyságú térképlapot tartalmaz. Az áttekintő térképek méretaránya  $1 : 5\,000\,000$ , az alaptérképeké pedig  $1 : 2\,000\,000$ . Kiadásra kerül 7000 példányban, a munkának eddig kb. 25%-a készült el.

A tervszerű gazdálkodás, amelyre a népi Lengyelország berendezkedett, a földfelület tervszerű felhasználására is vonatkozik. Ezen a téren a tervezés lehetetlen vagy legalább is nagyon nehéz, ha nem áll rendelkezésre olyan nagyméretarányú térkép, amely a tervezéshez szükséges adatokat tartalmazza. Mivel országunk nagy kiterjedésű területeiről nincs nagyméretarányú térkép és ha van is, többnyire nem megfelelő, mert nem eléggé pontos és nem tartalmazza a szükséges adatokat, a háború után alapított Országos Földmérő Hivatal legfontosabb feladata volt, hogy gondoskodjék az ország új gazdasági térképének elkészítéséről. Ezen a téren az előkészületi munkálatokat már a hároméves terv idején megkezdtük. Eleinte  $1 : 5000$  méretarányú térképet akartunk készíteni,  $40 \times 40$  cm nagyságú, vagyis 4 négyzetkilométert ábrázoló lapokon. 80 000 lap készítését terveztük. Mindegyik lap öt különleges térképből állt volna :

1. A helyszínrajz és a terep alakulata.
2. Geodéziai alapok és műszaki tereplétesítmények.
3. A birtoktestek osztályozása.
4. Mező- és erdőgazdasági berendezések terve.
5. Geológiai alap

Szükség szerint egyes területekről (pl. városokról) pótlapok készültek volna.

A tervezet szerint ennek a gazdasági térképnek az elkészítése, légifotogrammetria segítségével 30 évig tartana. A hároméves terv végrehajtása folyamán gyűjtött tapasztalatok alapján azonban úgy döntöttünk, hogy egyelőre  $1 : 10\,000$  méretarányú térképeket készítsünk.

Ezeknek a térképeknek »A földfelület felhasználásának térképek« a nevük. A hatéves terv folyamán e térképek topográfiai lapjainak 60%-át készítjük el. Ezek a lapok tartalmazni fogják a településeket, a közlekedési hálózatot, a föld fizikai képét, a kollektív gazdaságok határait, a közigazgatási határokat és a szintvonalakat. Róluk bármely pont fekvését 1 m pontosan, a területeket pedig  $4/1000$  pontosan meghatározhatjuk. A térkép további lapjai közvetlenül a topográfiai térkép befejezése után készülnek. A talajhasználatot ábrázoló lapok készítéséhez felhasználjuk a kataszteri térképeket. Ezek a térképek kiindulási alapul jól használhatók. A térképek elkészítésének sorrendjét a gazdasági tervektől származó szükséglet szabja meg.

Közvetlenül az ország felszabadítása után a kormány az újjáépítési minisztériumon belül háromfokozatú perspektivikus tervezési rendszert szervezett : az országost, a körzetit és a helyit.

Ezzel párhuzamosan jelentősen fejlődött a gyakorlati kérdések alapján folytatott tudományos kutatás is. A perspektivikus tervezéssel kapcsolatban erősebb ütemben kerültek kiadásra mind elméleti művek, mind a tudományos

és gyakorlati eredmények népszerűsítését szolgáló könyvek. Nagy eredményeket értünk el a tudósok képzése és speciális szakértők iskolázása terén is. Az utóbbi annak köszönhető, hogy urbanisztikus tanszékeket létesítettünk. A városok és települések újjáépítési minisztériuma mellett urbanisztikus és építészeti kutatóintézetet állítottunk fel.

1949-ben megalakult a »Gazdasági Tervezés Állami Bizottsága«, helyi szervekkel.

Az új szervezeti alakban a perspektivikus tervezésnek új fejlődési lehetőségei nyíltak. A tervszerű gazdálkodás terveinek és az urbanisztikus terveknek megvalósítását az a körülmény biztosítja, hogy ezen az alapon kell elhelyezni a hatéves terv összes beruházásait.

A perspektivikus tervezés a népi Lengyelországban már több komoly eredményt ért el. Ilyenek a szocialista városok, mint Nowa Huta (Krakó egy kerülete), mely 100.000 lakosra készül és a felsősziléziai Nowa Tychy.

Ezen a téren elért tudományos és gyakorlati eredményeinket rendszeresen ismertetjük a »Zeszyt Instytutu Urbanistyki i Architektury« (Az Urbanisztikus és Építészeti Intézet Értesítője) című folyóiratunkban, valamint más sajtótermékekben, így pl. a »Miasto«-ban.

A lengyel geodéták legfontosabb és legterjedelmesebb munkálatainak egyike a szabályozással kapcsolatos felmérési munka. Ez kapcsolatban áll a mezőgazdasági területek geodéziai rendezésével és a gazdálkodásra vonatkozó perspektivikus terveken alapul.

Mindjárt a felszabadulás utáni hónapokban végrehajtottuk a földreformot Közép-Lengyelországban. Körülbelül 10 000 földbirtok (3 400 000 ha) került felosztásra.

A következő geodéziai probléma a nyugati területekre történő telepítéssel kapcsolatos felmérés volt. Az ezeken a területeken való tervszerű gazdálkodás megszervezése rendkívüli követelményeket támasztott, mert semmiféle geodéziai adat nem állt rendelkezésre és igen súlyos gazdasági-műszaki természetű akadályok hátráltatták a munka végrehajtását. Így pl. saktáblaszerű birtokok, a falvak helytelen beépítése, elégtelen úthálózat, a földterületek helytelen felhasználása stb.

A parcellázás és a mezőgazdasági földrendezés mellett az első időszakban a falvak szabályozásával kapcsolatosan a háború által feldúlt épületeket és gazdaságokat igyekeztünk újjáépíteni.

A geodéták részvétele a mezőgazdasági berendezésekkel kapcsolatos munkálatok minden szakaszában fontos, emellett koordinálja a többi szakember munkáját.

Mint említettük, a geodéziai szolgálatnak fontos szerepe volt a népi Lengyelország mezőgazdasági kulturájának átalakításában. Ezt a tevékenységet nagymértékben megkönnyítette az a körülmény, hogy minden olyan lengyel tudós bekapcsolódott a munkába, aki a mezőgazdasági területek geodéziai rende-

zésének kialakításánál dolgozott. Különösen a varsói és krakói műegyetem végzett számottevő kutatómunkát a falusi területek tervezési módszereiről és résztvettek a szakértőknek tanfolyamokon való kiképzésében is.

Ki kell emelnünk a már említett krakói műegyetem kezdeményezését, amely a hallgatók szigorlati terveit és tanulmányi gyakorlatait felhasználta az illetékes hatóság által irányított munkálatoknál.

A fentebb már ismertetett előnyökön kívül a főiskolák gyakorlati munkájának ez a bekapcsolása előmozdítja a forrásanyag kiegészítését és a mezőgazdasági gyakorlat tökéletesítését. A gyakorlatnak és a tudománynak ez az együttműködése felbecsülhetetlen értékű.

A lengyel geodétáknak azok a tudományos és gyakorlati eredményei, melyeket a mezőgazdasági területek geodéziai rendezései terén érnek el, rendszeresen megjelennek külön kiadványokban és a »Geodéziai Szemle« külön rovatában.

Befejezésül legyen szabad tolmácsolnom a lengyel geodétáknak és geofizikusoknak azt a kívánságát, hogy együttműködésük a magyar geodétákkal minél jobban elmélyüljön a tudomány területén a békéért folytatott harc jegyében.



## HOZZÁSZÓLÁSOK

KOWALCZYK ZSIGMOND előadásához

BENDEFY LÁSZLÓ

Örömmel hallottuk, *Kowalczyk Zsigmond* professzor előadásából, hogy lengyel kartársaink a felsőgeodéziai munkálatok során az eszmei kapcsolatokon túl, szorosabb gyakorlati kapcsolatokra is gondolnak magyar-lengyel viszonylatban. Engedjék meg, hogy a felvetett gondolatokhoz a magam szűkebb szakmai körén: a felsőrendű szintezés keretén belül szóljak hozzá.

A *Nemzetközi Geodéziai-Geofizikai Unió*nak nemzetközileg elfogadott határozatai kötelezik az egyes országokat arra, hogy felsőrendű háromszögelési és felsőrendű szintezési hálózatukkal csatlakozzanak a szomszédos országok hasonló munkálataihoz. Ilyen módon épülnek ki a kontinenseket átfogó és beborító felsőrendű geodéziai hálózatok. Erre tehát mindenképpen kötelezve vagyunk.

Am azon felül is van még egy alapvető kapcsolat, amely a magyar és lengyel felsőrendű szintezést egymással a legszorosabban összefűzi. Ez pedig az, hogy Lengyelország is részben az Osztrák-Magyar Monarchia utódállamai közé tartozik. A monarchia összeomlásakor (1918) ugyanis Lengyelország ismét urává lett Galiciának, amelyet évszázadokon át elszakított tőle az osztrák zsarnokság.

Galícia területén a volt bécsi Katonai Földrajzi Intézet mérnökei az 1873—1914 közötti időközben folytatott munkálataik során szabatos szintezési hálózatot fejlesztettek ki. Amennyiben tehát a régi, bécsi magasságjegyeket korszerű szintezési hálózatunkba bevonjuk, módunkban áll a jelentkező magasságkülönbségeket megállapítani. Igaz ugyan, hogy az így kapott magasságkülönbségek (itt nem részletezendő okok miatt) nem jelentenek ugyanolyan mértékű geológiai értékű szintváltozást, de mindenesetre arányosak azokkal és első tájékozásra feltétlenül alkalmasak.

Márpedig nagyon is nagy szükség volna arra, hogy az egykori monarchia utódállamai a szintváltozások vizsgálatára terén a legszorosabban együtt dolgozzanak. A monarchia hatalmas területe nagyon szép geológiai egység volt, amelybe beletartoztak az Alpok keleti láncai, a Kárpátok íve, a Dinaridák északi kiágazásainak környéke. Aktív orogén övek és náluk merevebb közbülső tömegek váltakoztak egymással.

A volt bécsi Katonai Földrajzi Intézet mindezt a területet beborította szabatos szintezési hálózatával. (Csak a Sarajevótól keletre eső megyék területén folytatott szintezések végeredményét nem közölhették az 1914-ben kitört háború, majd az Intézet feloszlása miatt). Amennyiben tehát az utódállamok rendszeres munkával újból szinteznék (ahogy ez nálunk Magyarországon megtörtént) a bécsi szintezés alappontjait, felbecsülhetetlen geológiai értékű adattömeghez jutnánk. Kirajzolódna előttünk egész Közép-Európa geokinematikája.

Fel kell hívnom itt a figyelmet arra, hogy a bécsi szintezés első kiegyenlítését, amely az 1890-es évek derekán történt, előzetes munkának szánták. Sajnálatosan ebbe a kiegyenlítésbe többrendbeli durva hiba csúszott be. A hibák részben a mérésekből, részben magából a kiegyenlítésből származtak. A hibákat már az egykori intézet vezetője is észrevette és a hibákkal terhelt vonalakat szorgosan újra szinteztette, de újabb kiegyenlítésre a háború miatt nem kerülhetett sor.

A Magyar Országos Felsőrendű Szintezés 1949—1950-ben gondos munkával átvizsgálta az egész rendelkezésre álló anyagot s a hibás vonalrészeket a helyes szintezési eredményekkel behelyettesítve, az egész hálózatot (beleértve Bosznia-Hercegovinát is) egységesen újból, teljes szabotossággal kiegyenlítette és mindenegyes poligoncsomópont magasságát 0,01 mm élességgel kiszámította.

Ezek az adatok tehát felhasználásra készen állanak, s bár — sajnos — ezideig nyomtatásban még nem jelentek meg, az érdekelteknek, így lengyel kartársainknak is, rendelkezésükre állanak. A csomópontok közötti szakaszvégpontok (falitáblák) magassága egyszerű transzformációs képlettel, gépi számítással nyerhető.

Az ezirányú lengyel kapcsolatokat — természetesen Csehszlovákián át — annyival inkább örömmel üdvözölnők, mivel ez esetben a szintváltozások alakulását és a nagy orosz táblába való átmenetet is figyelemmel kísérhetnők.

Ugyanebben a tárgykörben egy másik vonalon is nagyjelentőségű lenne a magyar-csehszlovák-lengyel felsőrendű szintezési kapcsolatok mielőbbi szoros kiépítése. Nevezetesen: az egykori monarchia területén elhelyezett régi főalappontok (Urmarke) egytől-egyig erősen jellegű övezetbe esnek. Jelenleg *Nadap* főalappontot a legcélszerűbb összehasonlító alapul választani, mert — miként az *Nadap—Lišov*, *Nadap—Vrútky* és *Nadap—Třebuša* magasságkülönbsége változásának vizsgálatából kiderült — a nyolc főalappont közül (beleértve ide Trieszt kezdőpontot is) *Nadap* látszik a legkisebb mozgást szenvedő főalappontnak. Kétségtelen azonban, hogy a legideálisabb összehasonlító főalappont helyéül az orosz tábla nyugati szegélyén, *Osztrog*, *Zsitomir*, *Berdicsev*, *Perga* és *Viunnya* környékén, mintegy 250 km hosszúságban és 100—120 km szélességben felszínre bukkanó gránitok kínálkoznak (Kievtől nyugatra). A lengyel felsőrendű szintezési hálózat kifejlesztésével lehetne ezt az ideális helyet leginkább megközelíteni. Így lehetővé válnék, hogy az ezen a gránit-területen létesítendő összehasonlító főalappont Lengyelországon, Kárpát-Ukrajnán és Románián (Erdélyen) át csatlakozhassék az egykori bécsi katonai Földrajzi Intézet által létesített főalappontokhoz.

Végül még egy szempontot szeretnék megemlíteni, mint amely nem utolsó sorban érdekel bennünket. Ez pedig az, hogy Lengyelország Gdyniában thalattográf (mareográf) állomással rendelkezik. A lengyel országos felsőrendű szintezési hálózattal való csatlakozás részünkre tehát azt jelentené, hogy *Nadap* tszf. magassága a Balti-tenger szintjéhez viszonyítva is meghatározhatóvá válnék.

Tekintettel *Nadap* központos helyzetére, nagyon alkalmasnak látszik arra, hogy Közép-Európa szívében az *Adria*, az *Atlanti* Óceán, a *Keleti*-, *Balti*-, *Fekete*- és *Földközi*-tenger felől kiinduló szintezési hálózatok összehasonlító magassági főalappontja legyen.

A csatlakozás keresztülvitelére legyen szabad azt a módszert ajánlanom, amelyet a magyar-csehszlovák felsőrendű szintezési hálózatok összekapcsolása alkalmával dolgoztunk ki. Ennek lényege az, hogy mind a két fél mérnöki csoportja 3—5 km-es hosszatt szintezett végig mind a saját, mind a szomszédos ország területén. Ilyenformán a csatlakozó szakaszok hossza — egy-egy kapcsolási helyen — átlagban 8 km.

A magyar-csehszlovák csatlakozás összesen 9 ponton történt meg, *Rajkától Dámócig*, nagyjában egyenletes elosztásban.

Említette az előadó, hogy hazájában megkezdték 1 : 5000 méretarányú alaptérképek felvételét, majd 1 : 10 000 méretarányú felvételre tértek á

Tekintettel arra, hogy mi most vagyunk az elején 1 : 5000 méretarányú alaptérképeink felvételi munkájának, nagyon érdekelne bennünket, vajjon miféle okok adtak indítékot arra, hogy lengyel kartársaink az 1 : 10 000 méretarányú alaptérképekre térjenek át.

DUCHON BÉLA

*Kowalczyk* professzor igen érdekes előadásában több, bennünket, a Földalatti Gyorsvasút geodétáit, legközelebről érintő kérdést vetett fel. Nekünk Budapesten egyik legfőbb problémánk az aknákkal kapcsolatos műszerek és módszerek keresése.

Volt szíves említeni az előadó, hogy náluk az optikai vetítés ezen a téren előrehaladt. Kérem úgy a magam, mint a Földalatti Vasút igazgatósága nevében, hogy ezt a módszert és ezt a műszert ismertesse velünk, hogy ezáltal a varsói és a budapesti földalatti vasút közötti együttműködést kifejlesszük. Ez annál is inkább időszerű, mivel Varsóban is éppen most folyik a földalatti vasút építése és a közeli napokban itt járt egy bizottság, amely a mi földalatti vasúti építkezéseinket tanulmányozta, hogy tapasztalatait az ottani hasonló építkezéseknél felhasználhassa.

RENNER JÁNOS

Az illusztris előadónak ahhoz a gondolatához kapcsolódom, hogy a geodézia vonalán, de amint megjegyezte, a gravimetria vonalán is, kívánatos volna a nemzetközi összeköttetés megteremtése. Itt találkozik Akadémiánk illetékes bizottságának azzal az elgondolásával, hogy miután Magyarországon az elmúlt évben az elsőrendű graviméteres alaphálózat felmérése megtörtént és a másodrendű graviméteres alaphálózat mérése is folyamatban van, a graviméteres alaphálózatunkat a szomszédos, baráti államokkal összeköszük. Az előadó idevonatkozó szavait úgy fogom fel, mint a baráti Lengyelország ezirányban megnyilvánuló készségét s erre az a válaszom, hogy ugyanez a készség részünkről is megvan és remélem, hogy ennek gyakorlati kivitelezésére mielőbb sor is kerül.

HAZAY ISTVÁN

Az imént elhangzott igen érdekes előadásból és *Regőczy Emil* előadásából megállapíthatjuk azt, hogy vannak olyan problémák, amelyek különböző, egymástól távollévő területeken egyszerre érnek meg megoldásra. Ilyen az elsőrendű háromszögelési hálózat, vagy mondjuk az országos háromszögelési hálózat kifejlesztésének a problémája is. Mindkét helyen, úgy Lengyelországban, mint Magyarországon éreztük azt, hogy a régi klasszikus módszereken változtatni kell és amint a két előadásból hallhattuk, a két megoldás rokon vonásokat mutat fel. Így tehát örömjünkre szolgál az, hogy megállapíthatjuk, a kutatás terén jó úton haladunk. Mindkét megoldás a koszorúláncolatból indult ki és a koszorúláncolat közben maradt üres területeket is háromszögekkel borítja. Eltérést látunk azonban a számítási eljárásnál.

Regőczy elgondolásánál az elsőrendű távolságoknak megfelelően fiktív elsőrendű pontokat vezetünk be, részben a kiegyenlítés egyszerűsítése végett, részben pedig azért is, hogy a kerethálózat hibáit arányosabban tudjuk elosztani. Bár a most elhangzott előadásban a lengyelországi számításra vonatkozóan



tulajdonképpen nem kaptunk ismertetést, de ismervén Lengyelországban a krakoviánok kifejtési módját, valószínűnek tartjuk, hogy ott a kitöltő hálózat számítását erre alapozzák. Ez idő szerint mi még nem ismerjük a krakoviánok módszerének azt a megoldását, amely a tömegesen fellépő normál-egyenleteket kellő pontossággal oldaná meg. Reméljük, hogy ezt is hamarosan megismerjük és tájékoztatást kaphatunk arról is, hogy a gyors és egyszerű megoldásnál milyen elhanyagolásokkal kell számolnunk.

Az előadás igen sok értékes munkát, újítást sorolt fel. Ez minket, geodétákat örömmel tölt el, mert a geodéziára gyakran szokták mondani, módszerei már annyira kicsiszolódtak, hogy új problémákat nehéz felvetni. Örömmel láttuk azt a szép példát, amellyel Lengyelország megmutatta, hogy problémát találni nem nehéz, sőt a gazdasági fejlődés a geodéziában is egymás után veti fel a megoldandó új problémákat.

VENDEL MIKLÓS elnök

Engedje meg a Kongresszus, hogy a szakszerű hozzászólások után én, mint geológus, bizonyos általános szempontokból tegyek észrevételeit. Igen nagy örömmel hallottuk az előadónak ezt a beszámolóját, amely igen példaadó és nagyeredményű munkáról adott képet mind gyakorlati, mind pedig tudományos vonalon. Tudományos vonalon *Kowalczyk* professzor saját vizsgálatairól is hírt adott, amelyet a mi bányamérnökeink különösen nagy örömmel fognak fogadni és minden bizonnyal fel is fognak használni. A gyakorlat vonalán a magam részéről, mint geológus, örömmel hallottam, hogy egyes térképeknél a geológiai szempontok is figyelembevételnek. Ennek a haszna nyilvánvaló. Igen örömdetes az a kritika, amelyet a lengyel geodéta világ, általában a tudományos világ, önmagával szemben gyakorolt, amikor a hiányosságokat kendőzés nélkül megállapította, hogy ezekből a hiányokból levont következtetésekkel segítse előbbre tudományunk ügyét. Gyakorlati vonalon, azt hiszem, magyar szempontból is igen fontos az optikai üveg kérdésének megoldása, amely nemcsak geodéziai vonalon, hanem minden vonalon, ahol távcsövekre szükség van, igen kívánatos. Ugyancsak örömmel hallottuk, miszerint a baráti államok között az együttműködés, a segítség szándéka a legnagyobbtól a legkisebbig megvan, aminek bizonyossága, hogy egy magyar szakfolyóiratban a közelmúltban lengyel szerző cikke jelenthetett meg. Meg vagyok győződve, hogy az az óhaj, amelyet az előadó abban fejezett ki, miszerint a lengyel tudomány készséggel áll a magyar kutatók segítségére, minden vonatkozásban a mi részünkről hasonló viszonzásra talál: mi is a legnagyobb készséggel igyekszünk segítségére lenni lengyel barátainknak és az az együttműködés, amelynek egyik láncszeme éppen ez az elhangzott beszámoló volt, tovább fog épülni és igen sok hasznos eredményt fog hozni mind Lengyelországnak, mind pedig Magyarországnak.

KOWALCZYK ZSIGMOND válasza a hozzászólásokra

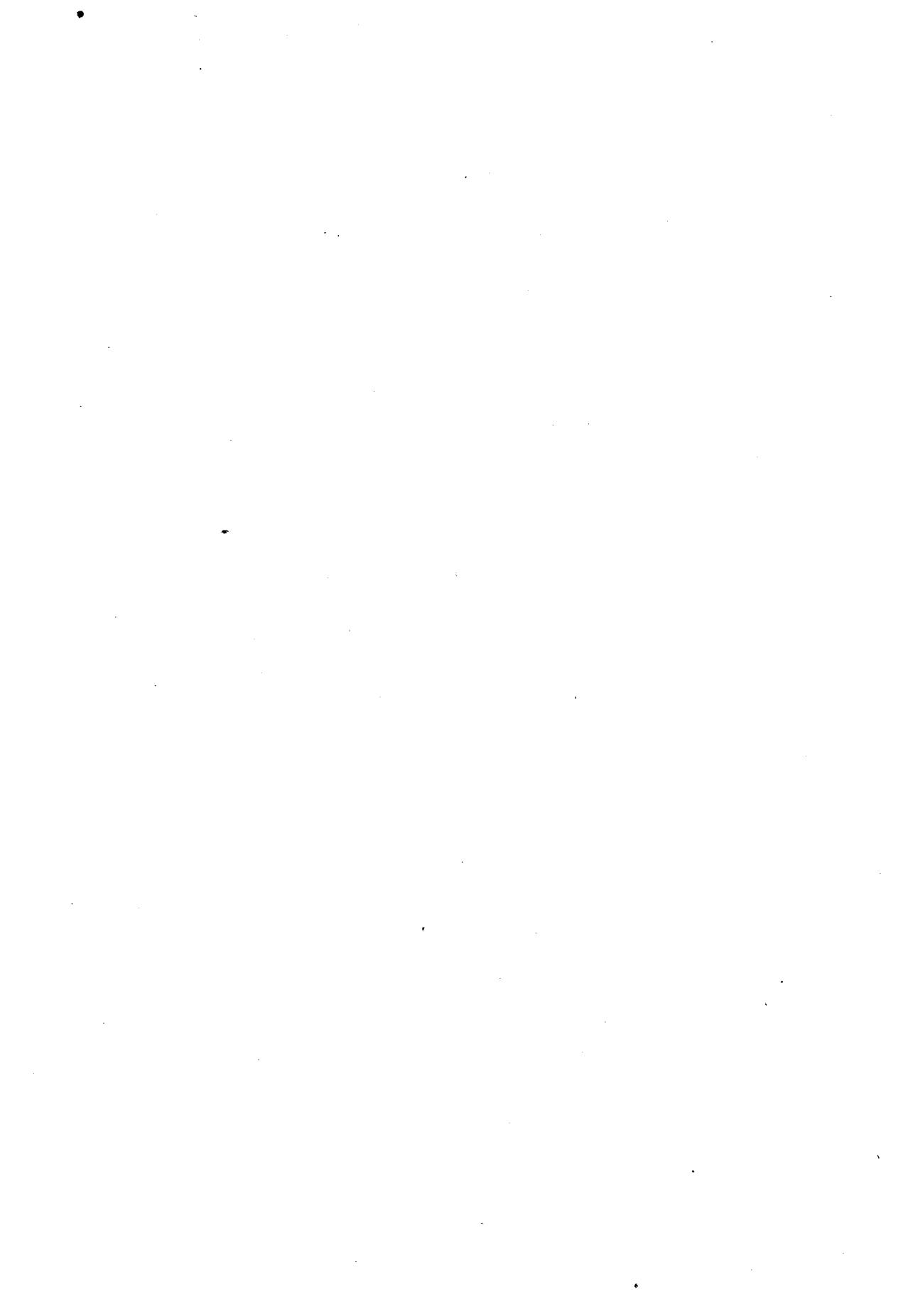
Nagyon örülök annak a ténynek, hogy az elnök úr ilyen nagy elismeréssel adózott munkánk iránt. Szeretném megjegyezni, kellemesen érintett, hogy az elhangzott előadások után határozott kritikai hangok hallatszottak. Mivel azonban a problémákat csak nagyvonásokban ismertették és így a részleteket nem lehetett teljes alaposággal figyelemmel kíséreni, a kritika általában nagy általánosságokra vonatkozott.

Mivel magam tudós és bányász vagyok, a magyar-lengyel tudományos együttműködéssel kapcsolatban meg kell jegyezniem: pontosan tudom, milyen fontossága van a geológia és a geodézia összefüggéseinek. Nemcsak geodéziai talajkutatásokról, hanem tektonikáról is szó van. Ezt a problémát nálunk egyelőre még nem oldották meg. Például a bitomi medencében a különböző talajképződések kutatásánál még nem jutottunk el odáig, hogy a kettőt kapcsolatba tudtuk volna hozni, pedig ott évenként továbbfejlődő süllyedések vannak, amelyek egészen biztosan nem írhatók a bánya-exploatació terhére. Ezeket a kutatásokat csak a csehszlovákiai és magyarországi mérésekkel kapcsolatban lehetne eredményesen végezni. Megemlítem, hogy nálunk Sziléziában kétesztendőnként pontos szintezést végeznek, hogy megállapítsák, milyen hatással volt a bányák kihasználása a talajmozgásra.

A földalatti vasutat építő kollégánk kérdésével kapcsolatban szeretném megjegyezni, hogy műszeremet már elkészítették, de csak mélyfekvésű bányák használatára. Ehhez hozzá szeretném fűzni, hogy úgy a felszíni mérésekhez szükséges műszer, mint a metrora alkalmas műszer bevezetésénél a háromszögelésről letérve, a szabatos sokszögelésre támaszkodtunk. Egy hármassokszögelési vonalat vezettünk a felszínen a tervezett metro vonalától bizonyos távolságra olyan helyen, amely teljesen kívül állt a metro építésének behatásaitól.

Arra nézve, hogy miért készítjük 1 : 10 000-es méretarányban a gazdasági térképet és nem 1 : 5000-esben, az a magyarázat, hogy Lengyelország alapvető térképezését a legrövidebb időn belül el kell készítenünk. Ez nem jelenti azt, hogy lemondtunk az 1 : 5000-es méretarányú térképről. A kimondottan iparvidéknek minősíthető területeken, mint például Sziléziában, már folyik az 1 : 5000-es méretarányú térképek készítése is. Ezeken a területeken azonban megkönnyíti a munkát az a körülmény, hogy már igen nagy anyaggal rendelkezünk a meglévő bányákról. Mi a geodétáinkat tanfolyamon tanítjuk arra, melyek azok a részletek, amelyekre geológiai szempontból különös tekintettel kell lenniük. Ennek következtében a geológus számára feleslegessé válik, hogy a geodéziai mérési munkálatokat utólagosan kiegészítse.

Befejezésül köszönetet mondok a nagy érdeklődésért. Ha visszatérek Lengyelországba, a Tudományos Akadémián keresztül gondoskodni fogok arról, hogy a Magyar Tudományos Akadémia a legfontosabb adatainkat, kiadványainkat és tudományos eredményeinket megkaphassa. Ez annál könnyebb lesz, mivel egy fél évvel ezelőtt megalakult a Lengyel Tudományos Akadémia, amely egyesíti magában az eddigi tudományos társaságokat és nemzetközi viszonylatban képviseli a lengyel tudományt.





# SZTEREOGRAFIKUS KOORDINÁTÁK TRANSZFORMÁCIÓJA GAUSS-FÉLE KOORDINÁTÁKKÁ

VI. K. HRISZTOV dr. egyetemi tanár,  
Dimitrov-díjas,  
a Bolgár Tudományos Akadémia lev. tagja

Tanulmányomban a sztereografikus koordinátáknak Gauss-féle koordinátákká való transzformációját vázolom röviden. Ez a kérdés más kérdésekkel együtt részét képezi az »Egységesítések a geodéziában és azok megvalósítását célzó eljárások« c. és Szófiában tartandó előadásomnak, amely ezenkívül még foglalkozik a

1. világtáblázatok kiszámításával a *Kraszovszkij*-féle ellipszoidon Gauss-féle koordináták számára ;

2. két, önálló háromszögelési hálózat összekapcsolásával és

3. a Gauss-féle koordináták módosításával a háromszögelési hálózat újratájékoztásával és egy másik vonatkozási ellipszoidra való áttéréssel kapcsolatban.

Számunkra, bolgárok számára, különös örömet jelentene, ha Szófiában magyar kartársakat is üdvözölhetnénk, miután már kétszer voltam a Magyar Tudományos Akadémia vendége Budapesten és itt a legszívélyesebb fogadtatásban volt részem.

Ez a kitüntetés nem csak engem illetett, hanem a bolgár népet is, amely ugyanazon az úton jár, mint a magyar nép : a szocializmus útján, a nagy Szovjetunió támogatásával.

\*

Valamely ellipszoidon a háromszögelési hálózat pontjainak koordinátái sztereografikus koordinátarendszerben vannak megadva. Egy másik vonatkozási ellipszoidra kívánunk áttérni és az áttéréssel a háromszögelési hálózat tájékozása megváltozik. A feladat az, hogy az eredeti sztereografikus koordinátákat és irányszögeket új kezdő meridiánnal, Gauss-féle koordinátákká és irányszögekké alakítsuk át.

A feladat megoldása céljából foglalkoznunk kell a Gauss-féle és a sztereografikus koordináták általános elméletével, majd differenciálképleteket kell levezetnünk a sztereografikus koordináták számára, a háromszögelési hálózat újratájékoztása és az új vonatkozási ellipszoidra való áttérés figyelembevételére és végül le kell vezetnünk a Gauss-féle közbevetett koordináták és a módosított sztereografikus koordináták egymást követő kiküszöbölése útján az eredeti

sztereografikus koordinátáknak és irányszögeknek a végleges Gauss-féle koordinátákra és irányszögekre való transzformációját szolgáló képleteket.

*I. Olyan izometrikus koordináták általános elmélete, amelyeknél egy adott délkör az abszcisszatengely*

Foglalkozunk először az izometrikus koordináták általános elméletével, amelynél egy adott  $\lambda = \lambda_0$  délkör, amelyet kezdődélkörnek (kezdőmeridiánnak) nevezünk, az abszcisszatengely, amikor is  $x$  a  $B$  meridiánívhossz függvénye és  $y = 0$ . A kezdőmeridiánon 0-indexszel jelölt számítási kezdőpontot választunk, bevezetjük az  $l = \lambda - \lambda_0$  jelölést, továbbá a  $q$  megjelölést az izometrikus szélesség számára. A megválasztott számítási kezdőpontra vonatkozólag a priori felírjuk, hogy

$$\Delta x + iy = a_1(\Delta q + il) + a_2(\Delta q + il)^2 + a_3(\Delta q + il)^3 + \dots \quad (1)$$

$$\Delta q + il = b_1(\Delta x + iy) + b_2(\Delta x + iy)^2 + b_3(\Delta x + iy)^3 + \dots \quad (2)$$

ahol  $a_1, a_2, a_3 \dots, b_1, b_2, b_3 \dots$  mint általános koeficiensnek szerepelnek,  $a_1, a_2 \dots$ -ből  $b_1, b_2 \dots$  természetesen levezethetők és ugyancsak elvégezhető a levezetés fordítva is.

Felhasználjuk továbbá a következő sorokat:

$$\Delta q = c_1 \Delta \varphi + c_2 \Delta \varphi^2 + c_3 \Delta \varphi^3 + \dots \quad (3)$$

$$\Delta \varphi = d_1 \Delta q + d_2 \Delta q^2 + d_3 \Delta q^3 + \dots \quad (4)$$

$$\frac{1}{N \cos \varphi} = e_0 + e_1 \Delta q + e_2 \Delta q^2 + e_3 \Delta q^3 + \dots \quad (5)$$

ahol  $c_1, c_2, \dots, d_1, d_2, \dots, e_0, e_1, e_2 \dots$  a  $\varphi_0$  földrajzi szélességhez tartozó együtt-hatók.

A továbbiakban igen gyakran fogunk két argumentumú hatványsorokat felhasználni, amelyeknek alakja

$$z = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2 + \\ + a_{30}x^3 + a_{21}x^2y + a_{12}xy^2 + a_{03}y^3 + \dots \quad (6)$$

vagy röviden:

$$z = z(x, y) \quad (7)$$

Ha  $x$ -et és  $y$ -t további,  $x'$  és  $y'$  szerinti hatványsorokkal helyettesítjük, akkor (6) és (7) helyébe

$$z = a'_{00} + a'_{10}x' + a'_{01}y' + a'_{20}x'^2 + a'_{11}x'y' + a'_{02}y'^2 + \dots \quad (8)$$

hatványsor lép, amit hasonlóképpen röviden így írhatunk :

$$z = z(x', y') \quad (9)$$

Itt a  $z$  függvénymegjelölésnek természetesen már más az értelme, mint (7)-ben volt.

Az (1)–(5) kifejezésekből a következő hatványsorokat vezethetjük le a számítási kezdőpont számára :

$$\Delta x = \lambda x(\Delta\varphi, l) \quad (10)$$

$$y = y(\Delta\varphi, l) \quad (11)$$

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi(\Delta x, y) \quad (12)$$

$$l = l(\Delta x, y) \quad (13)$$

$$c = c(\Delta\varphi, l) \quad (14)$$

$$c = c(\Delta x, y) \quad (15)$$

$$m = m(\Delta\varphi, l) \quad (16)$$

$$m = m(\Delta x, y) \quad (17)$$

ahol  $c$  a meridiánkonvergencia és  $m$  a hossztorzulás (a nagyítási arány).

A (10)–(17)-ben szereplő együtthatók a  $\varphi_0$  földrajzi szélesség és az  $a_1, a_2, a_3, \dots$ , illetve  $b_1, b_2, b_3, \dots$  tényezők által meghatározott kifejezések.

Ilyen módon általános megoldásra találunk a következő feladatok : izometrikus koordináták kiszámítása földrajzi koordinátákból, földrajzi koordináták kiszámítása izometrikus koordinátákból, meridiánkonvergencia számítása földrajzi és izometrikus koordinátákból, hossztorzulás (nagyítási arány) kiszámítása földrajzi és izometrikus koordinátákból, természetesen mind annak a feltételezésével, hogy a kezdőmeridián mint abszcisszatengely szerepel.

Az  $x_g, y_g$  Gauss-féle koordináták képleteinek felállítására végezt felírjuk a

$$\Delta B = {}_gQ_1 \Delta q + {}_gQ_2 \Delta q^2 + {}_gQ_3 \Delta q^3 + \dots \quad (18)$$

$$\Delta q = {}_g b_1 \Delta B + {}_g b_2 \Delta B^2 + {}_g b_3 \Delta B^3 + \dots \quad (19)$$

sorokat, ahol  ${}_gQ_1, {}_gQ_2, \dots, {}_g b_1, {}_g b_2, \dots$  ismert kifejezések. Figyelembe vesszük ezen kívül, hogy a kezdőmeridián számára érvényes a  $\Delta B = \Delta x_g$  egyenlőség, és áttérünk az analitikai kifejtésre :

$$\Delta x_g + iy_g = {}_gQ_1(\Delta q + il) + {}_gQ_2(\Delta q + il)^2 + \dots \quad (20)$$

$$\Delta q + il = {}_g b_1(\Delta x_g + iy_g) + {}_g b_2(\Delta x_g + iy_g)^2 + \dots \quad (21)$$



Ilyen módon a  ${}_gQ_1, {}_gQ_2, \dots, {}_g b_1, {}_g b_2, \dots$  keresett kifejezések ismertté váltak és így a (10)–(17) általános képletekből specializálás útján azonnal megkapjuk a Gauss-féle koordináták számára a megfelelő és általánosan ismert képleteket.

Már most az  $x_s, y_s$  sztereografikus koordináták képleteinek levezetése végett a kezdőmeridián számára felírjuk a definíciós egyenletet :

$$x_s = \Delta B + \frac{1}{12 N_0^2} (1 + \eta_0^2) \Delta B^3 + \frac{1}{120 N_0^4} \Delta B^5 \quad (22)$$

Ebből kapjuk, hogy

$$\Delta B = x_s - \frac{1}{12 N_0^2} (1 + \eta_0^2) x_s^3 + \frac{1}{120 N_0^4} x_s^5 \quad (23)$$

Itt a kezdőmeridián számára  $\Delta B$  helyébe  $\Delta x_g$ -t teszünk és áttérünk az analitikai kifejezésre :

$$\begin{aligned} x_s + iy_s &= (\Delta x_g + iy_g) + \frac{1}{12 N_0^2} (1 + \eta_0^2) (\Delta x_g + iy_g)^3 + \\ &+ \frac{1}{120 N_0^4} (\Delta x_g + iy_g)^5 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \Delta x_g + iy_g &= (x_s + iy_s) - \frac{1}{12 N_0^2} (1 + \eta_0^2) (x_s + iy_s)^3 + \\ &+ \frac{1}{80 N_0^4} (x_s + iy_s)^5 \end{aligned} \quad (25)$$

Az utóbbi két sor felbontása valós és képzetes részre, szolgáltatja számunkra az azonos kezdőpontra vonatkozó sztereografikus és Gauss-féle koordináták átszámítási képleteit, nevezetesen a következő sorokat :

$$x_s = x_s(\Delta x_g, y_g) \quad (26)$$

$$y_s = y_s(\Delta x_g, y_g) \quad (27)$$

$$\Delta x_g = \Delta x_g(x_s, y_s) \quad (28)$$

$$y_g = y_g(x_s, y_s) \quad (29)$$

Helyettesítsük most a (20) sort a (24) sorba, továbbá a (25) sort a (21) sorba és így azt kapjuk, hogy

$$x_s + iy_s = {}_sQ_1(\Delta q + il) + {}_sQ_2(\Delta q + il)^2 + \dots \quad (30)$$

$$\Delta q + il = {}_s b_1(x_s + iy_s) + {}_s b_2(x_s + iy_s)^2 + \dots \quad (31)$$

A  ${}_s Q_1, {}_s Q_2, \dots, {}_s b_1, {}_s b_2, \dots$  keresett kifejezések ilyen módon ismertté váltak és ezzel a (10)–(17) általános képletekből specializálás révén közvetlenül megkapjuk a megfelelő képleteket a sztereografikus koordináták számára.

Következő feladatunk az  $x_s, y_s$  sztereografikus koordináták azon változásának meghatározása, amely a háromszögelési hálózat áttéjékozásából és egy másik vonatkozási ellipszoidra való áttéréseből következik. Evégből a geodéziai vonal képleteiből indulunk ki, ahol  $s$  a vonal hosszát,  $m_s$  a nagyítási arányt és  $T_s$  az irányszöveget jelenti:

$$\frac{dx_s}{ds} = m_s \cos T_s \quad (32)$$

$$\frac{dy_s}{ds} = m_s \sin T_s \quad (33)$$

$$\frac{dT_s}{ds} = \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial y_s} \frac{dx_s}{ds} + \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial x_s} \frac{dy_s}{ds} \quad (34)$$

$$\frac{d^2 x_s}{ds^2} = + \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial x_s} \left( \frac{dx_s}{ds} \right)^2 + \frac{2}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial y_s} \frac{dx_s}{ds} \frac{dy_s}{ds} - \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial x_s} \left( \frac{dy_s}{ds} \right)^2 \quad (35)$$

$$\frac{d^2 y_s}{ds^2} = - \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial y_s} \left( \frac{dx_s}{ds} \right)^2 + \frac{2}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial x_s} \frac{dx_s}{ds} \frac{dy_s}{ds} + \frac{1}{m_s} \frac{\partial m_s}{\partial y_s} \left( \frac{dy_s}{ds} \right)^2 \quad (36)$$

Helyettesítsük be  $m_s$  kifejezését:

$$m_s = m_s(x_s, y_s), \quad (37)$$

májd  $s$  szerint differenciáljunk totálisan, hogy megkapjuk a  $\frac{d^2 T_s}{ds^2}$ ,  $\frac{d^3 x_s}{ds^3}$ ,  $\frac{d^3 y_s}{ds^3}$  stb. értékeket is és megállapítsuk a differenciálhányadosokat az  $x_s = y_s = 0$  kezdőpontra vonatkozólag, amelynél  $m_s = 1$ .

A Taylor-féle sorbafejtés alkalmazásával közvetlenül felírjuk a hatvány-sorokat:

$$x_s = x_s(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (38)$$

$$y_s = y_s(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (39)$$

$$T_s = T_s(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (40)$$

Most áttérünk a háromszögelési hálózat új tájékozására, amelynél a hálózat  $dT_0$  elfordulást és  $\frac{ds}{s}$  méretváltozást szenved. Legyenek ugyanannak a kezdőpontnak új földrajzi koordinátái  $\varphi_0'$  és  $\lambda_0'$  az új ellipszoidon, amelynek nagy féltengelye  $a'$  és lapultsága  $\alpha'$ , aminek folytán  $\frac{1}{R_0^2}$  a  $d \frac{1}{R_0^2}$  értékkel változik.

Most (38)-at, (39)-et és (40)-et egyelőre  $T_0$ ,  $s$  és  $\frac{1}{R_0^2}$  szerint differenciáljuk :

$$\partial x_s = \partial x_s'(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (41)$$

$$\partial y_s = \partial y_s'(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (42)$$

$$\partial T_s = \partial T_s'(s \cos T_0, s \sin T_0) \quad (43)$$

A (38) és (39) sorokból kifejezzük  $s \cos T_0$  és  $s \sin T_0$  értékeket :

$$s \cos T_0 = s \cos T_0(x_s, y_s) \quad (44)$$

$$s \sin T_0 = s \sin T_0(x_s, y_s) \quad (45)$$

Végül (44)-et és (45)-öt bevezetjük a (41), (42) és (43)-ba, figyelembe vesszük  $\partial x_s$ -et,  $\partial y_s$ -et és  $\partial T_s$ -et, illetve  $x_s$ ,  $y_s$  és  $T_s$ -et és megkapjuk a hatvány-sorokat a módosított sztereografikus koordináták és irányszögek ( $x'_s$ ,  $y'_s$ ,  $T'_s$ ) számára

$$x'_s = x'_s(x_s, y_s) \quad (46)$$

$$y'_s = y'_s(x_s, y_s) \quad (47)$$

$$T'_s = T'_s(T_s, x_s, y_s) \quad (48)$$

Képezzük még a  $c'_s$  módosított meridiánkonvergenciát is :

$$c'_s = c'_s(x'_s, y'_s) \quad (49)$$

ahol  $x'_s$ ,  $y'_s$ -t (46) és (47) alapján  $x_s$ ,  $y_s$ -sel helyettesítjük :

$$c'_s = c'_s(x_s, y_s) \quad (50)$$

## II. Két Gauss-féle sáv közötti transzformáció

Tegyük fel, hogy az új ( $a'$ ,  $\alpha'$ ) ellipszoidon a  $\lambda = \lambda_0'$  új és végleges kezdő-meridiánt választottuk. Felírjuk az  $x_g''$ ,  $y_g''$  végleges Gauss-féle koordinátákra vonatkozó ismeretes sorokat és a  $c_g''$  végleges meridiánkonvergenciát :

$$\Delta x_g'' = \Delta x_g''(\Delta \varphi'', l'') \quad (51)$$

$$y_g'' = y_g''(\Delta \varphi'', l'') \quad (52)$$

$$c_g'' = c_g''(\Delta \varphi'', l'') \quad (53)$$

amelyek azonban az új ( $\varphi_0'$ ,  $\lambda_0''$ ) kezdőpontra vonatkoznak.



(51), (52) és (53)-ban  $l''$  helyébe

$$l'' = l' + p \quad (54)$$

értéket tesszük, ahol

$$p = \lambda_0'' - \lambda_0' \quad (55)$$

Ily módon megkapjuk  $x_g''$ ,  $y_g''$  és  $c_g''$  kifejezéseit:

$$\Delta x_g'' = \Delta x_g''(\Delta\varphi', l') \quad (56)$$

$$y_g'' = y_g''(\Delta\varphi', l') \quad (57)$$

$$c_g'' = c_g''(\Delta\varphi', l') \quad (58)$$

Felírjuk továbbá az ismert

$$\Delta\varphi' = \Delta\varphi'(\Delta x_g', y_g') \quad (59)$$

$$l' = l'(\Delta x_g', y_g') \quad (60)$$

sorokat és az (56)-ba, (57)-be és (58)-ba behelyettesítjük (59)-et és (60)-at és ezáltal az  $x_g''$ ,  $y_g''$  és  $c_g''$  végleges Gauss-féle koordináták, illetve meridián-konvergencia számára, mint az  $x_g'$ ,  $y_g'$  Gauss-féle közbevetett koordináták függvényei számára, hatványsorokat nyerünk:

$$\Delta x_g'' = \Delta x_g''(\Delta x_g', y_g') \quad (61)$$

$$y_g'' = y_g''(\Delta x_g', y_g') \quad (62)$$

$$c_g'' = c_g''(\Delta x_g', y_g') \quad (63)$$

### III. Transzformációs képletek az eredeti sztereografikus koordináták és irányszögek és a végleges Gauss-féle koordináták és irányszögek között

(28) és (29) szerint felírjuk az  $x_s'$ ,  $y_s'$  módosított sztereografikus koordináták és az  $x_g'$ ,  $y_g'$  Gauss-féle közbevetett koordináták közötti transzformációs képleteket:

$$\Delta x_g' = \Delta x_g'(x_s', y_s') \quad (64)$$

$$y_g' = y_g'(x_s', y_s') \quad (65)$$

Most (61)-ből, (62)-ből és (63)-ból a (64) és (65) segítségével kiküszöböljük a Gauss-féle közbevetett koordinátákat és megkapjuk a *végleges Gauss-féle koordinátákat és meridiánkonvergenciát, a módosított sztereografikus koordináták által kifejezve* :

$$\Delta x_g'' = \Delta x_g''(x_s', y_s') \quad (66)$$

$$y_g'' = y_g''(x_s', y_s') \quad (67)$$

$$c_g'' = c_g''(x_s', y_s') \quad (68)$$

Végül pedig a (46) és (47) segítségével kiküszöböljük (66)-ból, (67)-ből és (68)-ból a módosított sztereografikus koordinátákat és megkapjuk a *végleges Gauss-féle koordinátákat és meridiánkonvergenciát az eredeti sztereografikus koordináták által kifejezve* :

$$\Delta x_g'' = \Delta x_g''(x_s, y_s) \quad (69)$$

$$y_g'' = y_g''(x_s, y_s) \quad (70)$$

$$c_g'' = c_g''(x_s, y_s) \quad (71)$$

A (69) és (70) hatványsorok a keresett transzformációs képletek, amelyek az eredeti sztereografikus koordinátákból a végleges Gauss-féle koordinátákra való áttérésre szolgálnak.

Hogy ugyanezt az irányszöggel is megtehessük, kiindulunk az

$$A' = T_s' + c_s' = T_g'' + c_g'' \quad (72)$$

vagy a

$$T_g'' = T_s' + (c_s' - c_g'') \quad (73)$$

összefüggésből és mivel (48), (50) és (71) szerint a (73)-ban szereplő minden mennyiség  $x_s$ -nek és  $y_s$ -nek függvénye,

$$T_g'' = T_g''(T_s, x_s, y_s) \quad (74)$$

Megkaptuk tehát a *végleges Gauss-féle irányszöget az eredeti sztereografikus koordináták által kifejezve*, mert a (74) az a keresett képlet, amely az eredeti sztereografikus irányszögeknek a végleges Gauss-féle irányszögekre való átvezetésére szolgál.

Az analitikai módszer mellett számszerű módszert is használhatunk a transzformációs képletekben előforduló együtthatók megállapítására.

Ismételjük, hogy valamennyi munkaképlet hatványsorokból áll, az eredeti sztereografikus koordináták szerint és állandó együtthatókkal.

Ha az együtthatók bármely módszer alapján számszerű módon rendelkezésre állanak, úgy a háromszögelési alappontok koordinátáinak és irány-szögeinek átszámítását kevésbé képzett személyzet is el tudja végezni, és pedig számológép segítségével, ami a számítási munkát lényegesen megkönnyíti.



## HOZZÁSZÓLÁSOK

VI. K. HRISZTOV előadásához

HOMORÓDI LAJOS

A modern geodézia egyik ismertető jele az egységességre való törekvés. Ennek érdekében tárgyalunk nemzetközi ellipszoidról, a hálózatok csatlakozásáról, egyetemes vetületről. Ezzel függ össze számos tanulmány, mely a geodéziai irodalomban napjainkban megjelenik. Ezeket a vizsgálatokat egészítik ki igen átfogó módon azok a kutatások, melyeket Hrisztov professzor nem rég fejezett be s melynek egy részét most hallottuk.

Az előadó alapvető problémája az, hogy van két koordináta-rendszer, az egyik sztereografikus vetületen, a másik Gauss-Krüger vetületű és ezeket össze kell kapcsolni. Feltételezi, hogy a sztereografikus vetület és a Gauss-Krüger vetület alapfelülete különböző. Az összekapcsolás azzal a következménnyel jár, hogy a sztereografikus vetület kezdőpontjának koordinátái megváltoznak és megváltozik a rendszer tájékozása és az oldalak hosszegysége is. E változásokból az előadó bizonyos hatványsorok együtthatóit vezette le, melyekben változók az eredeti sztereografikus koordináták. eredményül pedig a Gauss-Krüger koordinátákat kapjuk.

Ez a közvetlen kapcsolat a sztereografikus és Gauss-koordináták között minket különösen érdekel, noha nálunk a probléma másként alakul. Nálunk új mérések alapján új felsőrendű hálózat készül Gauss-féle vetülettel. A meglevő és széles területeken már korszerű méréseken alapuló negyedrendű hálózatunkat, melyben a töréseket csak a régi felsőrendű hálózat törései okozzák, — újból elkészíteni nem akarjuk. Az a szándékunk, hogy a negyedrendű hálózatot az új hálózat elkészülte után ebbe valami alkalmas módon beleillesztjük. Erre minden igényt kielégítő pontosságot nyújtó lehetőség a pontok új kiszámítása a régi mérések alapján az új hálózatban. Előrelátható azonban, hogy térképezési célra kisebb pontosságú koordinátákra már korábban szükségünk lesz, mint ezt a mindenesetre több időt igénylő új koordinátaszámítást elvégezhetnénk. Közelítő eljáráshoz fogunk tehát folyamodni. Ez állhat abból, hogy az azonos pontok régi sztereografikus és új Gauss-Krüger koordinátái között mutatkozó különbségekből a pontok egy-egy csoportjára érvényes empirikus összefüggéseket vezetünk le. Mivel így a koordinátakülönbségek igen nagyok, kevésbé áttekinthetők, noha ez fontos lenne épp az azonosság kétséget kizáró megállítása érdekében. Ezért célszerűnek látszanék a különbségek két részre osztása: a szisztematikus rész a vetületi rendszer eltéréséből, az új alapfelület bevezetéséből és a hálózat új elhelyezéséből és tájékozásából származik. Ezt az előadó soraival pontosan ki lehet számolni. Ha tehát ez úton az azonosnak vélhető pontokat, — esetleg nomogrammok segítségével, — előbb átszámítjuk a sztereografikus vetületből a Gauss-Krüger vetületbe, a transzformálással nyert és adott Gauss-Krüger koordináták különbsége csak a különböző (régí és új) mérésből eredő véletlen jellegű eltérés lesz, ami bizonyára már nem olyan nagy, hogy empirikus úton, akár egyszerűen szemlélettel elosztható ne lenne. Ilyen transzformációra egyébként, ha gyakorlati célból nem is, elméleti vizsgálatokhoz szükség lehet. Új hálózatunk néhány pontja már 1806-ben is háromszögelési pont volt, többnek pedig 1864 óta megbízható koordinátája van. Így egészen természetes a gondolat, megkísérelni ezek régi és új koordinátáinak összehasonlítása útján, a lokális

vízszintes kéregmozgások jelenlétét vagy hiányát kimutatni. Ez azonban csak akkor lehetséges, ha a pontok azonos vetületi rendszerben vannak.

Mindezeknek a számításoknak ilyen módon való elvégzése mindenesetre attól függ, hogy milyen számítási munkát jelent az átszámítási sorok együtt-hatóinak meghatározása. Hogy ezt megvizsgálhassuk és adott esetben az előadásban foglaltakat céljainkra hasznosíthassuk, kérjük az előadót, hogy tanulmányát, ha nyomtatásban megjelenik, nekünk megküldeni szíveskedjék.

#### HAZAY ISTVÁN

Az Akadémia és az Országos Földméréstani Intézet megbízásából alkalom volt a Gauss-Krüger vetülettel behatóan foglalkozni és áttanulmányozni a vonatkozó irodalomnak azt a részét, amelyhez módunk volt hozzájutni.

Ennek az irodalomnak gondos áttanulmányozása után, azt hiszem, egészen bátran kijelenthetem, hogy az izometrikus koordinátákra vonatkozó legnagyobb kutatója Hrisztov professzor, aki az izometrikus koordinátákra vonatkozó elméletet igen eredetien alkalmazta a Gauss-Krüger koordináták meghatározására. Kedvező volt részünkre, akiknek Magyarországon a Gauss-Krüger vetületre való áttérés előmunkálatait kellett kidolgoznunk, hogy rendelkezésünkre állt Hrisztov professzor alapvető munkálata. Ha ez nem lett volna, akkor kutatásainkkal még semmi szín alatt sem lehetnénk ott, ahol jelenleg tartunk.

Ennek a gondolatnak röviden kifejezést adtunk a Gauss-Krüger koordinátákról Tárczy-Hornoch Antallal együtt írt könyvünkben is és most felhasználom azt a kedvező alkalmat, hogy Hrisztov professzort itt tisztelhetjük körünkben és a magyar geodéták és geofizikusok nyilvánossága előtt mondok köszönetet matematikailag kiváló munkájáért, amely kutatásainkat megkönnyítette.

Most egy magas matematikával levezetett újabb elméletet látunk, amelynek kiválóságához szó sem férhet. Ez az elmélet — ahogy értettem — olyan esetre vonatkozik, amikor vagy egy vetületen kifejlesztett hálózatot önmagában viszünk át egy újonnan bevezetett Gauss-Krüger vetületi rendszerre, vagy pedig egy részben sztereografikus vetületen levő hálózatot egy másik részhez, amelyet homogén módon ugyanolyan megbízhatósággal a Gauss-Krüger vetületen fejlesztünk ki, transzformálunk össze.

Nálunk Magyarországon — sajnos — más a helyzet. Mi azért fejlesztjük az új felsőrendű háromszögelési hálózatot, mert a régi már nem felel meg az előírt pontossági követelményeknek.

A negyedrendű pontok átszámításának kétféle célja lehet. Az egyik az, hogy a felsőrendű hálózat kifejlesztése után ne kelljen új negyedrendű hálózatot mérnünk.

Ha azt akarjuk, hogy a negyedrendű hálózat is elérje a kellő pontosságot, tehát a régi hálózat töréseit az újba ne vigyük át, akkor tekintettel arra, hogy új harmadrendű hálózatunk pontjainak legnagyobb része azonos a régi pontokkal, azt az eljárást kell követnünk, hogy felhasználjuk a régi mérési eredményeket, amelyek kifogástalanok és a harmadrendű pontokból újból kiszámítjuk, most már a Gauss-Krüger vetületben, a negyedrendű pontok koordinátáit.

Ez a szabatos eljárás arra a célra szolgálna, hogy a nagyméretarányú térképek részére adjunk alappontokat.

Az átszámítás másik célja az, hogy a kisméretarányú térképezéshez adjunk közelítő pontossággal Gauss-Krüger koordinátákat. Miután ennél a

célnál a pontok megbízhatóságára elegendő, ha 30, vagy esetleg 50 cm toleranciát is megengedünk, elegendő lesz az átszámítást egyszerűbb módon elvégezni. A követendő eljárás még nem alakult ki, annyi azonban bizonyos, hogy csupán jól megközelítő eredményeket adó gyors eljárást kell követni, mégpedig olyant, amely a hálózati töréseket is részben eloszlatja. Ebben segítségünkre lehet esetleg az előadónak most ismertetett szabatos eljárása, amely bizonyára a vetületi számításoknak megfelelő élességgel, milliméterre dolgozik, ha azokból a magasabbrendű tagokat elhanyagoljuk.

Más elgondolások is vannak, például az, hogy minden teljes fokú meridián mentén csatlakozó pontokat veszünk fel és a táblázatokat ehhez kidolgozzuk, tehát rövid távolságokkal dolgozunk.

Mindezek azonban a megoldásnak még csak elgondolásai, de feltétlenül olyan megoldást fogunk keresni, amely gyorsan célra vezet.

Még egyszer megismétlem, hogy Hrisztov professzornak itt előadott elmélete mind matematikai, mind pedig vetületi szempontból nagy jelentőségűnek tekinthető.

#### VI. K. HRISZTOV válasza

Az ismertetett eljárás valójában arra az esetre készült, amikor egy korszerű hálózat áll rendelkezésre és azt óhajtjuk átvinni a Gauss-Krüger vetületbe, illetőleg arra az esetre, amikor két korszerű hálózatot kívánunk összekapcsolni. A két hálózat más tájékozású, más elhelyezésű és esetleg az ellipszoidok is mások. Egészen más a helyzet akkor, ha — mint Magyarország esetében is — egy régi hálózatról van szó és ezt a régi hálózatot egy korszerű hálózatba kell beilleszteni a Gauss-Krüger vetületen, a régi hálózatot áthozva a sztereografikus vetületről.

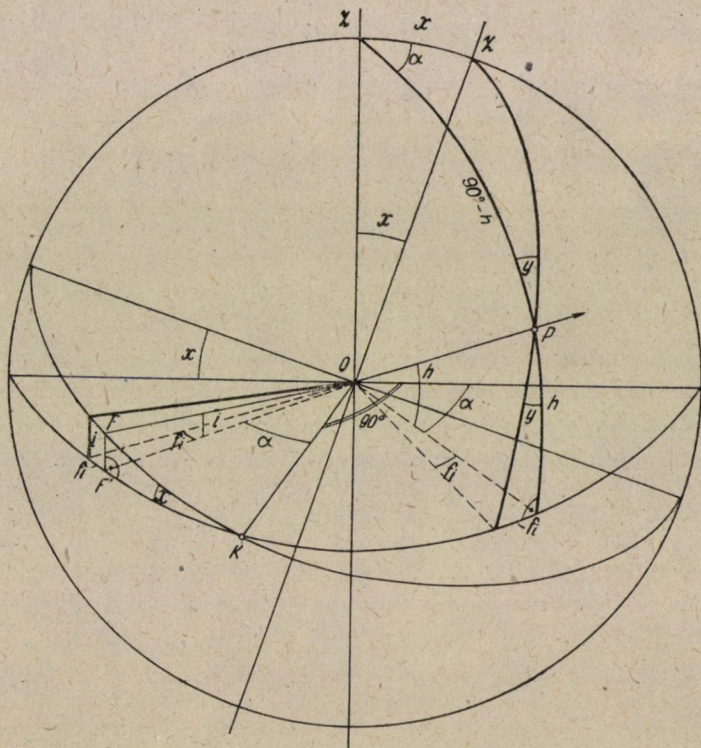
Ebben az esetben is célszerűnek látom a régi hálózatot az ismertetett sorokkal átvétíteni a Gauss-Krüger rendszerbe, mert ebben az esetben a pontok között mutatkozó különbségek már csekélyebbek lesznek, úgy hogy a beillesztés sokkal könnyebben elvégezhető. Nyilvánvaló ugyanis, ha a régi mérésekre támaszkodunk és a hálózatot átvétítjük, az nem fog fedésbe kerülni az új hálózattal, illetőleg az azonos pontoknál különbségek fognak mutatkozni. Ezek azonban a sztereografikus vetületből való transzformációt elvégezve, lényegesen csekélyebbek lesznek már, úgy hogy könnyen lehetséges lesz az eltéréseket empirikus módon eloszlatni és ilymódon a régi alsórendű hálózatot az új rendszerbe készült felsőrendű hálózatba beolvasztani.



# AZ ELLIPSZOID KONJUGÁLT NORMÁLMETSZETEINEK AZIMUTKÜLÖNBSÉGÉRŐL

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL  
akadémikus

A földi ellipszoid konjugált normálmetszetei azimutkülönbségének meghatározásáról már több vizsgálattal rendelkezünk. E helyen *Helmert* [1] és *Jordan* [2] könyveit említjük, mely utóbbinak vizsgálata csaknem változatlan



1. ábra

alakban megtalálható a *Jordan—Eggert*-féle mű harmadik kötetének 1941-ben megjelent második félkötetében [3; 13—16. o.] is. Eredeti módszerrel — a zérus-határesetre való átmenettel — vezette le összefüggéseit *Kraszovszkij* [4; 58. o., 98. egyenl.]. Mindhárman a gömbháromszögtant alkalmazták.

Téranalizissal dolgozott *Näbauer* [9], aki 1944-ben bár igen bonyolult, de zárt összefüggésekhez jutott el [9; 6–7. o., 31–33. egyenl.]. Joggal nevezi szigorúnak *Baeschlin* is a maga, térbeli vektorok segítségével kapott egyenletét [5; 75. o.]. Téranalizissal dolgoznak *Grossmann* [10; 43. o., 3a egyenl.] és *Hrisztov* is [6; 220. o., 46. egyenl.], akik egyenleteiket sorbafejtés segítségével különböző utakon vezették le, végül legutóbb *Tienstra* [11], aki a differenciál-geometriát használta fel bőségesen.

A szóbanforgó összefüggések levezetésére mi egy elemi és szemléletes módszert fogunk alkalmazni, amelynek alap gondolata a következő: legyen  $A$  és  $B$  az ellipszoid két összekötendő pontja; meghatározzuk, hogy az  $A$  pontban emelt merőlegestől való mely eltérés mellett éri ezen az  $A$  pontban nem merőleges irányú egyenesen át fektetett sík a  $B$  pontot ez utóbbiban az ellipszoidra merőleges irányban. E sík szolgáltatja ugyanis az ellen-normálmetszetet és ennek a normálmetszettől való eltérése az  $A$  pontban a merőlegestől való eltérésből egyszerűen azon összefüggések segítségével számítható ki, amelyek az állótengely hibájának korrigálására a vízszintes iránymérésnél az alsógeodéziában régóta ismeretesek.

Az említett összefüggést az 1. ábrából csupán a szabatosabb megfogás és a későbbi összehasonlítás kedvéért külön le fogjuk vezetni. Legyen  $x$  az állótengely hibája, amelyet a rajz síkjában fekvőnek vegyünk fel. A függőleges  $Z$  tengelyhez és a hibás  $Z'$  tengelyhez merőleges síkok az  $OK$  csomóvonalban metszik egymást. Ha a megirányozandó pont a rajz síkjában foglal helyet, úgy az állótengelyhez és az irányzóvonalhoz merőlegesen felvett fekvőtengely a csomóvonalban vízszintes helyzetet foglal el. Ha viszont az irányzóvonalat a  $B$  pont megirányozása céljából a rajz síkjából  $\alpha$  szöggel ki kell forgatni, úgy a fekvőtengely is  $\alpha$ -val eltolódik az  $OF$  vonalba és ott a vízszintes síkkal az  $i$  szöveget zárja be. Legyen  $h$  az irányzás magassági szöge. A  $KFF'$  derékszögű gömbháromszögből következik, hogy

$$\operatorname{tg} i = \operatorname{tg} x \sin \alpha \quad (1)$$

Ha pedig a fekvőtengely nem áll vízszintesesen, hanem a vízszintestől  $i$  értékkel eltér, úgy ennek kihatása a vízszintes iránymérésra, vagyis az  $f_i$  hiba tudvalóleg (V. ö. [7; 206. o., 5. egyenlet és 8; 277. o., I. egyenl.]):

$$\sin f_i = \operatorname{tg} i \operatorname{tg} h \quad (2)$$

A hibás irány ezzel az összeggel nagyobb a helyes értéknél. Vagyis  $f_i$  egyenlő: hibás irány mínusz helyes irány.

Ha az (1) egyenletet a (2) egyenletbe behelyettesítjük, úgy

$$\sin f_i = \sin \alpha \operatorname{tg} x \operatorname{tg} h \quad (3)$$

lesz. Ez az állótengely hibájának befolyására vonatkozó, a szakirodalomban

szabatosnak tekintett összefüggés azonban valójában még nem egészen szigorúan szabatos, minthogy a (3) egyenletben szereplő  $f_i$  az (1) egyenletben szereplő  $\alpha$ -t és így a (2) egyenletben szereplő  $i$ -t is megváltoztatja, nevezetesen a hibás irány ezzel az  $f_i$  értékkel megnövekszik. Teljes szabatossággal tehát:

$$\sin f_i = \sin(\alpha + f_i) \operatorname{tg} x \operatorname{tg} h = \sin \alpha \cos f_i \operatorname{tg} x \operatorname{tg} h + \cos \alpha \sin f_i \operatorname{tg} x \operatorname{tg} h.$$

Innen  $\cos f_i$ -vel való osztás és rendezés után

$$\operatorname{tg} f_i = \frac{\sin \alpha}{\operatorname{ctg} x \operatorname{ctg} h - \cos \alpha}. \quad (4)$$

A (4) egyenlet teljes szabatossággal megadja az  $x$  állótengelyhiba kihatását a vízszintes vetületre. Noha a (3) egyenl.-ből adódó

$$f_i = x \sin \alpha \operatorname{tg} h \quad (5)$$

tovább egyszerűsített összefüggés a kihatás kiszámítására rendszerint elegendő, mégis — a mi problémánkkal kapcsolatban is — nem érdektelen a szabatos és zárt összefüggés megismerése.

Egyébként a (4) egyenl. az 1. ábrából közvetlenül is levezethető. A  $ZZ'P$  gömbháromszögből a gömbháromszög tan

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin c \operatorname{ctg} b - \cos c \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (6)$$

tétele alapján, amely itt a

$$\operatorname{ctg} y = \frac{\cos h \operatorname{ctg} x - \sin h \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

alakot ölti, és az alsó derékszögű háromszögből a fenti (4) egyenl.-tel egyezően következik, hogy

$$\operatorname{tg} f_i = \operatorname{tg} y \sin h = \frac{\sin \alpha}{\operatorname{ctg} x \operatorname{ctg} h - \cos \alpha}.$$

Az irányzósíknak  $x$  hiba által okozott ferde helyzete a  $P$  pont megirányozásánál tehát ezt az  $f_i$  hibát hozza létre a vízszintes vetületben.

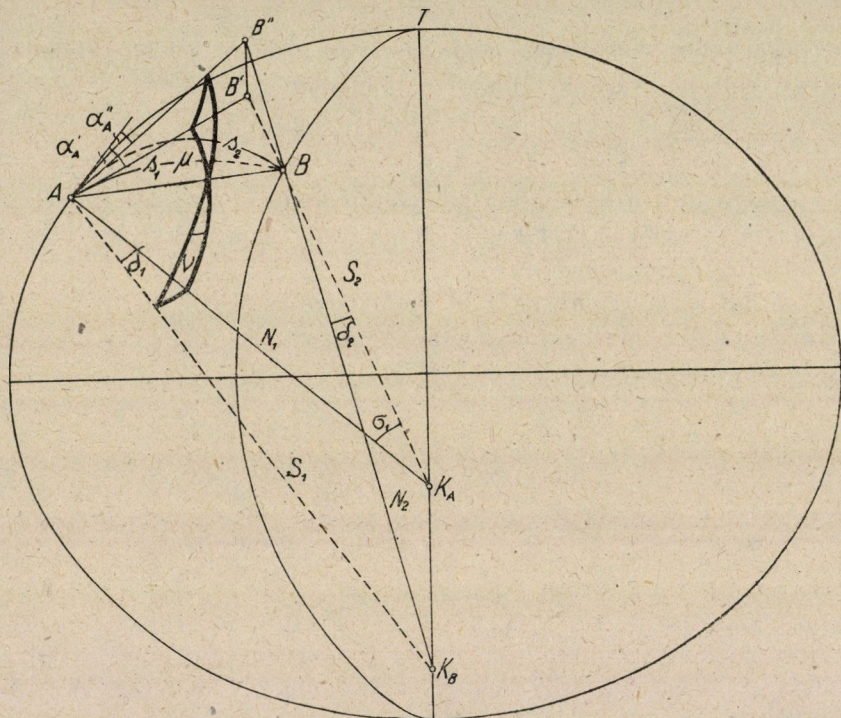
Ha az állótengely hibáján kívül a fekvőtengelynek tulajdonképpeni hibája is fennforog (a fekvőtengely nem merőleges az állótengelyre), úgy ennek a fekvőtengelyhibának hatása tudvalevőleg a két távcsőállásban kiesik és a (3)—(5) egyenletek érvényességüket a két távcsőállás középértéke számára továbbra is megtartják.

Most visszatérünk feladatunkhoz és a 2. ábrában ábrázoljuk a konjugált normálmetszeteknél fellépő értékeket.  $N_1$  és  $N_2$  az  $A$  és  $B$  pontok harántgörbületi sugarai.  $s_1$  és  $s_2$  a normálmetszetekhez tartozó ívhosszak,  $A$ -tól  $B$ -ig és fordítva. Legyenek továbbá  $AB'$  és  $AB''$  az  $s_1$  és  $s_2$  két érintője az  $A$  pontban,  $\alpha_A$  és  $\alpha_A''$  pedig ezek azimutjai a meridián érintőjétől. Ekkor  $\alpha_A - \alpha_A''$  lesz a keresett



azimut-különbség az  $A$  pontban. Az  $AB$  húrnak az  $A$  pontban érintőt képező  $AB'$  egyenessel bezárt szöge a  $\mu$  depressziósszög, amely mindig mélységi szöget jelent.  $S_1$  köti össze a forgástengelynek és az  $N_2$  merőlegesnek  $K_B$  metszéspontját  $A$ -val,  $S_2$  a forgástengelynek és az  $N_1$  merőlegesnek  $K_A$  metszéspontját  $B$ -vel.

Milyen a helyzete az ellipszoidra  $B$ -ben merőleges síknak  $A$ -ban? Először s kell, hogy  $A$ -ban áthaladjon az  $S_1$  egyenesen, mivel ez utóbbi az  $N_2$  és  $A$  által meghatározott síkban fekszik. Minthogy továbbá mind  $N_1$ , mind  $N_2$  változatlan paralellkörök mellett az ellipszoid forgástengelyét ugyanazokban a  $K_A$  és  $K_B$



2. ábra

pontokban metszik, ebből az következik, hogy  $S_1$  és következésképpen  $\delta_1$  szög mindaddig változatlan marad, amíg a  $B$  pont ugyanazon a paralellkörön mozog. Valamennyi  $B$ -nek egy paralellkörön való mozgásánál keletkező,  $B$ -ben merőleges sík átmegy az  $S_1$  egyenesen. Ebből következik, hogy ha a műszert  $A$ -ban úgy állítjuk fel, hogy állótengelyével az  $N_1$  merőlegestől a meridiánban  $\delta_1$  szöggel eltérve,  $S_1$ -gyel essék egybe, valamennyi e  $\delta_1$  szöghöz tartozó  $B$  pontban merőleges irányzósíkokat kapunk. Ennélfogva ezt az  $S_1$  egyenest a  $B$ -ben merőlegeshez tartozó konjugált pszeudonormálisnak nevezhetjük. Ez a megállapítás könnyen általánosítható oly módon, hogy a paralellkör változása esetén egyszerűen az illető paralellkörhöz tartozó  $\delta_1$ -et vesszük.

Általában: *Hogy a földi ellipszoid egy pontjában egy másik pontról merőleges síkot kapjunk, e másik pontban a konjugált pszeudonormálist úgy kell felvenni, hogy az a merőlegetől az ehhez a ponthoz tartozó és az első pont által meghatározott  $\delta$  szöggel térjen el a meridiánban.*

Ha tehát a 2. ábrában az állótengelyt először  $N_1$ -ben és azután a meridiánban  $\delta_1$ -gyel elállítva  $S_1$ -ben vesszük fel, úgy e kettő között a (2)–(5) egyenletekből meghatározott különbségnek kell fennállnia. Igaz ugyan, hogy a (2)–(5) egyenletekben  $h$  magassági szög, míg  $\mu$  mélységi szöget jelent. Hogy  $\mu$ -t pozitíven vezethessük be, a  $\text{tg } \mu$ -s tagok előjeleit megfelelő módon megváltoztatjuk. A (4) egyenletben tehát  $\alpha$  helyébe  $\alpha_A$ ,  $x$  helyébe  $\delta_1$  és  $\text{tg } h$  helyébe  $-\text{tg } \mu$  fog lépni. Figyelembe véve továbbá, hogy az előző definíció értelmében  $f_i = (\alpha_A - \alpha'_A)$  tehát  $-f_i = (\alpha'_A - \alpha_A)$  lesz, a (4) egyenletből a két konjugált normálmetszet azimutkülönbségére vonatkozó, szigorúan érvényes következő zárt összefüggéseket kapjuk:

$$\text{tg } (\alpha''_A - \alpha'_A) = - \frac{\sin \alpha'_A \text{tg } \delta_1 \text{tg } \mu}{1 + \cos \alpha'_A \text{tg } \delta_1 \text{tg } \mu} \quad (6)$$

vagy

$$\text{tg } (\alpha'_A - \alpha''_A) = \frac{\sin \alpha'_A}{\text{ctg } \delta_1 \text{ctg } \mu + \cos \alpha'_A} \quad (6a)$$

Itt  $\text{tg } \delta_1$  és  $\text{tg } \mu$  a szakirodalomban már ismeretes értékeket jelentenek, amelyekre még visszatérünk.

A szabatos (6a) egyenlet a gyakorlati alkalmazásra leegyszerűsíthető.

Miután  $\text{ctg } \mu \text{ctg } \delta_1$  igen nagy és  $\frac{\cos \alpha'_A}{\text{ctg } \mu \text{ctg } \delta_1}$  igen kicsiny értéket jelent, ennél fogva

$$\text{tg } (\alpha'_A - \alpha''_A) = \frac{\sin \alpha'_A \text{tg } \mu \text{tg } \delta_1}{1 + \frac{\cos \alpha'_A}{\text{ctg } \mu \text{ctg } \delta_1}} =$$

$$\sin \alpha'_A \text{tg } \mu \text{tg } \delta_1 \left( 1 - \frac{\cos \alpha'_A}{\text{ctg } \mu \text{ctg } \delta_1} \right) = \sin \alpha'_A \text{tg } \delta_1 \text{tg } \mu \quad (6b)$$

vagy másodpercekben;

$$(\alpha'_A - \alpha''_A) = \rho'' \sin \alpha'_A \text{tg } \delta_1 \text{tg } \mu \quad (6c)$$

A konjugált normálmetszetek azimutkülönbsége számára az állótengely-hiba elméletének alapján nyert (6a) szabatos összefüggés valószínűvé teszi, hogy ugyanaz az összefüggés más úton is megkapható. Evégből a 3. ábrát választjuk, amely a *Jordan—Eggert-féle* ábra [3; 13. o.] egyszerűsített válto-

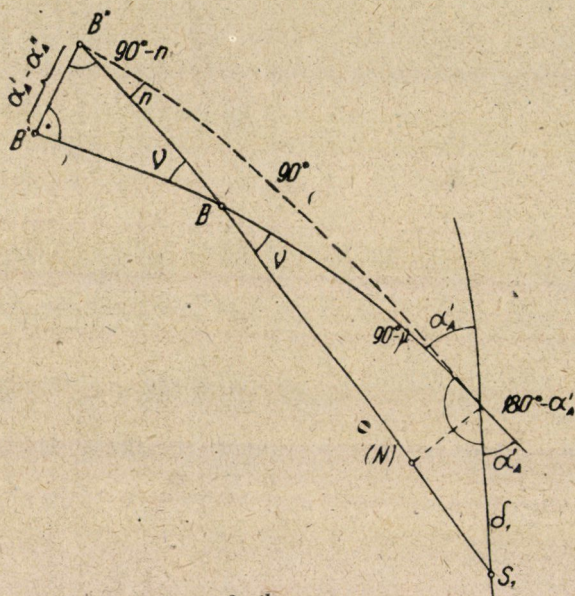


zata, és annak alapján, az ottani bonyolult összefüggések helyett, két egyenletet írunk fel, amelyekben  $\nu$  az  $N_1$ -en és  $B$ -n, illetve  $N_2$ -n és  $A$ -n átmenő síkok közötti szöget jelenti.

Az egyik egyenlet, amelyet *Jordan—Eggert* is idéz [3 ; 14. o., 3. egyenl.] a  $BB'B''$  gömbháromszögből következik :

$$\operatorname{tg}(\alpha'_A - \alpha''_A) = \sin \mu \operatorname{tg} \nu \quad (7)$$

A másik a  $BN_1S_1$  általános gömbháromszögből és a gömbháromszögtannak (6) egyenletként már közölt tételéből adódik, amely itt a következő alakot ölti :



3. ábra

$$\operatorname{ctg} \nu = \frac{\cos \mu \operatorname{ctg} \delta_1 + \sin \mu \cos \alpha'_A}{\sin \alpha'_A} \quad (8)$$

Ezt a (7) egyenl.-be behelyettesítve kapjuk :

$$\operatorname{tg}(\alpha'_A - \alpha''_A) = \frac{\sin \alpha'_A}{\operatorname{ctg} \mu \operatorname{ctg} \delta_1 + \cos \alpha'_A},$$

és ez pontosan egyezik az állótengelyhiba elméletének segítségével levezetett (6a) szabatosan érvényes összefüggéssel.

Gyakorlati számítások céljaira elegendő a (6c) egyenlet és emellett a (6b) egyenletből könnyen meghatározhatjuk az elhanyagolt következő  $r$  tag értékét. Ez az érték

$$r = \rho'' \sin \alpha'_A \cos \alpha' \operatorname{tg}^2 \mu \operatorname{tg}^2 \delta_1 \quad (9)$$



vagyis egy igen kicsiny, negyedrendű érték. Nincsen azonban semmi akadály a annak, hogy igen nagy távolságok esetében ezt, sőt még további tagot is számbavegyünk.

Vezessük be most a (6c) egyenletbe  $\text{tg } \delta_1$ -nek és  $\text{tg } \mu$ -nek a szakirodalomból ismeretes értékeit.

A [3 ; 5. o., 17. egyenlet]-ből és [3 ; 10. o., 8. egyenlet]-ből következik, hogy :

$$\text{tg } \delta_1 = \gamma_1^2 \frac{\Delta\varphi}{v_1^2} \left\{ 1 - \frac{t_1}{2} \frac{\Delta\varphi}{v_1^2} \dots \right\} = \gamma_1^2 \left\{ \frac{\sigma_1 \cos \alpha'_A - \frac{1}{2} \sigma_1^2 t_1 \sin^2 \alpha'_A}{1 + \gamma_1^2} \right\} \cdot$$

$$\left\{ 1 - \frac{t_1 (\sigma_1 \cos \alpha'_A - \frac{1}{2} \sigma_1^2 t_1 \sin^2 \alpha'_A)}{2(1 + \gamma_1^2)} \right\} = \gamma_1^2 \delta_1 \cos \alpha'_A - \frac{1}{2} \gamma_1^2 \sigma_1^2 t_1 -$$

$$- \gamma_1^4 \sigma_1 \cos \alpha'_A \dots \dots \dots \quad (10)$$

Vagy ha  $\sigma_1$  helyett annak értékét az ugyancsak ismeretes (vö. többek között [3 ; 10. o., 13. egyenlettel])

$$\sigma_1 = \frac{s_1}{N_1} \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{s_1^2}{N_1^2} \gamma_1^2 \cos^2 \alpha'_A \dots \right) \quad (11)$$

összefüggés alapján behelyettesítjük, azt kapjuk, hogy

$$\text{tg } \delta_1 = \gamma_1^2 \frac{s_1}{N_1} \cos \alpha'_A - \frac{1}{2} \gamma_1^2 \frac{s_1^2}{N_1^2} t_1 \dots \quad (12)$$

$\text{tg } \mu$  helyett közvetlenül bevezethetjük a *Grossmann-féle* összefüggést [10 ; 37. o., 6. egyenlet] ;

$$\text{tg } \mu = \frac{s_1}{2N_1} (1 + \gamma_1^2 \cos^2 \alpha'_A) - \frac{s_1^2}{2N_1^2} \gamma_1^2 t_1 \cos \alpha'_A + \frac{s_1^3}{24N_1^3} \dots \quad (13)$$

Ha a (12) és (13) egyenlet szerinti értékeket a (6c) egyenletbe behelyettesítjük és a jelentéktelen tagokat elhanyagoljuk, akkor a következő, a szakirodalomból ismert összefüggést kapjuk :

$$(\alpha'_A - \alpha''_A) = \frac{\varrho''}{2} \frac{s_1^2}{N_1^2} \gamma_1^2 \sin \alpha'_A \cos \alpha'_A - \frac{\varrho''}{4} \frac{s_1^3}{N_1^3} \gamma_1^2 t_1 \sin \alpha'_A \dots \quad (14)$$

A (12) és (13) egyenletben elhanyagolt tagok kihatását a (6a), illetve (6b) egyenlettel kapcsolatban itt is könnyen lemérhetjük.

Az indexek felcserélése révén az azimutkülönbség *B*-ben is azonnal megadható.

\*

A konjugált normálmetszetek azimutkülönbsége kérdésének az állótengely-hiba hatására való visszavezetése az irányzott pont ellipszoidfeletti  $H$  magasságának figyelembevételét is a legegyszerűbb módon lehetővé teszi. Minthogy az  $S_1$  konjugált pszeudonormálison keresztülhaladó sík az ellipszoidra a  $B$  pontban merőlegesen áll, a megirányzott pont magasságának a (6a), illetve (6c) egyenletben csak az a hatása, hogy a  $\mu$  depressziós szög egy a  $H$  magasságnak megfelelő  $\gamma$  szöggel csökken. Ez a  $\gamma$  a korrekciós tagok részére, amint az könnyen belátható, elegendő pontossággal számítható a

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{H}{s_1} \quad (14a)$$

kifejezésből. Pontosabb kifejezést is adhatnánk, de annak nem volna gyakorlati célja.

A  $B$ -ben való magasság kihat az  $(\alpha'_A - \alpha''_A)$  azimutkülönbségre és pedig — a 4. ábra szerint — csökkenti az azimutkülönbséget egy  $\Delta\alpha_H$  keresett értékkel s csupán  $B$  megirányzásánál hat, visszafelé nem. Eszerint

$$(\alpha'_A - \alpha''_A) - \Delta\alpha_H = (\alpha'_A - \Delta\alpha_H) - \alpha''_A = \varrho'' \sin \alpha'_A \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} (\mu - \gamma) \quad (15)$$

Már most

$$\operatorname{tg} (\mu - \gamma) = \frac{\operatorname{tg} \mu - \operatorname{tg} \gamma}{1 + \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \gamma} = (\operatorname{tg} \mu - \operatorname{tg} \gamma) (1 - \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \gamma) = \operatorname{tg} \mu - \operatorname{tg} \gamma$$

és ezért a (14a) egyenlettel lesz:

$$(\alpha'_A - \alpha''_A) - \Delta\alpha_H = \varrho'' \sin \alpha'_A \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \mu - \sin \alpha'_A \operatorname{tg} \delta_1 \frac{H}{s_1} \quad (16)$$

Ha ebből a (6c) egyenletet levonjuk, megkapjuk  $\Delta\alpha_H$ -t:

$$\Delta\alpha_H = \varrho'' \sin \alpha'_A \operatorname{tg} \delta_1 \frac{H}{s_1} \quad (17)$$

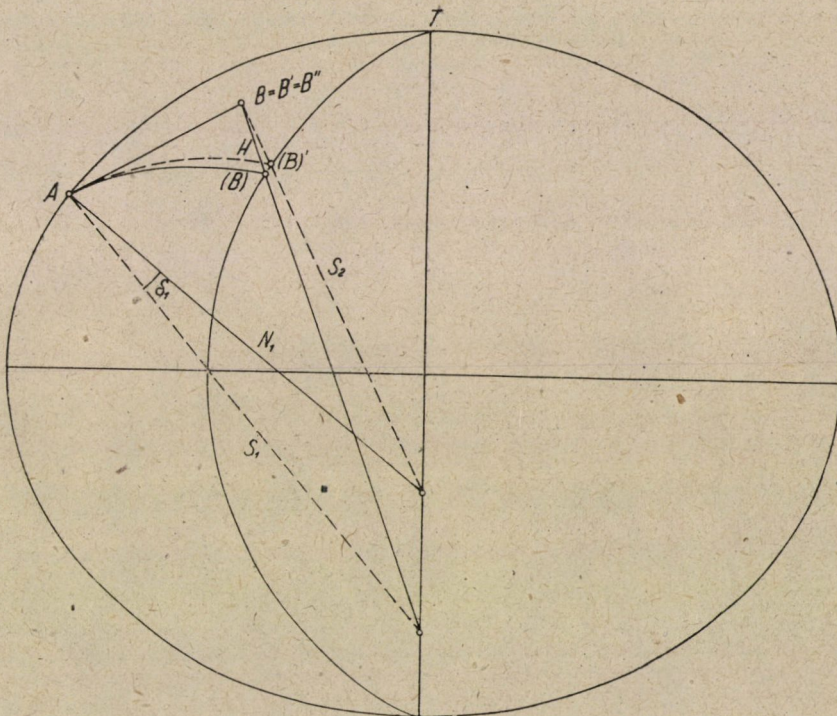
Ha végül a (12) egyenlet szerint bevezetjük  $\operatorname{tg} \delta_1$ -et, azonnal kiadódik a következő, a szakirodalom körülményes levezetéseiből ismert összefüggés:

$$\Delta\alpha_H = \varrho'' \frac{H}{N_1} \eta_1^2 \left( \sin \alpha'_A \cos \alpha'_A - \frac{s_1}{2N_1} \sin \alpha'_A \operatorname{tg} \varphi_1 \right) \dots \quad (18)$$

A (15) egyenlet alapján egyébként közvetlenül megadható, hogy odavisszairányzás közben mikor nem lép fel azimutkülönbség: 1. ha  $\alpha'_A$  zérussal egyenlő, tehát a meridiánban; 2. ha  $\operatorname{tg} \delta_1$  zérussal egyenlő, vagyis ha mindkét pont egy parallelkörön fekszik; 3. ha  $\operatorname{tg} (\mu - \gamma)$  zérussal egyenlő, ha tehát a megirányzott pont a másik pont érintő síkjában fekszik. Ezt az utóbbi esetet

ábrázolja a 4. ábra ; ebben a 3. ábra  $B, B'$  és  $B''$  pontjai egy ponttá esnek egybe. Ha  $H$  még nagyobb, úgy a (15) egyenletben  $\gamma > \mu$  és így a magasság által okozott korrekció :  $\Delta\alpha_H > (\alpha_A - \alpha_A'')$ . Ebben az esetben az ehhez a magassághoz tartozó  $(\alpha_A - \Delta\alpha_H)$  azimut kisebb lesz  $\alpha_A''$ -nél.

Végül, hogy a két normálmetszetnek magának egymásközi legnagyobb távolságát meghatározhassuk, elegendő, ha a két ellipszismetszetnek az  $A$ -ban tangenciális síkra való vetületeinek első felét vesszük tekintetbe. Ezeket céljainknak tökéletesen megfelelő módon körívként foghatjuk fel. Ekkor a két



4. ábra

érintő által bezárt  $(\alpha_A' - \alpha_A'')$  szög kétszer akkora, mint a körívek felezőpontjaihoz tartozó két húr közötti szög. Ennélfogva a  $p$  ívmagasság az  $A$  és  $B$  két körívmetszéspontra összekötő vonalától ;

$$p = \frac{s_1}{2} \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_A' - \alpha_A''}{4} \right) = \frac{s_1}{8} (\alpha_A' - \alpha_A'').$$

Ekkor a  $q$  legnagyobb merőleges távolság a (14) egyenlet segítségével :

$$q = 2p = \frac{s_1}{4} (\alpha_A' - \alpha_A'') = \frac{1}{8} \frac{s_1^3}{N_1^2} \eta_1^2 \sin \alpha_A' \cos \alpha_A' - \frac{1}{16} \frac{s_1^3}{N_1^3} \eta_1^2 t_1 \sin \alpha_A' \dots \quad (19)$$



A fentiekből mindenesetre kitűnik, hogy a normálmetszetek szóbanforgó feladatainak a meridiánbeli állótengelyhibára való visszavezetésével a korrekciók számítása, hatásmódja és előjele áttekinthetően, egyszerűen és biztosan elvégezhető, ábrázolható, illetve meghatározható.

## IRODALOM

1. *Helmert* : Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie. I. kötet. (1880). 183—187. o.
2. *Jordan* : Handbuch der Vermessungskunde, III. kötet. 3. kiad. (1890) 355—358. o.
3. *Jordan—Eggert* : Handbuch der Vermessungskunde III/2. kötet. (8. kiadás, 1941.)
4. *Kraszovszkij* : Руководство по высш й г. од зии. том II.
5. *Baeschlin* : Lehrbuch der Geodäsie (1948).
6. *Hrisztov* : Высшая г. одезия (1950).
7. *Ehrenfeucht* : Zur Theorie des Theodolites. Österr. Zeitschr. f. Vermessungswes. 908. 206—210. o.
8. *Baeschlin* : Ableitung einer Formel für den Richtungs- und Höhenwinkelfehler eines Theodoliten unter gleichzeitiger strenger Berücksichtigung von Kollimationsfehler und Horizontalachsenschiefe. Schweiz. Zeitschr. F. Vermessungswes. 1952. 274—278. o. stb.
9. *Näbauer* : Normalschnitt und Gegennormalschnitt auf dem Erdellipsoid. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1944. 2—13. és 26—33. o.
10. *Grossmann* : Reihenentwicklungen zur Theorie der Vertikalschnitte. Zeitschr. f. Vermessungswes. 1935. 33-46. o.
11. *Tiensta* : The normal section of the ellipsoid. Bulletin Géodésique, 19. füzet (1951) 7—21. o.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL előadásához

HOMORÓDI LAJOS

Vannak a geodéziában, mint más tudományágban is problémák, melyek megoldására ismételten visszatérnek, nem mintha hiányoznék egy megoldás, hanem azért, mert az ismeretek vagy hosszadalmasak és bonyolultak, vagy mert közelítők lévén, a közelítés fokával szemben merülnek fel aggályok, vagy végül mert a fejlődő számítási technikához a meglévők nem alkalmazhatók közvetlenül.

A levezetések bonyolult volta a geodéziában igen nagy hátrány, mivel a formulákat gyakorlati emberek használják, akik a matematika köznapi nyelvén fogalmazott tételeket kedvelik csak. De épp mert gyakorlati emberek, mindenkor tudni kívánják azt, hogy a képlet, melynek közelítő volta kétségtelen, adott esetekben mennyire simul a valósághoz.

A gyakorlat e két követelményével indokolta a maga levezetését Tienstra is, aki legutóbb — a múlt évben — foglalkozott ezzel a kérdéssel. Az általa használt differenciál-geometriai tételekről azonban nem lehet elmondani, hogy a gyakorló mérnök nyelvén szólnának e kérdéstről. Ugyanez mondható Baeschlin csak valamivel régebbi levezetéséről is, ezenkívül a felületi görbe kísérő triéderének egységvektorai segítségével felírt végképlete csak addig egyszerű, amíg a vektorokat nem fejtjük ki Descartes-féle koordinátákkal, ez pedig elkerülhetetlen, ha a feladatot számszerűen akarjuk megoldani.

Az elhangzott előadásban ismertett levezetés azt hiszem teljes mértékben kiküszöböli az eddigi megoldásoknak az alkalmazott matematikai eszközökből folyó nehézségét, hiszen olyan tételekre támaszkodik, melyek nemcsak a felső-geodéziával foglalkozók előtt ismertek, hanem az alsógeodéziai kézikönyvekben is fellelhetők. S itt ki kell emelnem, hogy Tárczy-Hornoch professzor vizsgálatai még e vonatkozásban is tartalmazznak újat, amikor kimutatja, hogy a teodolit álló és fekvő tengelyének hibáitól eredő hatás eddig használt képletei nem elég szabatosak s azonnal megadja a pontos kifejezéseket is.

Levezetése azonban nemcsak a gyakorlati ember nyelvén szól az azimut-korrektúra kérdéséről, hanem ezen túlmenően két vonatkozásban érdekesen ki is bővíti eddigi ismereteinket erről a kérdéstről. Az egyik az, hogy kiderül, az azimut-eltérés nemcsak akkor zérus, ha a műszerállás és irányzott pont ugyanabban a meridiánban vagy ugyanazon a párhuzamos körön van, hanem minden irányban zérus lehet, ha az irányzott pont a műszerálláspont érintő síkjában van. Ezzel függ össze a másik új vonás a levezetésben, hogy t. i. minden külön fejtegetés nélkül az azimut és ellenazimut különbségének képletéből következik annak a második korrekciónak értéke is, mellyel irányméréseinket az ellipszoidra való átvitelkor megjavítjuk s amely az irányzott pont ellipszoid-feletti magasságától függ.

A kérdés újszerű beállítása, könnyed levezetése és eddig nem ismert megállapításai nyomán érdeklődéssel várjuk Tárczy-Hornoch professzor további ezirányú vizsgálatait.

## RÉDEY ISTVÁN

Az új magyar elsőrendű háromszögelési hálózat befejezés előtt álló mérési munkája időszerűvé teszi azt, hogy minél behatóbban foglalkozzunk a szükségessé váló számítások kérdésével. Ma még ezeket a számításokat — a mérések elvégzett redukciói után — a tengerszint magasságában képzelt forgási ellipszoidon kell elvégezni. Kétségtelen, hogy minden olyan javaslat vagy újítás, amely az ellipszoidon való számítás kérdéseit jobban megvilágítja, áttekinthetőbbé vagy egyszerűbbé teszi, ma igen nagy jelentőségű, mert ezzel a jövőben elvégezendő munkálatok válnak szemléletesebbé, könnyebben elvégezhetővé.

Ebből a nézőpontból örömmel kell üdvözölnünk Tárczy-Hornoch Antal újszerű interpretálási módját, amellyel szemléletes utat mutat ahhoz, hogy a forgási ellipszoidon miként lehet kiszámítani a konjugált normálmetszetek között az azimut-különbséget. Az előadó erre a célra a teodolit állótengelyének ferdeségi hibájából adódó javítás értékét használja, ami már csak azért is szerencsés gondolat, mert a teodolittal kapcsolatos kérdéseket általánosabban ismerik. Oktatási szempontból szabadjon még mint oktatónak elismeréssel adóznom azért az összeállításért is, amelyben össze van gyűjtve az, hogy az egyes kutatók milyen különféle úton igyekeztek eljutni ahhoz a javítási értékhez, amelyhez az itt ismertetett legújabb számítási módszer is vezet.



# A DINAMIKAI MAGASSÁGRÓL

RÉDEY ISTVÁN

## Bevezetés

*Magasság* alatt a térképészet mindig függővonalon mért távolságot ért és pedig mindaddig, amíg a Föld térképezéséről van szó, a Föld erőterében kell egy földi függővonalon a magasságot mérni. A geodéziában szereplő magasság elnevezésű értékek között azonban mégis van egy, amely *Vogler* professzor javaslatára [1] a *dinamikai magasság* elnevezést viseli, bár a Föld erőterében sehogyan sem értelmezhető mint magasság, vagyis mint földi függővonalon mért távolság. Ezért ennek értelmezése magasságként csak egy képzelt — a valóságban nem létező — erőterben volt lehetséges. Célszerűnek mutatkozik tehát a dinamikai magasság értelmezését és számítási módját akként meghatározni, hogy ez az érték is értelmezhető legyen a Föld erőterében valóban mint magasság, vagyis mint egy földi függővonalon mért távolság.

A dinamikai magasság az egyetlen olyan pontjellemző, amely megmutatja azt, hogy mikor van két pont egy és ugyanazon a szintfelületen. A térképeken szereplő jelenlegi magassági értékek alapján ugyanis nem tudjuk eldönteni azt, hogy mikor van két egymástól távol fekvő pont egy és ugyanazon a szintfelületen, illetve, hogy melyik ponton átmenő szintfelület fekszik magasabban akkor, ha ezek a pontok nem azonos szélességi vonalon fekszenek és közöttük nem túlságosan nagy a magasság különbség.

### 1. §. *A magasságkülönbségek vonatkozási pontjai*

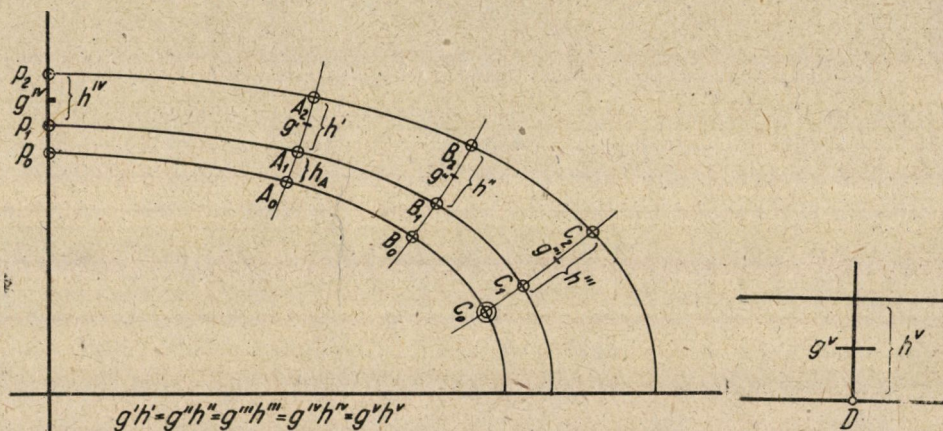
Két pont — például az  $A_1$  és  $B_2$  — magasságkülönbsége alatt a két ponton átmenő két szintfelület egymástól vett távolságát értjük (1. ábra). Ha a szintfelületeket egymással párhuzamosaknak tekintjük, mint ahogyan azt az alsó geodézia teszi, akkor a szintfelületek egymástól vett távolsága mindenhol egyenlő, s így teljesen közömbös az, hogy hol mérjük meg a függővonalon ezt a távolságot. Ámde a valóságban a szintfelületek nem párhuzamosak egymással és így szabatos mérések, illetve nagy magasságkülönbségek esetén, a magasság-

különbség értéke más és más lesz aszerint, hogy hol mérjük a két szintfelület között a függővonalon a távolságot. Azt a pontot, amelyen átmenő függővonalon mérjük a szintfelületek magasságkülönbségét, *magassági vonatkozási* (referencia) *pontnak* nevezzük.

Ezt a függőleges távolságot általában mérhetjük:

1. A szóbanforgó pontok valamelyikén átmenő függővonalon. (Például ez az  $A_1$ -nél  $h'$ , a  $B_2$ -nél  $h''$ , mikor is általában  $h'' \neq h'$ ).

2. Az országos magassági főalapponton átmenő függővonalon. (Legyen például az országos magassági főalappont a  $C_0$  pont, akkor ennek függővonalán az  $A_1$  és  $B_2$  pontok magasságkülönbsége  $h^{III}$ ).



1. ábra

3. Valamely más közösen elfogadott és pontosan meghatározott földi ponton. (Legyen például ez a közösen elfogadott pont a  $P_0$  pont, akkor ennek függővonalán az  $A_1$  és  $B_2$  pontok magasságkülönbsége  $h^{IV}$ .)

4. Valamely közelebről meg nem határozott, illetve valamely a valóságban nem létező ponton, amelynek függővonalán azonban a nehézségi gyorsulás változását pontosan megadjuk. (Legyen például egy ilyen, a valóságban nem létező pont a  $D$  pont s legyen ennek függővonalán, illetve erőterének ezen a ponton átmenő ortogonális trajektóriáján az  $A_1$  és  $B_2$  pontok magasságkülönbségének megfelelő érték  $h^V$ .)

Bárhon mérjük is a magasságkülönbségeket, az nem kétséges, hogy mikor ezek értéke a tényleges szintfelületek — tehát munkafelületek — valódi alakjától függ, akkor ezek értéke nem lehet független a nehézségi erő munkájától, a nehézségi erő potenciáljától sem. Ebből következik, hogy ha a magasság vagy magasságkülönbség számításánál nem a földi erőter valódi nehézségi erejével — illetve valódi nehézségi gyorsulásával — számolunk, akkor a számításunk nem illeszthető bele a földi erőterbe s így a kapott magasságkülönbség nem a Földre, hanem

valami el nem érhető képzelt erőterre vonatkozik. Ez a megállapítás minden esetben igaz.

Szögezzük még le azt, hogy amikor a két ponton átmenő szintfelület egyike a középtengerszintet kijelölő valamely  $C_0$  ponton átmenő szintfelület, akkor a két pont magasságkülönbségét *tengerszintfeletti magasságnak* nevezzük. Ha ez esetben az 1. alatt említett módon, vagyis a szóbanforgó ponton átmenő függővonalon mérjük a geoid és a szóbanforgó ponton átmenő szintfelület távolságát, akkor a pont úgynevezett *ortométeres magasságát* kapjuk. (Például az 1. ábrán az  $A_1$  pont ortométeres magassága  $h_A$ .)

A 2. alatt említett mód alkalmazása, vagyis a szintfelületek magasságkülönbségének az országos magassági főalapponton átmenő függővonalon való mérése ma nem szokásos. Ezek az országos magassági főalapponton átmenő függővonalra vonatkoztatott magasságok a szóbanforgó országra nézve *dinamikai magasságok* lennének, mert az alkalmazási területen, az országon belül az azonos szintfelületen fekvő pontoknak azonos ilyen értelemben vett magassági értékük lenne. Ilyen értelemben vélte megoldhatónak a dinamikai magasságok számítását Svájcban *Baeschlin*, mikoris a vonatkozási pont a Genf melletti *Pierre de Niton* lett volna [2]. Erre vonatkozó számítások azonban az irodalomban nem találhatók.

A 3. pont alatt említett módnál közös megállapodással elfogadunk egy szabatosan meghatározott pontot és minden magasságot erre vonatkoztatunk. Ekkor olyan dinamikai magasságokat kapunk, melyeket egységesen, mindenhol össze lehet hasonlítani. Ha ez a pont a Föld északi pólusa, s a magasságokat egységesen az ezen átmenő függővonalra, vagyis a Föld forgástengelyére vonatkoztatjuk, akkor a *Föld forgástengelyére redukált magasságokat* kapjuk [3].

A 4. pont alatt van megemlítve a jelenleg használatos módszer. Ezzel két különböző alakban találkozunk. Mindkét módszer közös vonása először az, hogy a Földön nem jelölhetjük ki azt a pontot, amelyiken átmenő függővonalra a magasságok vonatkoznak, másodsor pedig, hogy a magassági értelemben vett pontjellemzők egy olyan *képzelt* erőterre vonatkoznak, amelyben mindenhol *állandó* a nehézségi gyorsulás értéke. Az első módszernél a nehézségi gyorsulás értékét a normális nehézségi gyorsulás képletéből a  $45^\circ$  szélesség és 0 m tengerszintfeletti magasságra kiszámítjuk és a kapott értéket tekintjük a képzelt erőtér állandó nehézségi értékének, vagyis ezzel számolunk minden szélességnél és minden magasságnál is. Ilyen értékkel számol *Baeschlin* [2] és *Niethammer* [4] Svájcban, *Májay Péter* pedig a magyarországi felsőrendű szintezéseknél [5]. Ennek az eljárásnak az egyik jellemzője a már említettekén kívül az, hogy amíg az így számított dinamikai magasságok a  $45^\circ$  szélesség és 0 m tengerszintfeletti magasság esetén kevéssé térnek el az ortométeres magasságoktól, addig a  $45^\circ$  szélességtől és a 0 m magasságtól távolodva az eltérések fokozatosan növekednek. Ezeket az eltéréseket akarja megelőzni *Ledersteger* akkor, amikor az erőtér állandó nehézségi gyorsulásának a szóbanforgó területen vagy országban elő-



forduló nehézségi gyorsulások számtani közepét veszi [6] [7]. Tehát Ledersteger is egy állandó nehézségi gyorsulással számol egy képzelt erőterben, de a módi szerével kapott dinamikai magasságok nem térnek el túlságosan az ortométeres magasságoktól. Elvileg a képzelt erőterben a nehézségi gyorsulásnak ezt az állandó értékét hármekkorának választhatjuk. Lehet az 100, 200, 500, 1000 és 2000 is, tehát nemcsak valami 980 körüli érték. Ez kizárólag csak nagyságrendi kérdés, elméletileg mindegyik felvétel egyenértékű.

A különféle módszerekkel kapott magasságkülönbségek között az össze függést a

$$g^I \cdot h^I = g^{II} \cdot h^{II} = g^{III} \cdot h^{III} = g^{IV} \cdot h^{IV} = \dots$$

egyenletek adják meg. Ezek világosan mutatják, hogy a lineáris, a geometriai magasságkülönbségek, a »h« értékek között annál nagyobb az eltérés, mennél jobban különböznek egymástól a függővonalak megfelelő pontjaiban a nehézségi gyorsulás értékei.

A magasságok vonatkozási pontja tehát lehet valóságos földi pont és lehet valami képzelt, a valóságban nem létező pont. Jelenleg a dinamikai magasságok számításánál képzelt vonatkozási pontokat használnak. Nem kétséges, hogy a dinamikai magasságok számításánál is célszerűbb vonatkozási pontul valóságos földi pontot választani.

## 2. §. *A magasságkülönbségek változása a földi erőterben*

A magasságkülönbségek vonatkozási pontjának megválasztása mellett el kell még döntenünk azt, hogy milyen legyen az az erőter amelyben a magasságkülönbségeket meg akarjuk adni. Földi vonatkozási pontok esetén az erőter kérdése nem kétséges: itt erőternek csak a földi nehézségi erő valóságos erőterét választhatjuk. Képzelt vonatkozási pontok esetén az erőter is lehet képzelt, vagyis azt bármilyennek feltételezhetjük. Az eddigi gyakorlatban az volt az eset, hogy ezt a nemlétező erőteret olyannak képzelték melyben a hatóerő, illetve a nehézségi gyorsulás mindenütt pontosan ugyanaz. Ezt az állandó nehézségi gyorsulást — mint láttuk — általában a normális nehézségi gyorsulás képletéből  $45^\circ$  földrajzi szélességre és 0 m tengerszintfeletti magasságra számított értéke,  $\gamma_{45^\circ 0m}$  képezi. Ennek következtében ennél a módszernél a dinamikai magasságkülönbség számításakor minden földrajzi szélesség és bármely tengerszintfeletti magasság esetén a nehézségi gyorsulást változatlanul ugyancsak a  $\gamma_{45^\circ 0m}$ -nek tekintik. Ez egy olyan kényszer, hogy emiatt az ilyen módon számított értékek tulajdonképpen nem felelnek meg azon követelményeknek, amelyeket a dinamikai magassággal szemben támasztunk. Ennek megvilágítása céljából foglalkozni kell azzal, hogy a magasságkülönbségek hogyan változnak a földi erőterben.

A nehézségi erőnek, illetve a nehézségi gyorsulásnak az értéke a Föld felületén főként a földrajzi szélességtől és a tengerszintfeletti magasságtól függ. Válasszuk szét ezt a két tényezőt és fejezzük ki a nehézségi gyorsulás értékét a tengerszint magasságában, mint a földrajzi szélesség függvényét. Ez a kifejezés a nehézségi erő, illetve a nehézségi gyorsulás *normális értékét* adja. Ilyen normális érték nagyon sokféle van, aszerint, hogy milyenek tekintjük ezt a függvénykapcsolatot. A képlet általános alakját a szabályos tömegelrendezésűnek és így szabályos alakúnak képzelt Földre vonatkozólag *Clairaut* munkájában találhatjuk [8]. A magyar értékek számításánál *Májay* a normális nehézségi gyorsulásnak azt a képletét vette figyelembe, melyet *Helmert* 1901-ben adott meg [9], míg *Baeschlin* a svájci értékek számításánál az ugyancsak *Helmerttől* származó 1915. évi képletet alkalmazta [10].

Ennek következtében a  $\gamma_{45^\circ 0m}$  értékét a képzelt erőterben *Májay* 980,616 gálnak, *Baeschlin* pedig 980,629 gálnak tekintette a tér bármely helyén és bármilyen magasságban. Az »Union géodésique et géophysique internationale« az 1930 évi, Stockholm-ban tartott ülésén az alanti képletet fogadta el a normális nehézségi gyorsulás nemzetközi értékére a tengerszint-magasságban [11]:

$$\gamma_{45^\circ 0m} = 978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

Ebből a képletből  $\gamma_{45^\circ 0m}$  értéke 680, 6294-nek adódik, tehát milligal pontossággal ugyanazon értéknek, mint amivel *Baeschlin* számolt. Egyébként ennek a nemzetközi képletnek az alapján kiszámították a normális nehézségi gyorsulási értékeket fokról-fokra a tengerszint magasságában. Ezeket az értékeket az olasz *Gino Cassinis* közölte [12]. Összeállítása az 1. számú táblázaton látható.

Ezek az értékek a tényleges értékeknek csak a megközelítői. A Földet a tömegelrendezés tekintetében bizonyos fokig idealizálják, mert feltételezik azt, hogy a Föld erőfüggvényének a normálisok irányában vett első differenciálhányadosai, vagyis a  $\gamma$  értékek, a szélességi vonalak mentén állandók és az egyenlítőttől a sarkok felé haladva a  $\gamma$  értékek változása valóban mindenhol a megadott törvényszerűséget követi. Ez a valóságban nincsen így. A mutatkozó eltéréseket nevezzük *nehézségi zavaroknak*.

A nehézségi erőnek a változását a tengerszintfeletti *magasságtól* függően ugyancsak szabályosnak tételezzük fel akkor, ha csak a szabad légrétegen haladunk keresztül. A változást kifejező redukáló képletet *Stokes*, majd később *Faye* használta számításainál ezért nevezik a képletekből adódó értékeket *Faye-féle redukcióknak* is [13]. Ennek alakja :

$$\gamma_0 - \gamma = + 0,3086 \cdot h \text{ milligal}$$

mikor is a képletbe a »h« értékét méterekben kell behelyettesíteni. Abban a mintegy 10 km széles légrétegben, amelyben földi magasságkülönbségeket mérünk, hasonló viszonyok között feltételezhetjük, hogy a tényleges nehézségi gyorsulás is eme változási törvényt követi.

## 1. TÁBLÁZAT

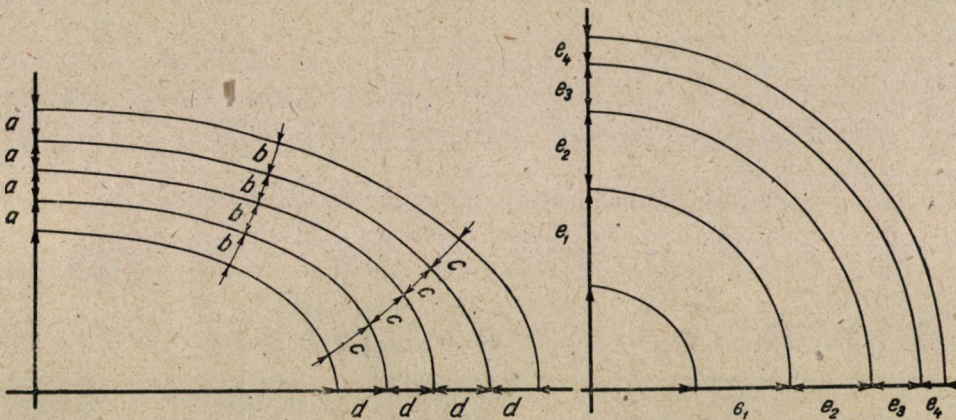
A Stockholmban 1930-ban elfogadott nemzetközi képletből számított normális nehézségi gyorsulásértékek

$$\gamma_{g,0} = 978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,000,0059 \sin^2 2 \varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

$\varphi$	$\gamma$ cm sec <sup>-2</sup>	Diff. milligal	$\varphi$	$\gamma$ cm sec <sup>-2</sup>	Diff. milligal	$\varphi$	$\gamma$ cm sec <sup>-2</sup>	Diff. milligal
0°	978,049.0		30°	979,337.8		60°	981,923.9	
1°	,050.6	1,6	31°	,416.6	78,8	61°	982,001.5	77,6
2°	,055.3	4,7	32°	,496.8	80,2	62°	,077.4	75,9
3°	,063.1	7,8	33°	,578.5	81,7	63°	,151.5	74,1
4°	,074.1	11,0	34°	,661.4	82,9	64°	,223.8	72,3
5°	,088.1	14,0	35°	,745.6	84,2	65°	,294.1	70,3
6°	,105.3	17,2	36°	,830.8	85,2	66°	,362.5	68,4
7°	,125.5	20,2	37°	,917.0	86,2	67°	,428.7	66,2
8°	,148.7	23,2	38°	980,004.1	87,1	68°	,492.7	64,0
9°	,175.0	26,3	39°	,092.0	87,9	69°	,554.5	61,8
10°	978,204.3	29,3	40°	980,180.5	88,5	70°	982,613.9	59,4
11°	,236.5	32,2	41°	,269.6	89,1	71°	,670.9	57,0
12°	,271.6	35,1	42°	,359.1	89,5	72°	,725.4	54,5
13°	,309.6	38,0	43°	,449.0	89,9	73°	,777.4	52,0
14°	,350.4	40,8	44°	,539.2	90,2	74°	,826.7	49,3
15°	,394.0	43,6	45°	,629.4	90,2	75°	,873.4	46,7
16°	,440.3	46,3	46°	,719.7	90,3	76°	,917.3	43,9
17°	,489.3	49,0	47°	,809.8	90,1	77°	,958.5	41,2
18°	,540.9	51,6	48°	,899.8	90,0	78°	,996.8	38,3
19°	,595.1	54,2	49°	,989.4	89,6	79°	983,032.2	35,4
20°	978,651.7	56,6	50°	981,078.7	89,3	80°	983,064.7	32,5
21°	,710.7	59,0	51°	,167.3	88,6	81°	,094.2	29,5
22°	,772.1	61,4	52°	,255.4	88,1	82°	,120.7	26,5
23°	,835.7	63,6	53°	,342.7	87,3	83°	,144.1	23,4
24°	,901.5	65,8	54°	,429.1	86,4	84°	,164.5	20,4
25°	,969.4	67,9	55°	,514.6	85,5	85°	,181.8	17,3
26°	979,039.4	70,0	56°	,599.0	84,4	86°	,196.0	14,2
27°	,111.3	71,9	57°	,682.2	83,2	87°	,207.1	11,1
28°	,185.0	73,7	58°	,764.2	82,0	88°	,215.0	7,9
29°	,260.6	75,6	59°	,844.8	80,6	89°	,219.7	4,7
30°	979,337.8	77,2	60°	,923.9	79,1	90°	983,221.3	1,6



Tekintsünk el egyelőre a nehézségi zavaroktól — melyek figyelembevételének módját egyébként Májay Péter [5] alatt említett munkája igen világosan mutatja — és tételezzük fel azt, hogy a nehézségi erő úgy vízszintes, mint magassági értelemben a fent elmondott törvényszerűségeket követi. Számítsuk ki azt, hogy ezen feltételek mellett az egyenlítőn felvett egyenlő — mondjuk 100 méteres — rétegmagasságoknak mekkora rétegmagasságok felelnek meg a Föld más részein. A számítás eredményeként azt fogjuk találni, hogy egyenlő rétegmagasságoknak gyakorlatilag a Föld bármely helyén ugyan-csak egyenlő rétegmagasságok felelnek meg. Az eltérés ettől a törvényszerűségtől



2. ábra

1000 méter magasságkülönbség esetén még nem tesz ki 1 millimétert sem az egyenlítő és a pólus között, mikor is a mutatkozó eltérés a legnagyobb. Az egyenlítői 100 méteres rétegmagasságoknak ugyanis a pólusokon 99,474 m-es rétegmagasságok felelnek meg mindenhol az alsó 1 kilométer magasságon belül. A Föld más helyén a rétegmagasságok egyenlőségétől való eltérés még kisebb érték lesz, s az középpértékben kilométerenként 0,1 mm nagyságrendűnek becsülhető. Ez mindenesetre olyan kicsiny érték, melytől minden gyakorlati esetben nyugodtan eltekinthetünk, mert ha a felsőrendű szintezés kilométeres hibáját elsőrendű kicsiny mennyiségnek tekintjük, ennek az elhanyagolásnak a hibája csak másodrendű kicsinynek tekinthető. A rétegek képe tehát ebben az esetben úgy ábrázolható, mint ahogyan az a 2. ábrán baloldalon fel van tüntetve.

Nézzük meg most azt, hogy mi lesz a helyzet ebből a szempontból a dinamikai magasságok eddigi számításainál feltételezett képzelt térben, tehát ahol a nehézségi gyorsulás értéke nem változik, hanem mindenhol állandó. Maradjunk meg a fenti példánál és számítsuk ki a 100 méteres egyenlítői rétegeknek a képzelt erőterben megfelelő rétegmagasságokat, ha az ott szereplő állandó nehézségi gyorsulást  $980,616 \text{ cm sec}^{-2}$ -nek tételezzük fel. Jelöljük ezeket  $z_1, z_2 \dots z_{11} \dots$ -el. Azt fogjuk találni, hogy

$$\begin{aligned}
 z_1 &= 99,738 \text{ m} \\
 z_2 &= 99,735 \text{ m} \\
 z_3 &= 99,732 \text{ m} \\
 &\dots\dots\dots \\
 z_{11} &= 99,707 \text{ m} \\
 &\dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

Látjuk tehát, hogy egy olyan képzelt erőterben számított dinamikai magasságok, ahol a nehézségi gyorsulás állandó, nem foghatók fel a Föld erőterében mint magasságok, mert itt a mérés adta egyenlő rétegmagasságoknak nem egyenlő rétegmagasságok felelnek meg, hanem olyanok, amelyek a magasság növekedésének megfelelően állandóan csökkennek. A rétegmagasságok ezen elrendezését torzítva a 2. ábra jobboldala mutatja. A rétegmagasságok közötti különbség már 1000 m magasságkülönbség esetén kerekén 30 mm ( $z_1 - z_{11} = 31$  mm), azaz 3 cm 100 méterre, vagyis egy olyan nagy érték, amely már a gyakorlati munkáknál sem elhanyagolhatóan kicsiny. Ebből következik, hogy egy ilyen állandó nehézségi gyorsulással bíró képzelt erőter alkalmazása sem elméletileg, sem pedig gyakorlatilag nem mondható kívánatosnak. Az erőter felépítését tekintve tehát a legmegfelelőbb az, ha megmaradunk abban az erőterben, amelyben élünk s, amelyben gyakorlatilag a magasságokat valóban mérjük.

Ezt ugyan még teljesen nem ismerjük, de ma már annyira meg tudjuk közelíteni, hogy ez a közelítés is sokkal jobb eredményeket ad a valóság számára, mint az eddig használt képzelt, a valóságban nem létező erőter. A fejlődésnek csak így nyithatjuk meg az útját, mert az állandónak lerögzített érték nem fejlődőképes és nem alkalmazkodik a változó valósághoz.

### 3. §. *A dinamikai magasság korszerű számítási módja*

Korszerű dinamikai magasságot csak akkor tudunk számítani, ha a vonatkozási pontot is és az erőteret is korszerűen választjuk. Az eddig elmondottak ezt a választást nem teszik kétséggé: vonatkozási pontul mindig egy valóban létező földi pontot kell választani, s dinamikai magasságnak azon pont magasságát kell tekinteni, melyben a szóbanforgó ponton átmenő szintfelület a vonatkozási pont függővonalát metszi, az erőterben pedig a nehézségi erőnek, illetve a nehézségi gyorsulásnak a változása minél jobban közelítse meg a valóságot.

Ennek megfelelően, ha kis területről van szó, akkor ennek középpontja táján fekvő egyik magassági alappontot választhatjuk vonatkozási pontnak, ha pedig olyan dinamikai magasságokat akarunk kapni, amelyek az egész világon egységesen összehasonlíthatók, akkor legcélszerűbben az északi sarkot választjuk vonatkozási pontnak. Ennek függővonalán a nehézség változását lineárisnak tételezzük fel a szabadlevegőn haladó szakaszon, a Faye-féle redukció értelmében. A kapott dinamikai javításokat, melyekkel az ortométeres magasságokat meg



kell javítani, hogy ezeket a dinamikai magasságokat kapjuk. *Baeschlin* számításai nyomán [2] D. K.-val (*Dinamikai Korrekció*) jelöljük.

Az északi sarkot azért célszerű az egész világra nézve vonatkozási pontnak választani a dinamikai magasságokhoz, mert az ezen átmenő függővonal igen közel egyenes kell legyen és ezért az a rajta végzendő magasságmérésekre elméletileg rendkívül alkalmas. Ugyancsak elméletileg a Föld északi féltekéjén eme pontban a legnagyobb a tengerszint magasságában a nehézségi gyorsulás, illetve a nehézségi erő. Ebből kifolyólag két szintfelület közötti távolság ebben a függőlegesben a legkisebb. Egy tetszőleges szintfelület összes pontjai közül — legalább is elméletileg — annak a pontnak a legkisebb a tengerszintfeletti (ortométeres) magassága, amelyik pontban ez a szintfelület a Föld forgástengelyét metszi. Ha tehát ezt a magasságot tekintjük dinamikai magasságnak, akkor a dinamikai korrekció (D. K.) a Föld minden pontján negatív, vagyis annak értékét az ortométeres magasságból mindenhol le kell vonni. Így az előjel kérdése itt igen egyszerű és megnyugtató elintézését nyer. (A képzelt térben végzett jelenlegi számításoknál a tengerszint magasságának közelében  $45^\circ$ -tól északra a dinamikai javítás pozitív,  $45^\circ$ -tól délre pedig negatív. Az előjel kérdését azonban itt a magasság is befolyásolja, úgy, hogy  $45^\circ$  szélesség közelében minden esetben külön meg kell határozni az előjelet.)

Meg kell még jegyezni azt, hogy ezen — és csakis ezen — a függővonalon a Föld forgásából származó centrifugális erő értéke zérussal egyenlő. A dinamikai magasságokat tehát a Föld forgástengelyére számítjuk úgy, hogy feltételezzük azt, hogy ezen a függővonalon a nehézségi gyorsulás a Faye-féle redukció értelmében a magassággal arányosan változik. Ez a feltevés ezen a függővonalon ma még teljesen jogosultnak látszik.

A dinamikai javítás számítását *Baeschlin* a képzelt erőterben a következő képlet alapján végzi ;

$$D. K. = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_{ti} - \gamma_{45^\circ, Om}}{\gamma_{45^\circ, Om}} \Delta h$$

Ha a dinamikai magasságokat a Föld forgástengelyére számítjuk a valódi földi erőterben, akkor ez a képlet a következő alakú lesz :

$$D. K. = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_{ti} - g_{pi}}{g_{pi}} \Delta h.$$

Ahol mindkét képletben  $\Delta h$  jelenti két magassági alappont (elvileg egy műszerállásban a két lécpont, gyakorlatilag azonban legtöbbször két falitárcsa, falicsap stb.) kiegyenlített magasságkülönbségét [14], [15],  $\bar{g}_{ti}$  a szintezési szakasz két végpontján a terepen mért (vagy számított) nehézségi gyorsulás számtani közepét,  $\gamma_{45^\circ, Om} = 980,629 \text{ cm sec}^{-2}$ ,  $g_{pi}$  pedig a  $\Delta h$  magasságkülönbség közép-



pontjának a Föld forgástengelyén megfelelő pontban vett nehézségi gyorsulását jelöli. Ez tehát a magasságok változásának megfelelően változó érték. Ha  $g_{ti}$  értékét a szakaszvégpontokon valóban mért nehézségi gyorsulási értékekből számítjuk, akkor az értelmezésnek megfelelő *valódi dinamikai javítást* kapjuk. Ha pedig ugyanezt az értéket nem mérjük, hanem valamilyen képlet segítségével számítjuk, akkor a *normális dinamikai javítást* nyerjük.

Régebben úgy az orthométeres, mint a dinamikai javítások számításánál általában a nehézségi gyorsulások normális értékeit használták, mert ezek közvetlen megmérése az akkor alkalmazott ingákkal igen nehézkes volt. Ma a korszerű és szabatosan működő graviméterekkel a szükséges értékek rövid idő alatt kielégítő pontossággal meghatározhatók. Nem kétséges, hogy a jövőben a korszerű felsőrendű szintezéseknél nem normális, hanem valódi javításokat fognak számítani.

*Baeschlin* a már ismételt említett munkájában [2] közölt svájci mérések alapján egy-két jellemző szintezési pontra vonatkozólag feltünteti a képzelt erőtérré vonatkoztatott valódi, illetőleg normális redukciókat.

Ezen adatok, illetőleg az elvégzett számítások alapján *Baeschlin* a többek között a következő megállapításokat teszi:

1. A normális ortométeres redukció mindenhol kicsiny, úgy, hogy az ortométeres magasságok mindenütt, minden különösebb elővigyázatosság nélkül közölhetők, illetőleg azok különbségei minden technikai munkálatnál mint valódi magasságkülönbségek foghatók fel.

2. A dinamikai redukció értéke igen nagy, úgy, hogy két szomszédos pont magasságkülönbségénél — ha a pontok magasságai mint dinamikai magasságok volnának adva — már érezhető eltérést mutatnának a valódi magasságkülönbségektől, tehát műszaki munkálatoknál *nem* használhatók.

(A *Helmert*-féle ortométeres hegyi redukciók elmélete — *Baeschlin* szerint — nem egyezik meg a valósággal, úgy, hogy ezeknek a javításoknak nincsen reális értékük.)

Ez utóbbi 2. pont alatti megjegyzés azon képzelt erőtérben számított dinamikai redukcióra vonatkozik, ahol a nehézségi gyorsulás értéke állandó. Rá kell itt még mutatni arra is, hogy ez a képzelt erőtér az azonos függővonalon mért nyers magasságokat sem változtatja arányosan, hanem úgy, mint ahogyan azt a 2. ábra jobboldala mutatja. Például a svájci Bonadur és Reichenau közötti 55,231 m magasságkülönbségű szakasz dinamikai javítása + 7,67 mm. Tételezzük fel azt, hogy ez a szintezési szakasz az egyenlítő mentén a tengerszint magasságban feküdne, ahol a nehézségi gyorsulások számtani közepe  $978,000 \text{ cm sec}^{-2}$  lenne. Ez esetben a dinamikai javítás + 147,52 mm lenne. Ha ugyanezen a helyen a tengerszintje felett 1000 méter magasságban mértünk volna ugyancsak 55,231 m magasságkülönbséget, akkor ennek dinamikai javítása már + 164,93 mm lenne. Ugyanez a redukció 2000 méter magasságban a tenger-

szintje felett ugyanezen a helyen és ugyancsak 55,231 m magasságkülönbség esetén már + 182,33 mm.

Abból a célból, hogy a Föld forgástengelyére redukált magasságokat gyorsan tudjuk számítani a földi erőterben, összeállítottuk táblázatosan azt, hogy ezen az egyenesen a magasság változásával hogyan változik a nehézségi gyorsulás (2. számú táblázat). Ennek alapján egyszerű lineáris interpolálással meg tudjuk határozni a Föld forgástengelyén a nehézségi gyorsulás, normális értékét 0,1 milligal pontossággal.

## 2. TÁBLÁZAT

A nehézségi gyorsulás a Föld forgástengelyén

méter	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	983,2213	983,2182	983,2151	983,2120	983,2090	983,2059	983,2028	983,1997	983,1966	983,1935
100	,1904	,1874	,1843	,1812	,1781	,1750	,1719	,1688	,1658	,1627
200	,1596	,1565	,1534	,1503	,1472	,1442	,1411	,1380	,1349	,1318
300	,1287	,1256	,1225	,1195	,1164	,1133	,1102	,1071	,1040	,1009
400	,0979	,0948	,0917	,0886	,0855	,0824	,0793	,0763	,0732	,0701
500	,0670	,0639	,0608	,0577	,0547	,0516	,0485	,0454	,0423	,0392
600	,0361	,0331	,0300	,0269	,0238	,0207	,0176	,0145	,0115	,0084
700	,0053	,0022	982,9991	982,9960	982,9929	982,9898	982,9868	982,9837	982,9806	982,9775
800	982,9744	982,9713	,9682	,9652	,9621	,9590	,9559	,9528	,9497	,9466
900	,9436	,9405	,9374	,9343	,9312	,9281	,9250	,9220	,9189	,9158
1000	982,9127	982,9096	982,9065	982,9034	982,9004	982,8973	982,8942	982,8911	982,8880	982,8849
1100	,8818	,8788	,8757	,8726	,8695	,8664	,8633	,8602	,8572	,8541
1200	,8510	,8479	,8448	,8417	,8386	,8356	,8325	,8294	,8263	,8232
1300	,8201	,8170	,8139	,8109	,8078	,8047	,8016	,7985	,7954	,7923
1400	,7893	,7862	,7831	,7800	,7769	,7738	,7707	,7677	,7646	,7615
1500	,7553	,7522	,7491	,7461	,7430	,7399	,7368	,7337	,7306	,7275
1600	,7275	,7245	,7214	,7183	,7152	,7121	,7090	,7059	,7029	,6998
1700	,6967	,6936	,6905	,6874	,6843	,6812	,6782	,6751	,6720	,6689
1800	,6658	,6627	,6596	,6566	,6535	,6504	,6473	,6442	,6411	,6380
1900	,6350	,6319	,6288	,6257	,6226	,6195	,6164	,6133	,6103	,6072
2000	982,6041	,6010	,5979	,5948	,5918	,5887	,5856	5825	,5794	,5763

A föld forgástengelyére redukált magasságok számításánál ugyanazon feltevések egyikéből kell elindulnunk, mint amelyet *Baeschlin* tett a dinamikai magasságok számításánál. Ezek szerint a számítás megindításakor a következő 3 eset fordulhat elő ;

1. Egy magassági alappont dinamikai magassága (a Föld forgástengelyére vonatkozó magassága) már ismeretes.

2. Egy magassági alappontnál önkényesen felvesszük a dinamikai magasságot (vagy a dinamikai korrekciót).

3. Egy magassági alappontnál valamilyen feltevés alapján kiszámítjuk a dinamikai magasságot.

A 2. pont alatt említett önkényes felvétel csak abban az esetben alkalmazható, ha csak kis terület pontjainak magassági helyzetét vizsgáljuk. Egyébként rendszeresen valamely tengerparti pontból kiindulva határozzuk meg az  $A$  alappont  $h_A$  dinamikai magasságát. Erről beszíntezünk egy további  $B$  alappontot, mikor is a kapott nyers magasságkülönbség  $\delta_{AB}$ , ennek dinamikai javítása  $(D. K.)_{AB}$ . A  $B$  pont  $h_B$  dinamikai magasságát a következőképpen kapjuk:

$$h_B = h_A + \delta_{AB} + (D. K.)_{AB}$$

Ez az a feladat, mely állandóan jelentkezik a dinamikai magasságok számításánál. Ennek lényege a  $(D. K.)_{AB}$  dinamikai javítás kiszámítása a már bemutatott következő képlet alapján:

$$(D. K.)_{AB} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_{ti} - g_{pi}}{g_{pi}} \cdot \delta_{AB}$$

Számítsunk ki egy számpéldát. Legyen  $h_A = 149,636$  m;  $g_A = 980,786$  gal;  $\varphi_A = 47^\circ 05' 16''$  és a nehézségi zavar értéke az  $A$  ponton legyen  $+ 22$  milligal.  $\delta_{AB} = +57,916$  m;  $g_B = 980,772$  gal

$$\frac{g_A - g_B}{2} = \frac{980,786 - 980,772}{2} \text{ gal} = 980,779 \text{ gal.}$$

Ez a nehézségi gyorsulás a két pont közötti magassági értelemben vett középpontra vonatkozik, tehát az  $A$  pont fölött  $57,916$  m : 2 = 28,958 m-el magasabban fekvő pontra. Az 1. táblázatból interpolálással kapjuk, hogy  $\varphi = 47^\circ 05' 16''$ -nél a normális nehézségi gyorsulás a tengerszint magasságában 980,8177 gal. Ezen a ponton azonban  $+ 22$  milligal a nehézségi zavar, tehát itt a nehézségi gyorsulás legvalószínűbb értékeként  $(980,8177 + 0,022)$  gal = 980,8397 gal-t kell vennünk. Ennek következtében a  $\varphi = 47^\circ 05' 16''$  alatti 28,958 m magasságkülönbségnek a Föld forgástengelyén

$$\frac{980,8397}{983,2213} \cdot 28,958 \text{ m} = 28,888 \text{ m}$$

fog megfelelni. A középpontnak megfelelő pont tehát a forgástengelyen  $149,636$  m + 28,888 m = 178,524 m magasságban van. Ebben a magasságban a forgástengelyen a nehézségi gyorsulás értéke a 2. táblázat alapján 983,1662 gal.



Így a dinamikai javítás értéke a következő lesz ebben az esetben:

$$(D. K.)_{AB} = \frac{980,779 - 983,1662}{983,1662} \cdot 57,916 \text{ m} = -0,1406 \text{ m}$$

Tehát a  $B$  pontnak a Föld forgástengelyére redukált magassága, mely egyszerűsre a  $B$  pont dinamikai magassága is:

$$h_B = h_A + \delta_{AB} + (D. K.)_{AB} = (149,636 + 57,916 - 0,1406) \text{ m} = 207,4114 \text{ m}$$

Abban az esetben amikor a terepen nem mértünk a szintezéssel kapcsolatosan nehézségi gyorsulást, akkor a normális nehézségi gyorsulást kell kiszámítani ugyanolyan módon, mint ahogyan azt számítottuk volna a régi elgondolású dinamikai javításhoz.

Ennek, a földi erőterben tényleges magasságot jelentő értéknek a kiszámítása az azelőtt alkalmazott képzelt erőterben végzett számításához képest pontonként nem jelent 1—2 percnél nagyobb munkatöbbletet, amely nyilvánvalóan a felsőrendű szintezés munkáját figyelembevéve elenyésző csekélység.

*Ily módon tehát egy pontnak a dinamikai magassága alatt azt a távolságot értjük, amely a szóbanforgó ponton áthaladó szintfelület és a Föld forgástengelyének dőféspontjától a tengerszint felületéig terjed, mérve ezt a távolságot a Föld északi pólusán átmenő függővonalon. Ezzel tehát a dinamikai magasságot is valóban magassággá tettük.*

#### IRODALOM

1. *Vogler*: Lehrbuch der praktischen Geometrie. 2. Teil. 1894.
2. *F. Baeschlin*: Untersuchungen über die Reduktion der Präzisions-Nivellements, Bern, 1925.
3. *Rédey I.*: A Föld forgástengelyére redukált magasság. Térképészeti Közlöny, Budapest, 1948. VII. kötet, 1—2. szám.
4. *Th. Niethammer*: Nivellement und Schwere als Mittel zur Berechnung wahrer Meereshöhen. Veröff. d. Schweiz. geod. Kommission, Basel, 1932.
5. *Májay P.*: Az országos elsőrendű szintezésünk orthométeres és dinamikai javításainak számítása. Budapest, 1940.
6. *K. Ledersteger*: Einwägung und Schwere. Berlin, 1940.
7. *K. Ledersteger*: Zur Theorie des geometrischen Nivellements. Berlin, 1941.
8. *A. C. Clairaut*: La théorie de la figure de la terre tirée des principes de l'hydrostatique. Paris, 1743.
9. *F. R. Helmert*: Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau. Berlin, 1901.
10. *F. R. Helmert*: Neue Formeln für den Verlauf der Schwerkraft im Meeresniveau beim Festlande. Berlin, 1915.
11. *W. Heiskanen*: Beobachtung der Schwerkraft. Berlin, 1936.
12. *G. Cassinis*: Tables des valeurs de la pesanteur normale internationale. Bulletin géodésique, 1931, Nr. 32.
13. *F. R. Helmert*: Über die Reduktion der auf der physischen Erdoberfläche beobachteten Schwerebeschleunigungen auf ein gemeinsames Niveau. Berlin, 1902.
14. *Tárczy-Hornoch Antal*: Kiegyenlítő számítás. Sopron, 1951.
15. *Hazay István*: A kiegyenlítő számítás a geodéziai gyakorlatban. Budapest, 1936.
16. *F. R. Helmert*: Die Schwerkraft im Hochgebirge insbesondere in den Tyroleralpen in geodätischer und geologischer Beziehung. Veröffentlichung des Kgl. Preussischen geodätischen Institutes und Centralbureaus der internationalen Erdmessung. Berlin, 1890.
17. *W. D. Lambert*: The reduction of observed values of gravity to sea level. Bulletin géodésique. Nr. 26. 1930.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

RÉDEY ISTVÁN előadásához

MÁJAY PÉTER

Valamely pont magassága alatt geometriai értelmezés szerint értjük az alapul választott szintfelület és a pont közötti távolságot, a ponton átmenő függővonalon mérve. Az így definiált orthométeres magasságok hátránya az, hogy az egyenlő nagyságú orthométeres magasságok az alapul választott szintfelülettel párhuzamos felületet jelölnek ki, nem pedig szintfelületet, vagy más fogalmazásban két szintfelület között az orthométeres magasságok különbsége a helytől függően más és más.

Ismeretes azonban, hogy a nehézségi erő potenciálja a szintfelületeken állandó, tehát állandó az alapul választott szintfelületre és valamely ponton átmenő másik szintfelületre vonatkozó potenciálkülönbség is. Ha tehát a szintfelületek közötti különbséget valamilyen, a potenciálkülönbséggel arányos mennyiséggel mérjük, akkor az orthométeres magasságok előbbi hátránya kiküszöbölhető. Ezt már akkor is elérnők, ha a potenciálkülönbséget az erő egységével ( $\text{gcmsec}^{-2}$ ) osztanók, mert ekkor olyan egydimenziójú mennyiséghez jutunk, amely jellemzője a két szintfelületnek, amely tehát lineáris mértéke a ponton átmenő szintfelület és az alapul választott szintfelület potenciálkülönbségének. Az így kapott mennyiség azonban nagyon eltér az orthométeres magasságot kifejező számértéktől. Azért, hogy ez az eltérés számszerűleg ne legyen olyan nagy, osztóul nem az erő egységét, hanem vagy az érdekelt területen előforduló nehézségi erők középértékét, vagy egy hasonló nagyságrendű állandó értékét, pl. a normális nehézségi erő  $45^\circ$  földrajzi szélesség alatti értékét használták. Ezt a mennyiséget Vogler tanár után nevezik dinamikai magasságnak. *A dinamikai magasság tehát nem más, mint két szintfelület közötti potenciálkülönbség, osztva egy alapul választott  $g$  értékkel.* Valójában tehát ez a mennyiség nem magasság, nem is két szintfelület közötti magasságkülönbség valamely létező vagy nem létező függő vonalon mérve, hanem egyszerűen a potenciálkülönbség lineáris mérőszáma.

Igaza van az előadónak, hogy ez a mennyiség nem hasonlítható össze akkor, ha az egyes országok más és más állandó  $g$  értékkel osztják a potenciálkülönbséget és valóban igaza van akkor is, amikor a Vogler-féle definíciót olyan pontjellemezőnek tekinti, amelynek nincs magasságértelme, holott technikai szempontokból — itt különösen vízepítési problémákra gondolunk — a dinamikai magasságnak lévén nagyobb jelentősége, szerfelett kívánatos, hogy a dinamikai magasság is magasságfogalmat nyerjen.

Ennek érdekében előadásában a Föld egy ismert pontján, a póluson átmenő függővonalat javasolja összehasonlító alapul egységesen felvenni, amely vonalon a Föld két pontján átmenő két vízfelület kimetszi azt a távol-

ságot, amely már magasságnak tekinthető. Így tehát az azonos nívófelületen levő pontok a pólus függőlegességében mindig azonos mérőszámmal, azonos magassággal jellemezhetők.

Ha az előadó a póluson a tengerszinten levő  $g$  értékkel osztaná a potenciálkülönbséget, akkor a Vogler-féle definíció szerinti elméleti dinamikai magasságot kapná, mivel azonban az osztást az egyes szintfelületeknek megfelelő sarki  $g$  értékkel végzi, a dinamikai magasságnak Vogler eredeti definíciójától eltérő más fogalmazását adja.

Kétségtelenül a Vogler-féle definíció szerinti dinamikai magasságnak az az előnye, hogy az egyes nívófelületek közötti munkaképességet lineáris számmal jellemez, de egyben hátránya, hogy nem magasság jellegű mennyiséget ad.

Ezzel szemben az előadó fogalmazásának előnye, hogy a nívófelületek közötti különbséget a pólus függőlegességében geometriailag érzékelhető mérőszámmal fejezi ki és ez a mérőszám átváltoztatható a Föld bármely pontjára nézve geometriai magassággá is.

Lényegében mind a két mérőszám kétségen kívül megmutatja, hogy két pont közül melyik fekszik az alapul választott felülettől távolabbi szintfelületen.

Igen előnyösnek tarjuk, hogy Rédey egy olyan egységes alapot ad a magasságok összehasonlítására, amely egyértelműen és egyszerűen definiálható. Igen előnyös e mellett a választás mellett az is, hogy az összes dinamikai korrekciók mind egyező előjelűek.

A dinamikai magasságoknak Rédey-féle új értelmezése a fogalom korszerű továbbfejlesztését jelentheti és legfőbb érdemét abban látjuk, hogy a gyakorlati célokból való felhasználásra alkalmasabbá teszi.

#### RENNER JÁNOS

Rédey István kartárs előadásában a felső geodéziának egyik sokat vitatott fontos problémájával, a magassági korrekció kérdésével foglalkozott.

A gyakorlatban általában az ortométeres magasságokat használják, mert ez áll legközelebb a közvetlen szintezési eredményekhez. A normális ortométeres redukciók viszonylag kicsi értékűek és így műszaki munkálatoknál az ortométeres redukcióval nyert magassági adatok mint valódi magasságok foghatók fel.

Kétségtelen, hogy az egyenlő ortométeres magassági pontokat magában foglaló felület, az ú. n. ekviortométeres felület a valóságos szintfelülettől eltér.

A nehézségi erőterben történő munkavégzés szemszögéből azonban a szintfelület az irányadó. A szintfelületen végbemenő elmozduláskor a nehézségi erő nem végez munkát. Ezzel szemben az ekviortométeres felületen van munkavégzés. Elméletileg el lehet gondolni azt, hogyha az ortométeres magasságok alapján terveznek egy csatornát, és a csatorna szelvénye az ekviortométeres felülethez viszonyítva lejt, akkor a szintfelülethez viszonyítva a csatorna ugyanabban az irányban emelkedik, tehát a víz ebben az esetben a csatornán visszafelé folyék.



A Földön a nehézségi erő normális változása az egyenlítőtől a sarkig kb. 5% és ezért az eltérés a szintfelület és az ekviortométeres felület között sem jelentékeny. Ennek következtében a gyakorlati műszaki feladatok megoldásában az ortométeres magasságok felhasználása teljesen helytálló. Mindenesetre azonban figyelemmel kell lennünk arra, hogyha a Föld felületén két pontnak a tengerszint felett ugyanakkora ortométeres magassága van, akkor ezek a pontok általában nincsenek ugyanazon a szintfelületen.

Nagyobb lapultságú égitesten jelentős eltérés is mutatkozhatik a szintfelület és az ekviortométeres felület között.

A szintfelülethez a dinamikai magasság fogalma kapcsolódik. A dinamikai magasság helyes meghatározásának az a kritériuma, hogy az egyenlő dinamikai magasságú pontok ugyanahhoz a szintfelülethez tartozzanak. Ennek a feltételnek többféle számítási eljárással lehet eleget tenni, aszerint, hogy a kérdéses szintfelületnek milyen vonatkozási pont függővonalával keressük a metszését.

Előadó a Föld északi sarkához tartozó függővonalat, tehát a Föld forgástengelyét választja magassági mércének és a kérdéses ponton átmenő szintfelületnek a Föld forgástengelyével való metszéspontját vizsgálja ezen a magassági mércén. Nyilvánvaló, hogy az egyazon szintfelületen levő pontok ilyen módon meghatározott dinamikai magassága is egyenlő. Maga a számítás, miként az előadás végén bemutatott számpélda is mutatja, viszonylag egyszerű.

Ez a meghatározás és a hozzákapcsolódó számítási eljárás elsősorban akkor célszerű, az előadó megjegyzése szerint is, amikor az egész Földre vagy annak nagy részére kiterjedő következtetésekről van szó. Ilyenkor nagy előnyt jelent a redukciónak egységes negatív előjele. Maga a dinamikus redukció abszolút értékben a sarktól az egyenlítő felé haladva növekedik és a mi földrajzi szélességünk alatt kisebb magasságkülönbség esetében is jelentékeny értéket ér el. Ha csak egy ország területére kiterjedő vizsgálatokról van szó, akkor e terület közepe táján fekvő valamilyen alappontot lehet vonatkozási pontnak használni a Föld forgástengelye helyett. Ebben az esetben a mindenkori nehézségi gyorsulás és a vonatkozási pontban ugyanahhoz a magassághoz tartozó nehézségi gyorsulás között jóval kisebb különbség van és ennek következtében a dinamikus redukció is az ország egész területén kisebb értékű, mint abban az esetben, ha az északi sarkot fogadjuk el vonatkozási pontnak.

A dinamikai magassági redukció kiértékelése kétféleképpen történhetik: vagy a nehézségi gyorsulás normális értéke vagypedig a terepen mért nehézségi gyorsulás értéke alapján. Kétségtelen, hogy az utóbbi eljárás a tökéletesebb és közelebb jár a valósághoz, különösen kisebb területre vonatkozó vizsgálatok esetében.

Magyarországon évtizedek óta folynak részletes gravitációs mérések és jelenleg már majdnem az egész ország területén rendelkezésünkre állanak a részletes, gravitációs, részben Eötvös-ingával, részben graviméterrel végzett mérések

eredményei. A múlt évben elvégzett elsőrendű bázismérések és az ennél sűrűbb hálózatban jelenleg is folyamatban levő II.-rendű graviméteres bázismérések vannak hivatva arra, hogy a részletes mérési eredményeket egységes rendszerbe foglalják és így az ország területének legnagyobb részén olyan részletes izoanómália térképet tudunk majd összeállítani, amelyből a nehézségi gyorsulás rendellenességeit néhány tized milligal pontossággal bármely pontra nézve megállapíthatjuk. Ez a pontosság a dinamikai redukció számításához teljesen elegendő. Indokolt tehát, hogy Magyarország területén a dinamikai redukciót a valóságos nehézségi gyorsulás értékek alapján számítsuk ki.

Bár a gyakorlatban leginkább az ortométeres magasságok vannak használatban, elvi szempöngből kellő jelentőséget kell tulajdonítanunk a dinamikai magasságoknak, annál is inkább, mert a tengerszintre vonatkozó ortométeres redukció hegyvidéken kevésbé pontosan számítható ki. A hegyek belsejében ugyanis a nehézségi gyorsulás értékét nem ismerjük elég pontosan és ennek következtében a tengerszinthez viszonyított ortométeres redukció számítása is bizonytalan.

A dinamikai magasságok fogalma a gyakorlat embereihez is közelebb kerül, mihelyt a képzelt erőter helyett a valóságos földi nehézségi erőteret vesszük alapul, miként az előadó is kifejtette. Ezért őszinte örömmel üdvözölhetjük az előadó kezdeményezését, amellyel Magyarországon, a nehézségi erőmérések klasszikus hazájában adott gyakorlati kiértékelési módszert a dinamikai redukcióra.

#### HAZAY ISTVÁN

Rédey kartársunk előadásában a szintfelületek távolságának meghatározására egy újszerű fogalmat adott, amivel valóban geometriai értelmezésben érzékelhetjük azokat a távolságokat, amelyekben az egyes szintfelületek a földmozgás tengelyét átmetszik. Az irodalomban azonban az ortométeres magasságnak épügy, mint a dinamikus magasságnak megvan a maga definíciója, és mind az ortométeres, mind pedig az irodalomból ismert dinamikus magasságnak megvan a maga jelentősége is. Talán nem fejezem ki magam egészen szabatosan, de mégis érzékeltetni tudom, hogyha a régi értelemben vett dinamikai magasságmérésnél két pontpárra azt mondom, hogy mindegyik pontpár két pontja között ugyanaz a dinamikai magasságkülönbség, akkor tulajdonképpen a két pontpár két-két pontja között ugyanazt a munkateljesítmény-készséget tételezem fel.

Ugyanakkor a Rédey kartárs által meghatározott új mérőszámnál mindegyik pontpárra vonatkozó mérőszámot mindig meg kell szorozni a megfelelő »g« értékkel, hogy a munkateljesítményképességet összehasonlíthassuk. Mindenesetre ennek a régi dinamikai magasságkülönbségnek is megvan az értelme, és feltétlenül megvan a jelentősége a Rédey István által bevezetett új mérőszámnak is.

Tekintettel erre, az a javaslatom, hogy az előadó az új mérőszámnak a dinamikai magasságtól eltérően, adjon valami új elnevezést, mert a dinamikus magasságnak kétféle értelmezése — amikor az eredeti dinamikus magasság tényleg dinamikus jellegű — zavart okozhat a későbbiekben. Az ortométeres és dinamikus magasság mellett talán lehetne egy harmadik alkalmas elnevezést találni, hogy később az irodalomban ne legyen ezzel kapcsolatban félreértés.



# AZ IZOSZTATIKUS ANOMÁLIÁK ÉS A HEGYSÉG- KÉPZŐDÉSI VERGENCIÁK ÖSSZEFÜGGÉSE

SCHIEFFER VIKTOR

Az utóbbi években tartott izosztáziai vonatkozású tanulmányokban [1], [2] a földkéreg egyes zónáinak epirogenetikus jellegű mozgásait vizsgáltam.

Ezúttal az orogenetikus, nagyjából vízszintes irányú kéregmozgásokat vizsgáljuk a földkéreg izosztatikus egyensúlyba jutási törekvésével kapcsolatban.

»Izosztázia« című előadásomban [2] a következőképpen utaltam mai értekezésem tárgykörére :

»Az Appenninek takaró-redőinek a keletkezése az izosztatikus egyensúlyba való törekvésnek egy orogén időszakba eső fázisát mutatja. Úgy a modern olasz, mint más külföldi geológusok [3] véleménye megegyezik abban, hogy az Appenninek takaróredői, melyek helyenként 2000 m vastagságot is elérnek, a Liguri-tenger területéről, több mint 100 km távolságból, orogén erőktől megindítva, a gravitáció hatása folytán csúsztak jelenlegi helyükre, az Appenninek — Po-síkság — Adriai-tenger izosztatikus depressziós zónájába. Belátható, hogy a Liguri takarórétegeknek a Liguri-tenger területéről a jelenlegi helyükre való tolodása is az izosztatikus egyensúly felé való törekvést szolgálta.

Ugyancsak megállapítható az is, hogy a Kárpátok keletkezésének orogén folyamata, amely az izosztatikus anomáliák által jelzett tömegtöbbletek zónájából tolta át a Kárpátok takaróinak tömegét jelenlegi helyükre, szintén a földkéreg izosztatikus egyensúlybajutási törekvésének szolgálatában állott.

A kérdés vizsgálatát kiterjesztettem a Mediterrán lánchegységek övére és e tanulmányomban elsősorban az izosztatikus anomáliáknak és a hegységképződési vergenciáknak, a lánchegységek redőződési irányainak e területen megállapítható összefüggését ismertetem.

A bemutatott 1. ábrán a Mediterrán lánchegységek zónájának izosztatikus anomáliáiról Tanni [4] által jellegzetes, zónális értékek felhasználásával szerkesztett térképet láthatjuk, melyen a gravitációs maximumokként jelentkező területek fehéren hagytak, az európai átlagos anomáliaérték, +15 mgal alatti értékkel bíró, izosztatikus depressziós zónák pedig pontozottan jelöltettek.

Ha az e térképen feltüntetett alacsony anomáliaértékekkel jellemzett vonulatokat figyeljük, megállapíthatjuk azoknak a Mediterrán lánchegységek öveihez kapcsolott voltát.

Ezt a tényt a *Bouguer* anomáliák elhelyezkedéseinek szemlélete alapján már *Kossmat* [5] is megállapította és a gravitációs depressziók geológiai okának magyarázatára nagyszabású interpretációt adott.

Míg a negatív anomáliák területei a lánchegységek öveivel azonos menetű sávokat alkotnak, addig a tömegtöbbleteket feltüntető, pozitív anomáliák által jellemzett zónák egy része, úgymint a Földközi-tenger nyugati fele, a Kárpát-medence és a kevés adattal definiált Balkán félsziget — Kisázsiai vonulat, — nagyobb, többé-kevésbé zárt területeket ölel fel.

Megemlítendő, hogy a Pireneusok, a Déli Alpok és a Kaukázus területeit ezektől eltérően sávszerű elrendezésű pozitív anomáliák jellemzik.

A 2. ábránk a Mediterrán lánchegységek öveit a *Kober—Bubnoff*- [6] féle elképzelés szerint tünteti fel.

Megjegyezzük, hogy a lánchegységek rendszerének *Bubnoff* elképzelése szerinti vonalvezetése egyes részekben nem egyeztethető össze az izosztatikus anomáliatérkép ezideig megszerkesztett adataival. Ezek szerint nem valószínű, hogy a Balkán-hegység folytatása Anatólián keresztül vonulva, az Antikaukázusba vezetne.

Azonban ezen tanulmányunk keretében a különböző szerzők által képviselt, ily természetű vonalvezetésbeli eltérések nem bírnak fontossággal, mivel következtéseink levonásában csak a vitán felül álló, általánosan elfogadott vergenciáirányok játszanak szerepet.

Az izosztatikus anomáliák és a Mediterrán lánchegységek redőződési irányainak, vergenciáinak kapcsolata vizsgálata céljából 3. számú térképünkön a *Tanni* által megszerkesztett izosztatikus depressziós zónákat és a lánchegységek öveinek *Kober—Bubnoff* szerinti vázlatát a hegységképző vergenciákkal együttesen tüntetjük fel. (2. ábra.)

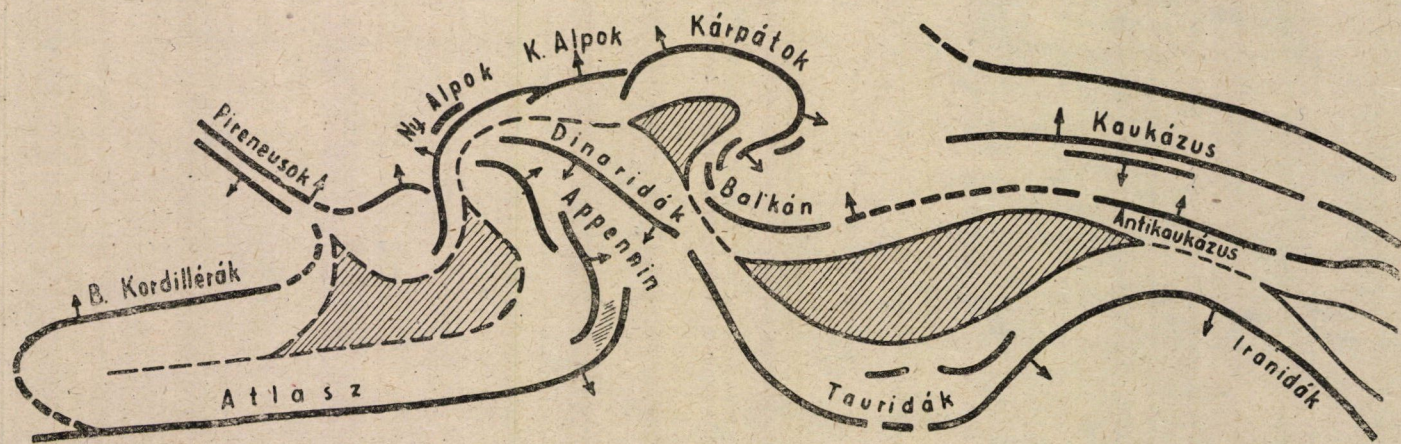
Ezen térkép adatai alapján a következő megállapítások tehetők :

A déleurópai hegyláncolatok közé ékelődő, *Kober* [7] által »Közbenső hegység«-nek nevezett hegységtömbök a földkéreg tömegtöbblettekkel bíró részei. Ilyenek ; az Appenninek, az Atlasz-hegység és a Bétiszi Kordillerák között elterülő Tyrrhenis, vagy Korzoszardíniai tömb, a Kárpátok és a Dinári hegylánc között az u. n. Pannóniai masszívum [8], melyet *Prinz* [9] Tisia tömbnek nevez és a *Bubnoff* által »Keleti közbenső hegységnek«-nek nevezett tömb, melynek kezdete a Balkán-hegységtől délre van és innen kiindulva nagyjából Kis-Ázsia területét foglalja el.

Lényeges megállapítás az, hogy az izosztatikus anomáliatérkép alapján nem tételezhetjük fel a Déli-Kárpátok és a Balkán-hegység közötti hurokban egy u. n. Praebalkán, vagy Kimmériai tömbnek, vagy *Lóczy jun.* [10] által Havasalföldi masszívumnak nevezett tömbnek a létezését. Ugyancsak nem lát-szik valószínűnek az Adriai-tenger helyére illeszkedő u. n. Adriatis tömb létezése sem. Ezek valószínűségét már *Bubnoff* sem tételezi fel.



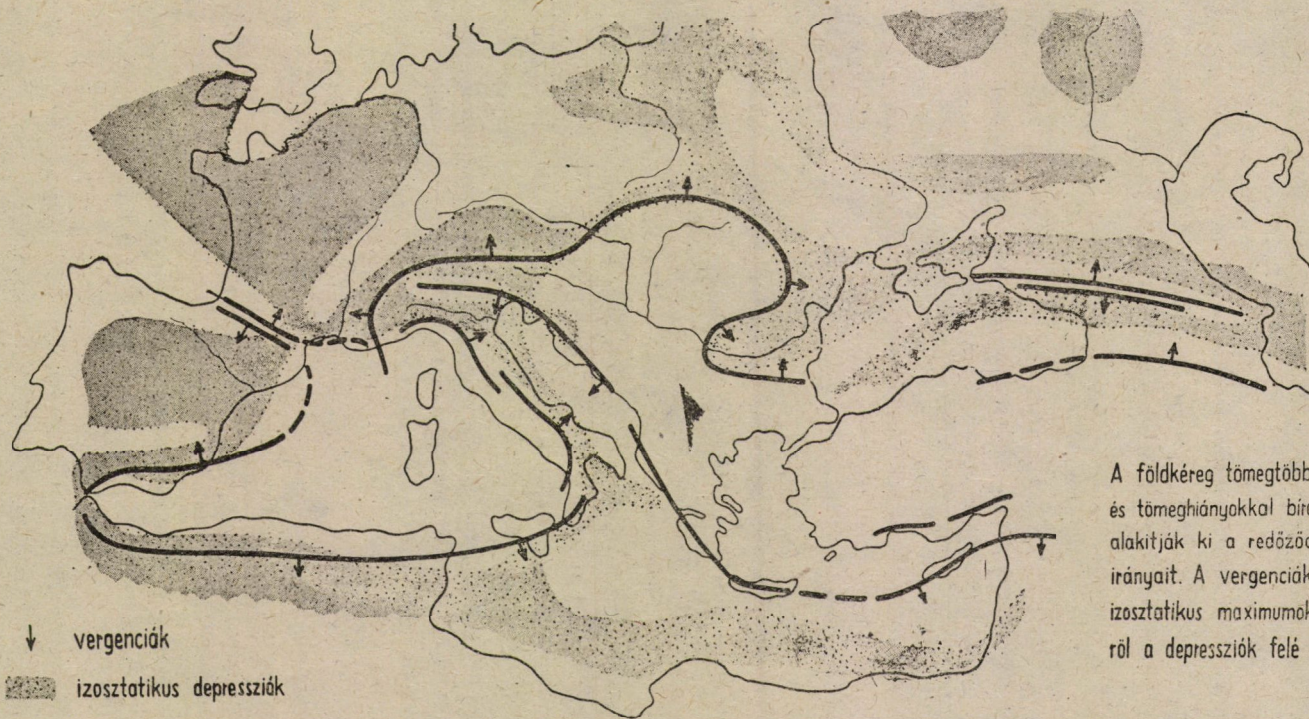




2. ábra

A mediterrán Lánc hegységek övei Kober — Bubnoff szerint





A földkéreg tömegtöbbletekkel és tömeghiányokkal bíró részei alakítják ki a redőzések irányait. A vergenciák az izosztatikus maximumok területeiről a depressziók felé irányulnak.

AZ IZOSZTATIKUS ANOMÁLIÁK ÉS A HEGYSÉGKÉPZŐDÉSI VERGENCIÁK ÖSSZEFÜGGÉSE  
 A MEDITERRÁN LÁNCHEGYSÉGEK ZÓNÁJÁBAN

3. abra

Az izosztatikus anomáliák szerint ezek helyeinek a földkéreg tömeghiányokkal bíró részei, depressziós zónái felelnek meg.

A térkép vizsgálata alapján megállapítható, hogy ú.n. »a redőzést maguk felé irányító merev masszívumok« [8] e zónában nincsenek.

A vergenciákkal kapcsolatosan egyértelműen konstatálható, hogy azok az izosztatikus maximumok területeiről a depressziók felé irányulnak.

A Tyrrenis tömböt övező Appenninek, Atlasz-hegység és Bétiszi Kordillerák egyoldalas felépítésűek és redőződési irányaik a tömböt övező tömeghiányokat feltüntető depressziós területek felé mutatnak.

Ugyanez a jelenség állapítható meg a Pannóniai masszívumot övező Kárpáti és Dinári hegyláncolatok redőződési irányaira, melyeket egyrészt a Kárpátokmenti depressziós zóna, másrészt pedig az Adriai-tenger zónájában elhelyezkedő negatív izosztatikus anomáliákat feltüntető területsáv szab meg.

A Keleti közbelső hegységet délről övező Tauridák és Iranidák vergenciairányait a Földközi-tenger déli részén indikálódó gravitációs depresszió elhelyezkedése determinálja, az északi övben elhelyezkedő Balkán- és Kiskaukázus-hegységek egyoldalas felépítéseinek megfelelő északnak irányuló redőzések pedig az ezektől északra elterülő tömeghiányokat feltüntető zónák felé tartanak.

A kétoldalas felépítésű hegységek vergenciairányaira szintén ily egyértelmű megállapítások tehetők, és pedig:

A Pireneusok az izosztatikus anomáliaképpen, mint egy pozitív értékkel jellemzett anomaliasáv jelentkeznek. Ez a hegység kétoldalas felépítésű. Északi szárnyának vergenciája az Aquitániai medence izosztatikus depressziója felé, déli oldalának redőződése pedig az Ebro-medence területén elhelyezkedő tömeghiányokkal bíró zóna felé irányul.

A Nyugati, — Északi és Déli Alpok vergenciái a Tanni térképén nem tökéletes módon szemléltetett Ivrea — Déli Alpok izosztatikus maximum (mely a valóságban a térképen ábrázolt kelet-nyugati csapás után délre, a Liguri-tenger felé kanyarodik) területéről nyugat, észak és dél felé, a környező depressziós zónák felé mutatnak.

A Kaukázus területe egy izosztatikus maximumsávon fekszik. Kétoldalas felépítésének megfelelően redőződési irányai észak és délre, melyek a hegységet északon és délen övező depressziós zónák felé irányulnak.

A felsoroltak alapján egyértelműen megállapítható a vergencia-irányoknak az izosztatikus anomáliákkal való összefüggése.

A vergenciáknak az izosztatikus maximumok területeiről a depressziók felé való irányítottasága arra mutat, hogy a lánchegységek keletkezésekor végbeműködő, nagyjából horizontális irányú kéregmozgások is izosztatikus jellegűek.

Tehát nemcsak vertikális irányú kompenzáció létezik, hanem az orogenetikus kéregmozgások alkalmával a földkéreg horizontális irányú izosztatikus kompenzáció utáni törekvésének folyamatai is megállapíthatók.



A vertikális síkra vonatkozó izosztatikus kompenzációs hipotézisek közös jellemzője az a feltevés, hogy a felszíni tömegtöbbleteket mélységbeli tömeghiányok, a hegységek gyökerei kompenzálják.

A horizontális síkban lejátszódó izosztatikus kompenzációs folyamatok lényege pedig az, hogy a földkéreg azon helyeire, ahol tömeghiányok vannak, vagyis a depressziók helyeire, amelyek az előbbi analógiával élve hegység nélküli gyökérrégiókat képviselnek, az orogenezis kéregrészeket tol át a tömegtöbbletek zónájából.

A geológusok által most már mind szélesebb körben elfogadott azon elmélet, amely szerint a lánchegységek a gravitáció hatására csúsztak jelenlegi helyükre, tulajdonképpen már hallgatólagosan magában foglalja és feltételezi azt, amit az előbbiekből kifejtettünk.

Meg kell említenünk, hogy már ezideig is találkoztunk oly geológiai felfogásokkal, melyek a fentiekben leszűrt tapasztalatokhoz közel jártak.

*Deeley* angol geológus [11] 1918-ban írt igen alapos okfejtésű munkájában lehetségesnek tartja a hegységeknek a gravitáció hatása folytán keletkezését.

Az izosztatikus anomáliák és a vergenciák vizsgálata alapján megállapíthatjuk a redőződési irányok és a földkéreg tömegeloszlása közötti összefüggést, azonban ebből még nem tudunk az orogenetikus folyamatok megindulásának okára is egyértelmű következtetéseket levonni.

*Haarmann* [12] az 1930-as években feltűnést keltő oszcillációs teoriájában az orogenetikus mozgásokat a gravitáció által okozott egyszerű csúszási folyamatoknak tételezi fel. Ha az általa bevezetett geotumorok és geodepressziók fogalma helyett az izosztatikus maximum és minimum kifejezéseket használnánk, úgy az e hipotézist el nem fogadók egy részének ellenvetései tárgytalannokká válnának.

Nem óhajtjuk felsorolni azon svájci, német, osztrák, olasz, angol, holland és más nemzetiségű tudósok neveit, akik munkáikban a Mediterrán lánchegységek egyes tagjainak keletkezését a gravitáció hatása folytán csúszásokra vezetik vissza.

Ezek közül csak két svájci geológus, *Lugeon* és *Gagnebin* [13], [14], munkáira térünk ki részletesebben, mégpedig azért, mert az azokban nyilvánított feltevések egyrésze közletről érinti a jelen értekezésben leszűrt konklúziókat.

*Lugeon* és *Gagnebin* feltételezik, hogy az egész perialpin depresszió egyrészt az üledékes kőzetek nagy tömegeinek, másrészt a gravitáció hatása folytán rájuk csúszott takaróredők által képviselt megterhelés következtében, az orogenetikus folyamat lezajlása után izosztatikusán süllyedt le.

Ez lényegében megfelel *Kossmat* felfogásának, mely szerint a peremi süllyedék segít a hegység terhét hordozni. Ez a felfogás más természetű kapcsolatot jelentene az izosztatikus anomáliák és a lánchegységek vergenciairányai között. Az izosztatikus anomáliák tüzetesebb vizsgálata azonban azt bizonyítja, hogy ez a feltevés nem helytálló.

A lánchegységeknek a redőződési irányok által kijelölt külső előterét általában nagy negatív izosztatikus anomáliák jellemzik. Ha az előtér süllyedése posztorogén folyamat lett volna, úgy a negatív anomáliák nagysága szerint az előterekben mindenhol egy igen nagymértékű túlkompenzációnak kellett volna bekövetkeznie. Ennek feltételezése nem valószínű.

Vannak olyan, a lánchegységek előteréig terjedő depressziós zónák, melyek elhelyezkedése nagy területeket ölel fel. Ilyenek a Pireneusoktól északkeletre elterülő izosztatikus depresszió, mely nagyjából a Centrális Plató zónáját is magában foglalja, a Pireneusoktól nyugatra fekvő, a spanyol Mezeta területét felölelő depresszió, valamint az északafrikai és a Földközi-tenger déli részét elfoglaló nagy negatív gravitációs anomália terület. Ezen depressziók posztorogén izosztatikus hatás folytatni keletkezését feltételezni nem lehet.

A lánchegységek alakjaihoz illeszkedő és velük azonos csapású gravitációs depressziók anomália-szelvényeit vizsgálva, amint az Appenninek- és az Északkeleti-Kárpátok izosztatikus egyensúlyi viszonyait tárgyalva megemlítettem, megállapítható, hogy a depressziók helyei nem esnek össze a takaróredők helyeivel, a hegységek általában csak a depressziós zónák középvonalaig terjednek. Ezt a tényt és a gravitációs anomáliaszelvények szimmetrikus voltát figyelembevéve, megállapítható, hogy a depressziós zónára egyoldalt ráfekvő takaróredők az izosztatikus anomáliakép kialakításában csak másodrendű szerepet játszhattak.

*Lugeon* és *Gagnebin* előbb ismertetett felfogásával szemben tehát megállapítható az a valószínűség, hogy a vergenciákat maguk felé irányító depressziós zónák kialakulása a lánchegységek keletkezése előtti időre tehető.

Egyúttal *Kossmat* felfogásával szemben az előadottak azt látszanak igazolni, hogy nem az előtér segít a hegység terhét hordozni, hanem inkább a hegység segíti az előteret az izosztatikus egyensúlyi állapot elérésére való törekvésben.

A lánchegységek előtereinek kialakulása részben epirogenetikus, részben pedig orogenetikus erőhatásokra vezethető vissza.

Az előzőekben láttuk, hogy a földkéreg izosztatikus egyensúlyba jutásba való törekvése megnyilvánulhat úgy vertikális, mint horizontális irányú kéregmozgásokban, melyek a valóságos izosztatikus kéregmozgások megfelelő komponenseit képviselik.

#### IRODALOM

- [1.] *Scheffer V.* és *Kántás K.* : A Dunántúl regionális geofizikája. Földtani Közlöny, Budapest, 1949.  
 [2.] *Scheffer V.* : Izosztázia. MTA. Műsz. Tud. Oszt. Osztályközleményei. Budapest, 1952.  
 [3.] *Dal Piaz G.* : L'Influenza della gravitá nei fenomeni orogenetici, Accademia delle Scienze. Torino, 1943.  
 [4.] *Tanni L.* : On the isostatic structure of the earth's crust in the carpathian countries and the related phenomena. Annales Academiae Scientiarum Fennicae. Ser. A. III. Geologica-Geographica, 4. Helsinki, 1942.

- [5.] *Kossmat F.* : Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde, Abhandl. d. Math. Phys. Kl. d. Sächsischen Akad. d. Wiss. Bd. 38, Nr. 2. Leipzig, 1921.
- [6.] *v. Bubnoff S.* : Einführung in die Erdgeschichte. Halle (Saale), 1949.
- [7.] *Kober L.* : Bau der Erde. Wien, 1921.
- [8.] *Telegdi-Róth K.* : Magyarország geológiája. Pécs, 1929.
- [10.] *Lóczy L. jr.* : Die Rolle der paläozoischen und mesozoischen Orogenbewegungen im Aufbau des inner-Karpatischen Becken-systems. Sofia, 1940.
- [11.] *Deeley R. M.* : Mountain Building. The Geological Magazine (VI) V. London, 1918.
- [12.] *Haarmann E.* : Die Oszillations-Theorie. Eine Erklärung der Krustenbewegungen von Erde und Mond. Stuttgart, 1930.
- [13.] *Lugeon M. et Gagnebin E.* : Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes. Mémoires de la Soc. vaudoise des Sc. natur. N. 47. Lausanne, 1941.
- [14.] *Lugeon M.* : Une hypothèse sur l'origine du Jura, Bull. Soc. vaudoise des Sc. natur. Vol. 61. N. 256. Lausanne, 1941.



## HOZZÁSZÓLÁSOK

SCHEFFER VIKTOR előadásához

RENNER JÁNOS

*Scheffer Viktor* előadásában igen érdekes összefüggésről számolt be az izosztatikus anomáliák és a lánchegységek vergenciái között. Előadó évek óta foglalkozik az izosztázia kérdéseivel és már eddig is igen fontos eredményekhez jutott. Míg megelőző izosztatikus vizsgálatai kisebb területekre szorítkoztak, ezúttal olyan általánosabb érvényű törvényszerűséget állapít meg nagy területre kiterjedő érvénnyel, amelyet kisebb területrészekre vonatkozólag már eddigi vizsgálatai során is felismert.

Az előadó által bemutatott térképeken világosan látható, hogy a hegységképződési vergenciák az izosztatikus anomália-térkép tömegtöbbleteket jelző maximum területei felől az izosztatikus depressziók felé irányulnak. Ennek az összefüggésnek a ténye kétségtelenül fennáll, s most az a kérdés érdemel közelebbi vizsgálatot, vajjon a következtetés alapjául szolgáló izosztatikus anomália értékek teljesen reálisak-e.

Előadó térképén a *Tanni* által zónális értékek felhasználásával összeállított izosztatikus anomáliák vannak feltüntetve. A kérdéses területen Közép-, Nyugat-, és Dél-Európában, a Földközi-tenger környékén viszonylag sűrű gravitációs hálózat állott rendelkezésre abból a célból, hogy a zónális középértékek kielégítő pontossággal legyenek megállapíthatók. *Tanni* az izosztatikus anomáliák kiszámításánál egy ív fokú oldalakból álló poligonokat vett tekintetbe és az ezeken belül meglévő gravitációs állomások adatait súllyal értékelte ki. A számítás módja biztosíték arra, hogy a következtetések alapjául szolgáló izosztatikus anomáliák a kérdéses területre valóban jellemző értékek. Újabb korszerű mérések és kiegyenlítési számítások részletekben módosíthatják ugyan az izosztatikus anomáliákat, azonban egészben véve a kép nem változik meg és a levont következtetések érvényben maradnak.

Teljesen indokolt előadónak az a megállapítása, hogy a +15 milligalnál kisebb izosztatikus anomáliákat a depressziós zónákba tartozóknak tekinti; ugyanis az izosztatikus anomáliák európai átlagértéke +15 mgal.

Előadó a térképből kiolvasható törvényszerűséget igen érdekes földtörténeti következtetésekre használja fel. Feltételezi, hogy a depressziós területek a lánchegységek keletkezése előtt már kialakultak és az izosztatikus egyensúlyra való törekvés hozta létre a lánchegységnek a depressziós zónák felé irányuló redőzöttségét. Előadónak ez a felfogása földtörténeti szemszögből előreláthatólag vita tárgya lesz, de miként az előadásban is elhangzott, vannak szerzők, akiknek felfogásával az előadó feltételezése összeegyeztethető.

Az előadás anyaga a Földközi-tenger környékének nagyvonalú vizsgálatát foglalja magában. Bizonyára nagyon érdekes következtetésekre lehetne jutni egyéb lánchegységek és a közelükben elterülő izosztatikus depressziók kapcsolatának vizsgálatából. Ilyennek kínálkozik pl. a Himalája és az attól D-re fekvő nagy indiai izosztatikus depresszió kapcsolatának vizsgálata.

A nagy területre kiterjedő, nagyvonalú vizsgálatokon kívül tanulságos lenne kisebb területre vonatkozó hasonló vizsgálat is, pl. a Kárpát-medence izosztatikus viszonyainak újabb részletes megvizsgálása. Hazánk területén különösen akkor válik érdekessé az izosztatikus anomáliák részletes kiértékelése,

amikor az egész országra kiterjedő, új gravitációs alaphálózat mérései befejeződnek és a meglévő részletes gravitációs észlelési anyagot egységes, összefüggő rendszerbe lehet foglalni megfelelő kiegyenlítéssel. Az ennek alapján kiértékelt izosztatikus anomáliákból bizonyára sok értékes következtetést lehet majd levonni.

Az előadás nagyjelentőségű új szempontokat tárt fel. Lényeges az a megállapítás, hogy az izosztatikus egyensúlyra való törekvés nemcsak vertikális, hanem horizontális irányban is megvan. A kérdés még nincsen lezárva, tág tere van a további kutatásoknak.

## FÖLDVÁRI ALADÁR

Az előadáshoz a geológus nézőpontjából szólok hozzá. Az előadó új szabályt állapít meg, nevezetesen, hogy az orogenetikus hegységek mozgásának horizontális komponense (vergenciája) az előtérben elhelyezkedő gravitációs depressziók felé irányul. A bemutatott térképek meggyőzően igazolják a szabály használhatóságát a nagy tektonikai jelenségek magyarázatára. Az elmélet erőssége, hogy egységesítést vezet be az epirogenetikus és orogenetikus mozgások és tektonikai formák magyarázatára. Mindkét fajta mozgás azonos erőre, az izosztatikus hullámzásokra vezethető vissza. Az előző kutatók *Kossmat*, *Born*, *Haarman* már megfigyelték a gravitációs anomáliák és az orogenetikus hegységek térbeli kapcsolatát, de az összefüggés geofizikai okát nem tudták hiánytalanul megmagyarázni. *Scheffer Viktor* elmélete a vízszintes irányú tektonikus erők kiváltó okának sokat vitatott és megnyugtatóan meg nem oldott kérdésében is újat hoz, az oszcillációs elmélet észszerű továbbfejlesztésével.

Néhány megjegyzést szeretnék tenni az elmélet további kiépítése érdekében :

1. az első megjegyzés a gravitációs maximum területek két csoportba való sorolását ajánlja.

A nagy területű gravitációs maximumok, melyekről a földkéreg felső részei le, illetve rácsúsznak a gravitációs depressziók területére, arányosnak látszanak a lecsúszott kéregrészekkel.

A keskeny gravitációs maximumok területe azonban aránytalanul kicsi a két oldalra lecsúszott kéregrészek tömegéhez viszonyítva. Ezenél valami segédhipotézist kellene felvenni a gravitációs maximumok keskenységének magyarázatára. Ilyen magyarázat lehetne pl. az, hogy a gravitációs maximum területe az orogenetikus mozgások közben vagy utána oldalnyomás következtében összepréselődött. Ilyen mozgások lehetőségét kisebb, alkalmas közettani felépítésű területeken bebizonyították. (*Lotze* a spanyol középhegységben az autochton szirtek képződéséig tudta követni az ilyen oldali összenyomódást.) E magyarázat értelmében azonban egy az izosztatikus mozgásoktól független vízszintes erőfaktort kellene alkalmaznunk és így veszendőbe menne az elhangzott előadás egyik nagy erőssége, az egységes okra visszavezetett mozgás elve.

Az elmélet továbbfejlesztése érdekében tehát célszerűnek látszik és azt javaslom: soroljuk a gravitációs maximumok területét két csoportba: 1. a nagy gravitációs maximumok (nevezzük talán elsődleges, primér maximumoknak) melyeken az elhangzott elmélet eredeti formájában kielégítően magyarázza a jelenségeket a kőzettömegek lecsúszása értelmében; 2. a kisebb areájú, főleg lineáris kiterjedésű gravitációs maximum tarajokra, illetve gerincekre, melyekre talán a másodlagos, szekunder maximumok elnevezést használ-

hatjuk. Ez utóbbiak megmagyarázására más elmélet szükséges. Talán itt lehetne alkalmazni a geomechanikus nyomópofák elméletét.

Úgy látszik, hogy a kisebb kéregrészek részletjelenségeinek magyarázata nem mindenütt vezethető le a kifejtett elméletből. Pl. a Déli Kárpátok és a Balkán-hegység átfordulásánál a hurok belsejében jelentkező gravitációs depresszió vagy a Mecsek és a Villányi hegység ellentétes vergenciája szintén nem magyarázható az elmélettel. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az elmélet nem helyes, csupán azt, hogy csak nagy tektonikai egységekre alkalmazható, mint ahogy az izosztázia jelensége is csak nagy egységekre alkalmazható.

2. A megjegyzésem másik része az orogenetikus és epirogenetikus mozgások ritmusának egybehangolására vonatkozik.

A geológia megállapítása szerint az izosztatikus mozgások (epirogenézis) lassú, hosszú időn át tartó mozgások. Az orogenetikus mozgások viszonylag gyors, rövid időszakokra szorító mozgások. Az előadó által kifejtett elmélet szerint a lassan mozgó, emelkedő vagy süllyedő izosztatikus tömegek területén bizonyos oldalirányú tömegátrendeződés áll be. Ez az oldalirányú átrendező mozgás a geológiai bizonyítékok szerint gyors lefolyású.

Itt szintén további magyarázatra van szükség, hogy a két jelenség tartamkülönbségét kiegyenlíthessük. Talán abban a formában lehetne ezt a kérdést megoldani, hogy a lassú izosztatikus mozgás következtében a tömeghiánynak előbb el kell érni egy bizonyos nagyságot, mely már elegendő egy oldalmozgás kiváltására, ekkor aztán a tömegmozgás oldalirányban gyorsan lejátszódik. Újabb oldalmozgás csak akkor lép fel újra, mikor a lassú izosztatikus mozgás következtében a tömeghiány újra eléri az oldalmozgás kiváltásához szükséges értéket. Ehhez a jelenséghez hasonló folyamat a lejtők csúszásánál figyelhető meg. Ezeknél a kőzet víztartalmán kívül a lejtőszög és a megterhelés egy adott értéke szükséges a valóságos csúszás előidézéséhez. E két utóbbi állandónak felel meg a tektonikus folyamatoknál az izosztatikus tömbök között előálló magasságkülönbség és tömegtöbblet, illetve tömeghiány.

Az itt ajánlott elméletkiegészítés nagyon jó összhangban áll a geológia legújabban elfogadott nézetével, mely szerint az orogenetikus mozgások periodikusan visszatérők, sőt egy-egy hegyképződésnek éppen úgy mint a föld-rengésnek, elő-, fő- és utófázisai vannak.

Egészben véve *Scheffer Viktor* új elméletét értékesnek találom, mivel új utakat nyit a legnagyobb nagyságrendű tektonikai egységek mozgásának magyarázatára. A kisebb egységek jelenségeinek magyarázatára egyelőre úgy látszik nem lehet teljesen ellentmondás nélkül alkalmazni.

Szerencsét kívánok az előadónak új irányt nyitó fejtegetéseihez és meggyőződésem, hogy a következő évek nemzetközi irodalmában sokszor fogunk még találkozni az alkalmazásával.

SCHMIDT ELIGIUSZ RÓBERT

Az elhangzott értékes előadáshoz hegyszerkezeti és geomechanikai szempontból szeretnék néhány rövid reflexiót fűzni.

Az előadás anyaga két részre tagolható: egy észlelési és egy gondolati részre. Az első részben előadó a Tanni-féle anomália-térkép és a Kober-féle mediterrán lánchegység-séma egybevetése alapján megállapította, azt az egyébként várt, de eddig kellően ki nem hangsúlyozott körülményt, hogy ez orogének külső peremét mindenütt, egy szélesebb-keskenyebb, de folyamatosan követhető



negatív gravitációs anomaliasáv övezi. Ez — miként látni fogjuk — közvetlenül a lánchegységek keletkezési módjából, mechanizmusából folyik. Előadásának második részében ebből a helyzetképből, valamint a Kober-féle vergenciák egybevetéséből előadó arra a következtetésre jutott, hogy miután a lánchegységek áthajlása, vergenciája a negatív anomaliasávok felé mutat, utóbbiak idéztek volna elő e hegymozgást és mint szülőokok idősebbek az áthajlásnál, a hegyképződésnél. Az anomáliák és a lánchegységek keletkezési kérdésére nem tért ki. Pedig az ok és okozati összefüggések csak ezek során tisztázhatók.

A mediterrán lánchegységek kétségtelenül meridionális irányú hegyképző erők hatására jöttek létre. A hatóerők, valamint a lánchegységek helyzetét a Föld tengelykörüli forgásából, pulzációjából és a gömb mechanikájából vezethetjük le. A lánchegységek — az afrikai és az európai tömb között helyet foglalt üledékgyűjtő vályúkból — e tömböknek az egyenlítő felé tartó mozgása nyomán torlódtak fel. Anyaguk a nyomás elől főleg felfelé igyekezett kitérni, majd tehetetlensége következtében az aljazat felé, a satupofákra két oldalt feltorlódtott, felpikkelyeződött, vergált. Ehhez képest az orogének kétoldalúak, két irányban vergálnak, mint ahogy ezt pl. jól látni a Pireneusok, az Alpok, a Kaukázus stb. esetében. De ott, ahol a nagy kontinentális satupofák között kisebb kratogén táblatöredékek, ú. n. közbenső tömegek helyezkednek el, amelyek között az orogén ágakra szakadozott széjjel, ott az egyes orogén ágak is kétoldalúak. Csakhogy nem szimmetrikusan, hanem aszimmetrikusan. Mégpedig úgy, hogy az aktív erő irányával szemben nagyobb a hegység szárnya, tehát az anyagmozgatottság, vagy ha úgy akarjuk a vergencia, mint a passzíven viselkedő közbenső tömegek felé. Ez az oka annak, hogy elnagyolva úgy szokták ábrázolni, mintha pl. a kárpáti orogén ág csak É-felé, a dinári ág pedig csak D-felé vergálna. A valóságban azonban az ellenszárnyak is megvannak, éppen csak hogy kevésbé vannak kifejlődve. A mediterrán lánchegységek esetén tehát a kifelé, a hegység felé mozgó szárnyak rátalálva a kratogének széleire, vagyis a kontinensek peremeire, azokat lenyomják. A kisebb fajsúlyú sial kiszorítja helyéből a nagyobb fajsúlyú simát, úgyhogy ehelyütt ezek együttesen mért tömeghatása kisebb lesz. Ezt negatív gravitációs anomaliasávok — vagy a geológus nyelvén szólva másodrendű geoszinklinálisok — képeiben érzékelhetjük. Az aszimmetrikus kétoldalúságnak megfelelően azonban az orogének belső oldalán is észlelhetők — természetesen kisebb — negatív anomáliák, az ú. n. harmadrendű geoszinklinálisok formájában. Az anomáliák tehát nem okai, hanem következményei a vergenciának. Semmiestre sem idősebbek, legfeljebb egyidejűek, de inkább fiatalabbak a hegymozgásnál. Mintahogy az izosztázia nem hegyképző, nem aktív, hanem a megbolygatott egyensúlyt helyreállítani igyekvő passzív erő.

A szóbanforgó negatív anomaliasávok különböző szélességűek. Ezt többek között azzal is magyarázhatjuk, hogy a megterhelés mértékétől, tempójától a kratogén területek szilárdsági viszonyaitól függően, kisebb-nagyobb sial-pászták törnek le, vagy hajlanak be a simába.

A fent vázoltak mellett szól, talán az a körülmény is, hogy a negatív anomáliákat mutató helyektől — az egyensúlyra való törekvés folyamán — inkább felfelé tendáló mozgást várunk, ami megakadályozni törekszik, hogy a szomszédos orogén rácsússzék, nemhogy elősegítené azt.

Abban, hogy az orogének az anomaliasávokat félig elfedik, abban a magma-mozgásnak is szerepe lehet. A hegyképződés során a nagy kontinentális táblák a magmán mintegy úszva közelednek egymás felé. A köztük felgyűrődő orogén nemcsak felfelé, hanem lefelé is kitérni igyekezik a nyomás elől, tehát gyökeret

ereszt. Ez az orogéngyökér azonban zilip módjára útjában áll a magma mozgásának. Az áramló magma ezért kitérni, lefelé bukni kénytelen. Közben az orogén külső oldalán, a gyökér mögött, mozgás- és nyomásárnyék keletkezik. Ez kedvez az anyag fajsúly szerinti elrendeződésének. A magma differenciálódik. A könnyebb fajsúlyú részek a magma tetejére kerülnek, ahol az orogéngyökér mintegy leföli őket. Tehát az orogéngyökérnek a külső részén a sial gyarapodni, kifelé állandóan vastagodni és ezzel egyidejűleg a kezdetben az orogén helyén volt negatív anomália is fokozatosan a hegység előtere felé fog tolni. A nyomásárnyék hatására pedig a kéreg behorpadhat és új, kisebb üledékgyűjtő vályuk képződéséhez és ezzel a kéregnek felülről történő vastagodásához vezethet.

Mindent összevetve, az előadóval együtt meg kell állapítanunk, hogy a lánchegységek vergenciája és az előterükben levő negatív gravitációs anomáliák között valóban szoros összefüggés áll fenn, de az ok és okozati összefüggést egyelőre másképpen kell magyaráznunk.

*Scheffer* tanulmányának jelentőségét abban látom: élesen rámutatott arra, hogy az orogéntek külső részét mindenütt negatív anomáliásáv kíséri és így fontos megállapítással járult hozzá a hegyképződési elméletek további helyes kiépítéséhez.

#### EGYED LÁSZLÓ

Félreértések elkerülése végett azt akarom kiemelni, hogy az izosztatikus egyensúly a hidrosztatikus egyensúlynak szilárd-kvááziszilárd fázisok esetére való alkalmazását jelenti s ennek következtében izosztáziánál csakis függőleges erőkkkel számolhatunk, amelyeknek semmiféle vízszintes komponensük nincs. Az izosztikus depressziók és a hegységképződési vergenciák között nem ok és okozati összefüggés áll fenn, hanem egy más, lényegileg horizontális erőhatásokra visszavezethető mechanikai jelenségnek a közös következményei. A gravitációs úton lejtőn való lecsúszással magyarázott hegységképződésnek pedig nincs meg a szilárdságtani és dinamikai előfeltétele, hiszen egy 100 km-ről 5°-os lejtőn lecsúszó hegység aljának 10 km magasnak kellene lennie. Az erre nehezedő talpnyomás pedig többszörösen felülmúlja a kéreg törési szilárdságát, tehát nem létezhet ilyen magasságban. Az 5°-os lejtő pedig elhanyagolható a súrlódási szög valódi értékéhez képest.

E megjegyzések lényegében nem érintik a rendkívül értékes megfigyeléseket tartalmazó szép előadást.

#### VENDEL MIKLÓS elnök

A geológia legnehezebb problémái közé tartozik az a kérdés, amelyet *Scheffer Viktor* mélyenjáró módon igyekezett tanulmányával elővinni. Itt az orogenézisre gondolok; mi mást nem látunk, mint az orogenézis eredményét, azt sem a maga teljes mivoltában, csak a felszín vetületét, és még azt is széttagoltan vagy lepusztulva. Ez az oka annak, hogy az orogenézis magyarázatában olyan sok az elmélet. Szó esett a kontrakciós oszcillációs elmületről és egyebekről

is, amelyekre nem óhajtok kitérni. *Scheffer* érdeme az, hogy szinte kánon-szerűen leszögezte, a lánchegységek vergenciája mindig depressziók felé mutat. Ezen változtatni az elénktárt számos adat, tény és érték alapján aligha lehet majd. Valószínű, hogy később eltérő magyarázatokat is fűznek majd ehhez és talán *Scheffer*nek a magyarázata — legalábbis egyelőre — nem talál egyöntetű elfogadásra. Ez azonban *Scheffer* érdemeiből semmit le nem von. A gondolat termékenységét mutatja elsősorban *Földvári Aladár* hozzászólása, amely több új gondolattal igyekezett már továbbfűzni az elgondolást és bizonyos kisebb ellentmondásokra már részben sikerült magyarázatot is adnia. Előrelátható, hogy amint a nemzetközi irodalomba kerül *Scheffer* munkája, pro és kontra vélemények alakulnak majd ki.

#### SCHEFFER MIKLÓS válasza a hozzászólásokra

*Földvári Aladár* és *Schmidt Eligiusz* kitértek arra, hogy az orogén folyamat megindítása nem magyarázható az izosztázia jelenségével. Ezt szó szerint le is írtam. Maga az orogén folyamat megindításának az oka nem állapítható meg a geofizikai térképekből. Természetszerűleg mi csak a vergenciák irányait hasonlítottuk össze az izosztatikus anomáliákkal. Ugyancsak említette *Földvári* a folyamatok időtartamát. Erre vonatkozólag nem tudunk a geofizikai adatok alapján tájékoztatást adni. A részletproblémákra vonatkozólag megjegyzem, hogy egyes kisebb területeken különböző vergenciák lehetnek, amint *Renner János* megemlítette, ezek vizsgálatára részletesebb tanulmányok szükségesek. Ami pedig a nagy magasságkülönbségeket illeti, amelyek csúszási felületek létrehozásához szükségesek, erre vonatkozólag nem óhajtok bővebben kitérni, mert ennek igen nagy nemzetközi irodalma van. Legalább 20—30, az utóbbi 20 évben megírt oly geológiai munkára kellene rámutatnom, amelyek részletesen foglalkoztak ezzel a kérdéssel. Kb. 20 évvel ezelőtt a geológusok általánosan elfogadott felfogása az volt, hogy nem valószínű a gravitáció folytán csúszás lánchegységek keletkezésével kapcsolatban. Az ezt követő időkben bevezetett oly hipotéziseknek is, mint például a vízalatt való csúszás az Appenninek esetében — részletes irodalma van. Mindezen részletes munkák eredményeképpen ma már széles körök által elfogadott tény az, hogy a lánchegységek kialakulása a gravitációs hatás által létrehozott csúszásnak a következménye.

#### VENDEL MIKLÓS elnök

A magam és a Kongresszus részéről is őszinte örömet fejezem ki *Scheffer* tartalmas és szintézist adó munkájáért és további ilyen irányú munkájához kívánok jó szerencsét.





# A SZEIZMIKUS KUTATÁSI MÓDSZER KORSZERŰ PROBLÉMÁI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NÉMA TERÜLETEKRE

GÁLFI JÁNOS

A szeizmikus kutatás problémaköre részint a mérések kivitelének, részint pedig a mérési eredmények értelmezésének problémáiból tevődik össze. Interpretációs kérdések tárgyalásával sűrűn találkozunk. A szeizmikus irodalomban változatos elméleti és gyakorlati megoldásokkal ismerkedhetünk meg. Most következő tárgyalásunkban a másik problémakörrel, a mérések kivitelének problémáival foglalkozunk részletesebben, különös tekintettel az újabb reflexiós szeizmikus mérések során felmerült kérdésekre.

Ezen a ponton a nem reflektáló, vagy rosszul reflektáló területek kérdése az, ami a mai reflexiós szeizmikus kutatásunk legfontosabb megoldásra váró problémája.

A kérdés természetesen nemcsak hazai vonatkozású. Az irodalmi adatok szerint mindenütt, ahol a reflexiós szeizmikus mérések nagyobb ütemben fejlődtek, előbb-utóbb megmutatkozott, melyek azok a területek, ahol a szokványos módszerek használatával nem lehetett feldolgozásra alkalmas mérési eredményeket elérni. Számszerű adatok általában nem állnak rendelkezésünkre, azonban részint egyes, a szeizmikus irodalomban fellelhető beszámolókból, részint tapasztalat-cserék során adódó megbeszélésekből megállapíthatjuk a nem reflektáló területek előfordulását Közép- és Kelet-Európában.

Részletes adatokat közöl *P. L. Lyons* [1] egy cikkében az Északamerikai Egyesült Államokról. Eszerint abból a területből, amelyik reflexiós mérés szempontjából szóba kerülhet, ez a teljes terület 75%-a, 55% bizonyult rosszul reflektáló területnek, csupán 17% adott jó, 28% pedig közepes reflexiókat. Valószínű, hogy a helyzet hasonló európai viszonylatban is. Magyarországról még korai lenne statisztikát adnunk, tekintve, hogy reflexiós méréssel érdemlegesen csak 1948-tól kezdve foglalkoznak hazai mérőcsoportok, az azelőtt itt dolgozó idegen vállalatok mérési munkájáról pedig nincsenek ilyen jellegű adataink. Jellegzetes, nem reflektáló területek előfordulását azonban már eddig is meg kellett állapítanunk.

Akkor, amikor nem reflektáló területről beszélünk, hallgatólagosan feltételezzük, hogy olyan területről van szó, amelyen a reflexiós szeizmikus mérés-technikában szokásos, a rendszeres terepméréseknél ma általánosan használt

eljárással nem sikerült érdemleges eredményt elérni. A nyersanyagkutatói igények azonban megkívánják ezeknek a területeknek is a vizsgálatát, tehát újabb mérés technika kidolgozása válik szükségessé. Az általában használatos mérési eljárás lényegileg közepes mélységű robbantóllyukból (8—16 m) vízfojtás használatával leadott néhány egyszerű lövés regisztrálása reflexiós felvevő-berendezéssel. Egészen természetes az a gondolat, amely már az első nem reflektáló területek jelentkezésénél is felmerült, hogy a felvevők továbbfejlesztésével, illetve a hullámkeltés körülményeinek változtatásával olyan területeken is eredményt lehet majd elérni, amelyek eddig nem reflektálóknak bizonyultak.

Röviden ki kell térnünk itt a felvevő-berendezések kérdésére. Nem kétséges, hogy a felvevő-berendezések, különösen az erősítők, fejlődése során sok olyan terület bizonyult »jó« területnek, amelyet addig »néma« területként könyveltek el. A felvevők fejlődése — párhuzamosan az elektrotechnika fejlődésével — gyors iramban haladt és ha a mai állapotot vesszük szemügyre, megengedhetjük azt a kijelentést, hogy lényeges továbbhaladást a közeljövőben nem várhatunk.

A sokféle geofon-típus közül az induktív-típus került ki mint használatos modern felvevő. Az erősítőknél a tág — kb.  $1:10^3$  — határok között történő automatikus erősítés-szabályozás és a célszerű szűrőrendszerek megszerkesztésével a fejlődés bizonyos mértékig lezárult. Nyilván várható a technikai megoldások egyszerűsödése, a kezelés további automatizálása, az alkalmazhatóság kiterjesztése néhány rendkívüli esetben, de lényegét érintő változás nem valószínű. Ez a tény a mi szempontunkból azt is jelenti, hogy nagyjában megállapíthatók azok a határok, ameddig a felvételi eljárásunk műszertechnikai vonalon fejleszhető, és hol kell más módon segítenünk. Csupán egy közismert ilyen tényre szeretnék emlékeztetni. Ha egy reflexiós beérkezést közel azonos frekvenciájú magas zavaróhullám ki akarunk választani, akkor a szűrőberendezés jósági tényezőjének növelésével — ami különben helyes útnak látszik — nem érjük el a kívánt eredményt, mivel a felbontóképesség rovására kell szükség-szerűen engedelményeket tennünk. Figyelemmel tipikus szeizmikus hullámbeérkezésekre, így limitálhatjuk a szűrőrendszer jósági tényezőjét. Hasonló megfontolások vezetnek pl. az automatikus erősítésszabályozás időállandójának határok közé szorítására.

Abból a tényből tehát, amit az előzőkben vázoltunk, azaz a felvételi technika bizonyos mértékű lezárt voltából, azonnal következtethetjük, hogy azokon a területeken, ahol korszerű mérőberendezéssel dolgozva sem sikerült eredményeket elérni, a reugéshullámok keltésének és terjedésének körülményeit kell vizsgálnunk.

Rögtön állapítsuk meg azt, hogy egyes területeken, geológiai adottságaik miatt, már eleve nem várhatunk reflexiókat. Ismeretes az a tapasztalat, hogy töredezett, vetőkkel szabdaltszerű területeken általában nem jelentkezik reflexió,



sőt gyakran éppen ez a negatív effektus utal vetők jelenlétére. Ezeket a területeket kizárjuk tárgyalásunkból, mint olyanokat, ahol nem lehet reflexió szeizmikával eredményt elérni. Hogy mennyire óvatosan kell azonban elbírálnunk egy területet ilyen szempontból, arra megemlítem Lyons [1] előbb idézett cikkéből azt, hogy statisztikájuk szerint az üledékes kőzetek komplex gyűrődéses vagy töredezett volta sokkal kevésbé játszik szerepet rosszul reflektáló területek kialakulásánál, mint közel felszíni hatások. Ez a tény kedvező a reflexiók kutatás számára és azt jelenti, hogy minden esetben meg kell vizsgálnunk a közel felszíni szeizmogeológiai adottságokat, még abban az esetben is, ha a reflexiók kimaradását mélyben fekvő szerkezeti viszonyok látszanak okozni.

A nem reflektáló területek tanulmányozásánál, tehát az esetek legtöbbszörében a közel felszín talaját kell megvizsgálnunk. Hazai viszonylatban ez annál is inkább fontos, mert nem reflektáló területeink előfordulása általában olyan, hogy a reflexiók kimaradása nem indokolható — egyelőre legalább is — mélyebben fekvő szerkezeti tulajdonságokkal. A kérdés rendszeres tudományos vizsgálatát eddig nem volt módunkban elvégezni. Ipari célkutató munkát végző csoportjaink azonban minden esetben figyelemmel voltak a kérdés fontosságára és adataiból, amelyek természetesen általában kvalitatívek, kialakíthatjuk nem reflektáló területeink jellemző képét.

Két jellegzetes, nem reflektáló terület-típussal találkoztunk: 1. ahol a reflektált energia teljes hiánya mutatkozik és 2. ahol az igen magas zavarvédő tette lehetetlenné a reflexiók beérkezések kimutatását.

Az 1. eset többhelyütt igen pregnánsan jelentkezett. Kifogástalan reflexiók beérkezések után, továbbhaladva a mérendő szelvényen, kb. 1 km távolságon belül a reflexiók teljes kimaradása következett, amivel sokszor még az első refrakció kimaradása is együtt járt. Előfordult a teljes energiahiány is. A lövések szokott módon, 10—18 m mély lyukakból történtek, maximálisan 5 kg dinamittal, minden esetben a talajvíz szintje alatt 8—10 m vízfojtással. A területek kiterjedéséről nincs pontos adatunk.

Egyet szelvényünkkel kb. 6 km hosszban harántoltunk. A terület kezdete és vége is élesen határolt volt. A mélyfúrások és a szeizmikus mérések adatai szerint a néma területekkel határos jól reflektáló részeken kb. 1500 m mélységben lévő triász korú mészkő alaphegységre települt fiatalabb üledékek mutatkoznak, igen enyhe dőléssel. A fiatalabb rétegek szeizmogeológiai szempontból egyneműek. Vetők feltételezésére nincs okunk.

A 2. típus több esetben, néha szintén éles határral jelentkezett. Az ilyen területek kiterjedésben is nagyobbak. A mutakozó zavarbeérkezések néha alacsony frekvenciális felszíni hullám jellegűek, az esetek többségében azonban a 30—40 cps. frekvenciasávba esnek.

Ez esetek részletesebb vizsgálata általában robbantástechnikai problémákhoz vezetett. Az első esetben vagy azt kell feltételeznünk, hogy a talaj

olyan abszorpciós tulajdonságokkal rendelkeznek, hogy a robbantáskor átadott tekintélyes energiát teljes egészében elnyeli, vagypedig, hogy az energiaátadás nem volt megfelelő.

Ha a talajt — reflexiós energia szempontjából — mint sávszűrőt tekintjük (*Clevell és Simon*. [2], *Vaszilijev* [3]), amely lényegileg a 15—100 cps. frekvencia-sávot engedi át, akkor még arra is gondolhatunk, hogy a robbantással keltett energia éppen a vágott frekvenciatartományokba esik. A felületi hullámok és az első refrakció időnként észlelt kimaradása azonban ezt kétségessé tette. Nem volt feltételezhető olyan intenzív abszorpció sem, amellyel a jelenséget magyarázhattuk volna. Az energiaátadási kérdés tanulmányozására egy mélyebb, 60 m-es lyukat rendszeresen végig szelvényeztünk, úgyhogy 60 m-től felfelé, 5—8 m-ként haladva, reflexiós felvételeket készítettünk. Megállapítottuk, hogy egy bizonyos mélységben, kb. 30 m-en löve, kifogástalan felvételt kaptunk. Mélyebben, vagy magasabban történt lövések eredménytelenek maradtak. A 60 m-es lyuk szelvénye nem mutatott a kritikus 30 m mélységben semilyen különlegességet, végig folytonosan változó összetételű, homokos agyag volt. Fennállhat természetesen az a lehetőség, hogy a kritikus mélységben, vagy annak közelében mechanikailag elkülönülő rétegek települtek. Ezt megvizsgálni nem volt módunkban.

A robbanási energiák átadásánál mutatkozó sajátosságos eset arra, a szeizmikus irodalomban mégcsak kevéssé tárgyalt tényre irányítja figyelmünket, hogy rétegezett, nem homogén feltalaj esetén az energia-átadást még más tényezők is döntően befolyásolják, mint amelyek homogén vagy legalább is vastag homogén rétegekkel bíró talajok esetén szerepelnek. Ugyanúgy, ahogy energia-átadásnál figyelembe kell vennünk ezt a körülményt, nem szabad figyelmen kívül hagynunk regisztrálásnál sem, tekintettel kell tehát lennünk a geofonok környezetének szeizmogeológiájára is.

A robbantásos hullámkeltés elméletének részletes tárgyalását megtaláljuk a szeizmikus irodalomban. *Ricker* [4], *Sharpe* [5], *Morris* [6], elméleti megállapításai és következtetései összhangban állanak tapasztalatainkkal, kivéve éppen a kis vastagságú rétegekből álló talajok esetét, különösen ha az említett rétegek még lényegesen különböző akusztikus impedanciát is mutatnak. Éppen ezért általában figyelemmel kísértük rutinméréseink során is a robbantási körülmények és a hullámkeltés eredményességének kapcsolatát. Eddigi tapasztalataink a következők:

1. úgy találtuk, hogy a robbantás közvetlen környezetének geológiai tulajdonságai és a reflektált rengéshullám intenzitása között nincs olyan szoros kapcsolat, mint azt általában feltételezni szokás. Csupán azt állapítottuk meg, hogy a talaj vízszintje felett végzett lövések kevés kivétellel eredménytelenek. A nedves agyagot azonban nem találtuk olyan jó energia-átvevő közegnek, mint ahogy azt a gyakorlati szeizmikusok általában vélik. Azokon a területeinken, ahol agyag fölé települt homokos és kavicsos rétegekkel is találkoztunk,

kísérletet tettünk a homokos, kavicsos rétegekben történő lövésre is. Sok esetben ugyanolyan jó energiaátadást értünk el kavicsban, illetve homokban, mint agyagban, azaz közettípusra való tekintet nélkül. A lövés mindenkor a talajvíz szintje alatt azonos körülmények között, mérsékelt nagyságú (maximum 1 kg dinamit) töltettel történt.

2. Az üregképződés hatását az energiaátadásra — amelynek Sharpe [5] részletes indokolását adta — általában kimutattuk. Kvalitatív eredményeink alátámasztják az elméleti megfontolásokat. Feltétlenül ki kell azonban még egészítenünk kvantitatív adatokkal, amelyek feltűntetik a rétegezetségi befolyását.

3. Tanulmányoztuk a szokásosnál mélyebb 45—50 m mély robbantólyukak jelentőségét. Ezt egy kettes típusba tartozó, tehát nagy zavarnívót mutató területen végeztük el. Az itt készült felvételeken igen intenzív alacsony frekvenciás zavar mutatkozott, ha a szokásos eljárásokat használtuk, a reflektált energiának pedig úgyszólván semmi nyoma. Az alacsony frekvenciás zavar kiszűrésére a felvevőbe épített szűrőrendszer, amely a szokásos alul és felül vágó szűrőkből kialakított sávszűrő típusú volt, nem bizonyult kielégítőnek, először tehát ennek csökkentéséről kellett gondoskodni. A robbantólyuk mélyítésével ez meg is történt, ugyanakkor azonban a töltés mennyiségét növelni kellett 20—30-szorosan. Ez az utóbbi ismét olyan tény, amely nem egyezik meg a homogén közegekre vonatkozó energiaátadási elméletből levonható következtetésekkel. Mély lyukak és nagy töltetek használatával jó eredményeket kaptunk eleinte nem reflektálóknak látszó területeken is.

4. Természetesen adódtak olyan tapasztalatok is, amelyek a felvevők elhelyezésére vonatkoztak. Úgy találtuk, hogy ugyanazon robbantólyuktól különböző irányba, de azonos távolságra terítve ki a geofonokat, igen különböző minőségű felvételeket kaptunk azonos robbantási körülmények esetén is. A reflektált energiának a geofon-robbantólyuk távolságtól való függésére — amelyet Lengyelországban *Kisow* tanulmányozott — nincsen hazai adatunk. Az említett jelenségek magyarázatára, ha nem akarjuk azt az igen kevés plauzibilis feltevést tenni, hogy a talaj-abszorpció kis területen belül is lényegesen változik, kisebb talajegységek rezonanciájára kell gondolnunk.

Figyelemmel tehát eddigi mérési tapasztalatainkra, úgy találjuk, hogy a robbantásos energiakeltés problémáját kell ismét vizsgálat tárgyává tennünk rétegezett feltalajok esetén. Valószínűnek látszik, hogy ezzel jutunk el olyan mérési eljárásokhoz, amelyekkel egyes nem reflektáló területek is eredményesen dolgozhatók fel. Különös figyelmet kell fordítanunk annak vizsgálatára, hogy egyes, többé-kevésbé izolált rétegek, vagy rétegdarabok saját-rezgései mennyiben vesznek részt az energiaátadás folyamatában és mennyire befolyásolják.

Talaj saját-rezgéseket szeizmológiai és dinamikus talajvizsgálatoknál sokszor észleltek és beszámoltak a tapasztalatokról. Itt csak *Meisser* [7] kézikönyvének erre vonatkozó összefoglalására utalok. A gyakorlati szeizmikusok is sokszor érintik ezt a kérdést (*H. J. McCready* [8]), *Mitera* [9] és *Vir* [10]



a lengyelországi geofizikai mérésekről szóló beszámolóikban a mi észrevételeinkkel egyező tapasztalatokról számolnak be. *Vir* külön részletez olyan esetet, ahol agyag fölé települt kavicsréteg saját rezgése lényeges szerepet játszott energiaátadásnál. *Sharpe* [ 5 ] megfontolásait és igen gondosan kivitelezett mérési eredményeit is jobban tudjuk értelmezni, ha abszorbción kívül még a rugalmas hullámokat kialakító felület nagyságát és esetleges önálló rezgését is figyelembe vesszük. Mint ismeretes, *Poulter* [ 11 ] eljárásának lényege is éppen egy aránylag nagy, megfelelő (30—50 cps.) frekvenciában rezgő, sugárzó talajegység kialakítása. Saját rezgési esetekről számol be *Clewell* és *Simon* [ 2 ] is. Ők szeizmikus hullámok regisztrálásánál találtak kb. 5×5 m-es talajfelület rezonanciájával.

Mindezek a kvalitatív tapasztalatok és eléggé szórványos irodalmi adatok felvetik ugyan a kérdést, hogy a robbantásos hullámkeltésnél is nem kell-e nagyobb jelentőséget tulajdonítanunk önállóan rezgő felületek kialakulásának, mint azt eddig tettük, azonban nem elégségesek ahhoz, hogy határozott választ kaphassunk. A kérdések megoldására a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Bizottsága javaslatára a Geofizikai Intézet külön kutatócsoportot szervezett a robbantástechnikai kérdések és a nem reflektáló területek tanulmányozására. E csoport létesítésével az Intézet kettős célt kíván elérni: egyrészt biztosítani akarja a problémakör rendszeres tudományos feldolgozását, amely rutincsoportok keretei között aligha lenne lehetséges, másrészt pedig olyan mérési metodika kidolgozására ad lehetőséget, amellyel a rutincsoportok is eredményesen foghatnak hozzá nem reflektáló területek feldolgozásához.

Röviden kitérek a kutatócsoport programjának ismertetésére azzal a megjegyzéssel, hogy a tervünket bizonyos mértékig meghatározza az az igyekezetünk, amely nyersanyagkutató feladataink mielőbbi megoldására irányul.

1. Energiamérés a robbantási helytől nagyobb 3-400 m távolságban, különböző robbantási körülmények között. Az energiamérés a felületi, direkt, refraktált és reflektált hullámokra egyaránt vonatkozik. Amikor különböző robbantási körülményekre gondolunk, nem csupán azokat a kísérleteket értjük, amelyeket különböző mélységben, különböző talajtípusokban, különböző töltésmennyiségekkel szándékozunk végezni, hanem egyes speciális eljárások hazai kipróbálására is. Ilyenek lennének pl. a *Poulter*-eljárás, a felületi lövések, az irányított lövések stb. módszerek. A méréseket ismert jól reflektáló és lehetőleg vele szomszédos rosszul, vagy sehogysem reflektáló területeken is elvégezzük. Különösen fontosak látszik az energiahiányt mutató egyes típusú területeken végzendő mérésorozatot.

2. Energiamérés a robbantóhely igen kis, maximum 0.5 m-es környezetében, különös tekintettel a keltett energia frekvenciaspektrumára.

3. Abból a célból, hogy az energiaátadás jóságát meghatározzuk, a robbantóhely nagyobb, kb. 10 m-es környezetében megállapítjuk az energiafrekvenciaeloszlását.

4. A talaj elnyelési együtthatójának vizsgálatára a közvetlen közelben végzett energiamérés adatait a távolabb végzett energiamérési adatokkal kell összehasonlítani.

5. A keltett energia irányítottságára a robbantólyuk közelében mélyített fúrólukokban kell energiamérést végeznünk. A 2.—5. alatti méréseket ugyanúgy változatos robbantási körülmények között szándékozunk elvégezni, mint azt az 1.-nél már jeleztük.

E kutatócsoportunknak, amely méréseit még csak e hónapban kezdte meg, egyelőre néhány részeredménye van. Hogy a nem reflektáló rétegek és a robbantásos rengéshullámkeltés problémakörét, mint a mai szeizmikus kutatás egyik legfontosabb kérdéscsoportját már a megoldások kezdeti stádiumában is előhoztuk, abban a tudatban tettük, hogy e kérdések megoldása elsőrendűen fontos minden olyan államban, ahol intenzív nyersanyagkutatás folyik szeizmikus módszerekkel. Biztosak vagyunk abban, hogy a felsorakoztatott problémák most következő megvitatása, külföldi vendégeink megállapításai, mindnyájunk számára hasznos tanulságot jelentenek és előbbre visznek bennünket a megoldások felé.

#### IRODALOM

1. *P. L. Lyons* : A Seismic Reflection Quality Map of the United States. *Geophysics* Vol. XVI. p. 506.
2. *D. H. Clewell and R. F. Simon* : Seismic Wave Propagation. *Geophysics*. Vol. XV. p. 50.
3. *Ju. J. Vasziljev* : Об определении коэффициента поглощения сейсмических волн. *Известия Академии Наук СССР. Серия Геофизическая*, 1950./4. p. 1.
4. *N. Ricker* : The form and Nature of Seismic Waves and the Structure of the Seismograms. *Geophysics*. Vol. V. p. 348.
5. *J. A. Sharpe* : Results of Observations near an Exploding Charge. *Geophysics*, Vol. VII. p. 144 és p. 311.
6. *G. Morris* : Some Considerations of the Mechanism of the Generation of Seismic Waves by Explosives. *Geophysics*, Vol. XV. p. 61.
7. *O. Meisser* : *Praktische Geophysik*. Dresden, 1943. p. 273.
8. *H. J. McCready* : Shot Hole Characteristic in Reflection Seismology. *Geophysics*, Vol. V. p. 373.
9. *Z. A. Mitera* : Present Status and Future Aspects of Geophysical Exploration in Poland. *Geophysics*, Vol. III. p. 225.
10. *S. M. Vir* : Geophysical Exploration in Poland. *Geophysics*, Vol. IX. p. 143.
11. *Th. C. Poulter* : The Poulter Seismic Method of Geophysical Exploration. *Geophysics*, Vol. XV. p. 181.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

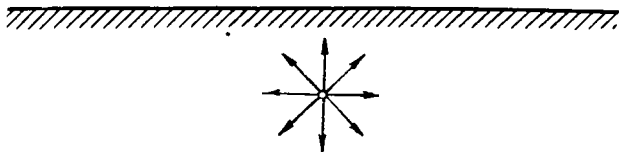
GÁLFI JÁNOS előadásához

EGYED LÁSZLÓ

Miután a szeizmika elvileg a geometriai optikai törvényein alapszik, célszerű a néma területek kérdését egy optikai modellen megnézni. Vegyünk egy fényforrást, egy tükörrendszert s egy fényfelfogó rendszert. »Néma zónárok« ennél a modellenél akkor beszélhetünk, amikor a tükörrendszerről nem érkeznek fényjelek a jelfelvevőkhöz. Világos, hogy »néma zóna« akkor állhat elő, ha:

1. a tükörrendszer diffúz felületekből áll;
2. ha a réteg között nagy abszorbcióval bíró rétegek vannak;
3. ha rossz a fényforrásom;
4. a mélyebb rétegre néma a terület, ha a fényforráshoz közel igen jó reflektáló felület van s ehhez egy optikailag sokkal ritkább csatlakozik.

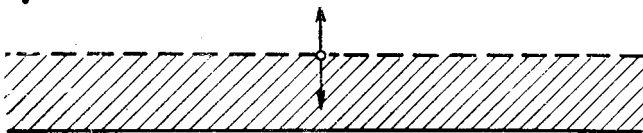
A reflexiós mérések szempontjából diffúz felületeknek tekinthetők a töréssel szabdaltságot területek. De ugyanaz a helyzet az antiklinálisok tengelye



1. ábra

fölött helyetfoglaló felületekkel is. Itt ugyanis a kéregmozgások szétlazítják a rétegeket és tönkreteszik a reflektáló felületeket.

Hogy egy felület diffúz-e vagy nem, az elektromágneses hullámok esetében, az részben a hullám hosszától is függ, mert míg pl. a Földfelszín diffúz a látható fény szempontjából, a radar szempontjából jó visszaverő felületnek számít.



2. ábra

Az analógia arra mutat, hogy esetleg az ilyen »néma zónákon« talán a hullámok frekvenciájának a változtatásával lehetséges segíteni.

Egészen hasonló a helyzet az erősen abszorbens rétegeknél is.

A harmadik esettel kapcsolatban kénytelenek vagyunk először megvizsgálni, hogy hogyan is jön létre a szeizmikus hullám. Itt egy új elgondolást szeretnék ismertetni a robbantással keltett szeizmikus hullámok keletkezésével kapcsolatban.

A robbantás első pillanata helyettesíthető elvileg azzal, hogy a mélységben egy centrum körül minden irányban ugyanakkora nyomóerő hat (1. ábra).



A nyomóerőket felbonthatjuk vízszintes és függőleges irányú erők összegére. A vízszintes irányú erők teljesen szimmetrikusan hatnak minden irányban. A vertikális erők eredményeképpen a robbantáspontban, miután a robbantáspont felett lévő réteg tömege elhanyagolható az alatta lévő tömeghez képest, a helyzet úgy fogható fel, mintha egy elasztikus aljzaton nyugvó rugalmas tömegre egy pontban egy koncentrált erő hatna (2. ábra) Rugalmas rúd esetén erre felírható az

$$E. J. \frac{d^4 \zeta}{dx^4} + p \cdot h \frac{d^2 \zeta}{dx^2} + k \zeta = 0.$$

negyedrendszerű differenciálegyenlet. Ebben az esetben azonban miután pl.  $J$  is a távolság függvénye, ez módosulni fog. A deformációt össze kell kapcsolnunk a rezgésegyenlettel s akkor a kettő meghatározza a kialakult rengés frekvenciáját.

A rengéskeltés e mechanizmusa szerint a robbantás tulajdonképpen egy lemez egyetlen pontjában erőhatást hoz létre s a robbanás energiája a fölötté lévő lemez rugalmas energiájává alakul át s ennek a lemeznek a rugalmas mozgása adja le azt a jelesomagot, amely azután a mélybe lehatolva, mint reflektált energia később a felszínen észlelhető lesz. A felírt összefüggésből látható, hogy a létrejövő hullám frekvenciáját a lemez rugalmassági adatai és vastagsága határozzák meg, de függvénye az alatta lévő rétegeknek is, valamint esetleg a fölötté lévő nem rugalmas tömegek súlyának.

Ha ezt figyelembe vesszük, akkor ebből sok minden megmagyarázható a néma zónákra vonatkozólag s egyúttal arra is lehetőség nyílik, hogy a rugalmas hullám frekvenciáját ezzel változtathassuk, tehát esetleg ezen az úton eltüntethetjük az abszorbeáló és diffúzfelületek egy részét. Ebből az is érthető, hogy sok esetben van olyan mélység, amelyből jó reflexiókat lehet előállítani, míg alatta és felette a viszonyok erősen romlanak, mégpedig lefelé jobban, mint felfelé, miután a rétegek frekvencia levágása nagyobb frekvenciák felé élesebb. A pontos viszonyokat csakis az elmélet kidolgozása után lehet megadni.

Hogy ez az elmélet helyes-e, vagy nem, azt végső fokon csakis a mérések dönthetik el. Éppen ezért rendkívül fontos lenne olyan mérések beállítása, amelyek a rengésfrekvenciának a robbantás mélységétől való függését tisztáznák.

Ha az elmélet helyes, akkor komoly irányt fog szabni a kutatásoknak és feltétlenül komoly lépést jelent a néma zónák megszüntetésének a vonalán.

A negyedik esettel kapcsolatban végül mégemlítjük, hogy ez úgy jelentkezhethet, mint egy olyan terület, ahol az első refrakciós beérkezések megvannak, de reflexiók nem észlelhetők a szeizmogramokon.

Ha nem nagyon mély a zavaró felület, akkor az alatta való robbantás segíthet, azonban a rezgéskeltés előbbi elmélete szerint romolhatnak a frekvenciaviszonyok s legfeljebb csak kompromisszumos megoldáshoz juthatnak.

#### MARÓTHY GÉZA

Mint a Geofizikai Intézet külső robbantási szakértője és a soproni Nehézipari Műszaki Egyetem geofizikai mérnökhallgatói részére tartott, a »Robbanás technikája« című tantárgy meghívott előadója, tehát mint robbantó technikus, kívánok néhány szót szólni Gálfi kartárs igen érdekes előadásához.

A geoszeizmikus robbantásokkal kapcsolatban a kongresszuson keresztül szeretném illetékes hatóságok figyelmét néhány olyan megoldandó problé-

mára felhívni, amelyekre, véleményem szerint, a műszaki lehetőségek és adottságok már megvannak, s amelyek mielőbbi megoldása a haladás és a fejlődés szempontjából nélkülözhetetlen. Hogy csak néhány példát említsek ezek közül, itt van például a dinamit, amelyet közel 100 éve használunk robbantási célokra. Ez, mint tudjuk,  $+ 8^{\circ}\text{C}$  fölött megfagy, kezelése ilyenkor bizonytalanná válik, azonkívül indíthatósága is nehéz. Ezzel szemben nagy melegben viszont túlságosan plasztikus, fennáll az elkenés veszélye; ez a gyakorlatban nem egyszer előfordul. Azt mondhatjuk tehát, hogy a dinamit a korszerű követelményeknek ma már nem felel meg. Eljött az ideje annak, hogy helyette egy korszerűbb robbanóanyagot használjunk, amelyet — figyelembevételével a hazai lehetőségeket — leginkább gyárthatunk. Ez a pentrit, egy másik pedig a nitropentál. Ezeket kívül azonban még több más lehetőség is van a korszerűbb robbanóanyag gyártására. Az említett robbantószerek megvan az az előnye, hogy eutektikus keveréke öntés útján könnyen előállítható, már 10 dekától kezdve egészen akár 5—10 kg-os adagokban. Emellett detonációs sebessége nagyobb, mint a dinamité, tehát az a bizonyos fényforrás ezáltal máris erősebb, ha dinamit helyett használjuk. Javasolom ezen új robbantószerek gyártásának megindítását.

Gálfi János előadásából hallottuk, hogy éppen a néma zónák feltárásánál bizonyos előnyben részesíthetjük az eddig alkalmazott, lyukba való robbantással szemben a levegőben való robbantást. Erre viszont feltétlenül külön, erre a célra gyártott, teljesen egyenletes működésű gyutacsok alkalmazása szükséges, mert könnyen elképzelhető, hogy amennyiben a gyutacsok nem teljesen egyenletesen működnek, akkor olyan differencia adódik, amely már magában a rezgési hullámok keltésében később meghamisítja az eredményt.

A hazai lehetőségek szintén megvannak az ilyen gyutacsok gyártására, csak megfelelő kísérletek útján ki kell alakítani azt a típust, amely a támasztott követelményeknek megfelel.

Teljesen tisztázatlan még az a kérdés is, hogy úgy a lyukban, mint a levegőben való robbantásnál miként alkalmazhatók a korszerű robbantó technikának az üreges töltetei. A gyakorlatban az irányított robbantásoknál mintegy 20—30-szoros energia-koncentrációt tudunk elérni. Ez két szempontból feltétlenül így van. Egyrészt ugyanazon töltet-mennyiséggel 20—30-szoros energiahatást tudunk elérni. Itt a szűrési problémát egyszerűsíteni tudjuk. Másrészt gazdasági szempontból is feltétlenül érdemes ennek keresztülvitele, mert ugyanazon hatás eléréséhez  $1/20$  mennyiségű robbanóanyagra van szükségünk. Mindkét kérdés kikísérletezése feltétlenül célszerű és szükséges.

A fenti néhány kiragadott probléma természetesen még korántsem jelenti az összes problémákat, de mindenesetre rámutat arra, amit az előadó említett, hogy amíg a műszerteknika további nagyarányú fejlődésével nem számolhatunk, addig a robbantási technika terén egészen komoly feladatok, de ugyanakkor lehetőségek is állnak előttünk. Éppen ezért feltétlenül szükségesnek tartom és javaslok, hogy a robbantó kísérleti csoport — amelynek felállítására Gálfi János is indítványt tett — mielőbb kezdje meg intenzív működését, hogy ezáltal minél hamarabb behozhassuk azt a lemaradást, amelyet pillanatnyilag a robbantás-technika terén a műszerteknikával szemben észlelünk. A magam részéről ígérem, hogy amennyiben meg lesz erre a lehetőség, nagy örömmel veszek részt ezekben az úttörő kísérletekben és munkatársaimmal együtt azon leszünk, hogy a geoszeizmikus robbantások tökéletesítésével minél előbbre jussunk a fejlődés útján.

**A FÖLD MÁGNESES TERE  
CSEHSZLOVÁKIA TERÜLETÉN ÉS CSATLAKOZÁSA  
A SZOMSZÉDÁLLAMOK TEREIHEZ,  
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A HATÁRTERÜLETEK  
MÁGNESES IZODINÁM VONALAINAK  
MEGSZERKESZTÉSÉRE**

Dr. JAN BOUŠKA

a prágai Fizikai Intézet osztályvezetője

A második világháború vége és Csehszlovákiának a szovjet hadsereg által történt felszabadítása megteremtette nálunk a tudományos munka teljesí-  
ramú fejlődésének előfeltételeit. Ezzel kapcsolatban geofizikánk is hozzáfogha-  
tott alapvető feladatainak nagyvonalú megoldásához. Csehszlovákiában a föld-  
mágnességi vizsgálatok terén a legaktuálisabb és legfontosabb feladat volt  
az új földmágnességi obszervatórium *Pruhonicé*-ben való kiépítése (kárpótlás  
Prágáért) és új, teljes I. rendű földmágnességi hálózat elkészítése.

Csehszlovákiának komoly hagyományai vannak földmágnességi vizsgálatok  
terén. A prágai földmágnességi obszervatórium (*Klementinum*), melyet *Kreil K.*  
[1] alapított 1839-ben, sorrendben kb. a világ 3. obszervatóriuma volt, ahol  
az összes földmágnességi elemeket mérték. A múlt század végén a mai Cseh-  
szlovákia területén két rendszeresen működő földmágnességi obszervatórium  
volt, és pedig *Prágában* és *Stara Dalában* (Ógyallán, ma Hurbanovo), az utóbbit  
*Konkoly-Thege Miklós* magyar tudós alapította. Mindkét obszervatórium  
teljes mértékben bekapcsolódott a nemzetközi együttműködésbe.

A földmágnességi vizsgálatok nálunk azonban nem korlátozódtak csupán  
a megfigyelő munkára. A mai Csehszlovákia rendelkezett a legrégebbi *izodinám*  
*térképek* egyikével is, amelyet több, mint száz évvel ezelőtt, méréseinek ered-  
ménye alapján a prágai *Kreil Károly* dolgozott ki [2]. Alapvető jelentőségűek  
voltak az elmúlt század végén *Liznar József* cseh szakember munkái [3]. Még ma  
is az ő általa készített földmágnességi térképekre támaszkodunk, különösen az év-  
százados változások tanulmányozásánál. Szlovákia területén az első földmagnes-  
ségi munkákat *Schenzl Guido* [4], később pedig *Kurländer Ignác* [5] végezték.

A két világháború között mágneses szakembereink figyelmüket főleg  
a mágneses deklináció eloszlásának részletesebb vizsgálatára összpontosították  
Csehszlovákia területén. Ide tartoznak főleg *Čechura Fr.* [6, 7, 8], továbbá  
*Běhounek Rud.* [9] és *Šalamon B.* [10] munkái. Ez a célkitűzés indokolt volt,  
azonban nem vezetett a földmágnességi tér teljes megismeréséhez. Az I. rendű,  
új és teljes földmágnességi térképezés végrehajtása nálunk az első, polgári  
köztársaságban gyakorlatilag nem volt keresztülvihető.



1939 és 1945 között, amikor hazánk a nácik megszállása alatt volt, a német geofizikusok I. rendű földmágnességi mérést akartak területünkön végrehajtani. *J. Bartels* ismert geofizikus 1941-ben a következőket írta Prágában: »Es wäre sehr erwünscht, eine magnetische Vermessung I. Ordnung für das Protektorat zu bekommen.« De a megszállók sem hajtották végre ezt a feladatot.

Csak 1945-ben, az új népi, demokratikus Csehszlovák Köztársaságban lehetett ezt a nagy kiterjedésű munkát nemcsak tervezni, hanem végrehajtását is biztosítani és megvalósítani. Az összes régebbi források gondos áttanulmányozása után kidolgoztam a munkamenet tervét. A *Prágai Állami Geofizikai Intézet* földmágnességi csoportja jól el volt látva *Askania*-műszerekkel. A műszerek azonban, melyekkel az egyes állomásokon a méréseket végrehajtották, egyes alapvető megfigyelések szempontjából nem voltak a nemzetközi szabványokkal összehasonlíthatók. Állandókat ugyan meghatározták (a mágnesek hőmérsékleti és indukciós koeficienseit 1943-ban Niemeckben, — a Német Demokratikus Köztársaságban —, és három alkalommal különböző prágai intézetekben), mégis feltételezhető azonban, hogy az intenzitás mérésnek eredményeit kisebb rendszeres hiba terheli. Ennek a hibának a kiküszöbölésére 1946 óta hiába törekszünk.

A külső munkákhoz szükséges műszereket az 1946—1948. években a *Katonai Földrajzi Intézet* bocsátotta rendelkezésre, amelynek csoportja mérte a mágneses deklinációt a I. F. rendű állomásokon. Variációs állomás kiépítése *Pruhonicé*-ben, Prága mellett, lehetővé tette a mérési eredmények szükséges redukciójának végrehajtását.

Az *Állami Geofizikai Intézet* és a *Katonai Földrajzi Intézet* együttműködése őszinte és alkotó volt. A *Katonai Földrajzi Intézet*et mindenképp a mágneses deklináció érdekelte. Ezért *Jos. Vykutíl*-l karöltve [11] feldolgoztuk az új és régebbi deklinációs méréseket összesen 427 állomásra vonatkozóan és kidolgoztuk az *izogón térképet* az 1949,5 epochára vonatkozóan. Ehhez csatoltuk a deklináció izopor térképét és 16 oldal szöveget táblázatokkal. Ilyen gyakorlati célokot szolgáló izogon-térképet minden 5 évben fogunk a *Katonai Földrajzi Intézettel* együtt kiadni.

A földmágnességi tér többi determináló elemét ( $H, I, X, Y, Z, T$ ) Cseh-Morvaország 161 I. rendű állomására vonatkozóan az *Állami Geofizikai Intézet*ben számították ki és az 1950,0 epochára redukálták. Az egyes elemek térképeit a *Központi Fizikai Intézet* geofizikai osztályában szerkesztik meg.

Tekintettel a Csehszlovák Köztársaság alakjára, az alaptérkép elkészítésénél meridián mentén hossztartó hengervetületet alkalmaztunk és  $\varphi_0$ -nak a  $49^{\circ}45'$  szélességi kört választottuk.

A kiegyenlített izodinámok számításánál nálunk eddig azt a módszert alkalmazták, melyet már *Jos. Liznar* [3] részletesen kifejtett és melyet eddig máshol is rendszeresen alkalmaztak. *Liznar* abból a feltételezésből indult ki, hogy a földmágnességi elemek normálértékei a vizsgált terület meghatározott vidékein a  $\lambda$  és  $\varphi$  földrajzi koordináták függvényei. A számítás szempontjából

feltételezi, hogy az elem normálértéke az  $E_s$  állomáson egyidejűleg az elem  $E_0$  obszervatóriumbeli normálértékének és a kölcsönös földrajzi helyzetnek függvénye, vagyis:

$$E_s = E_0 + \alpha \Delta \varphi + \beta \Delta \lambda + \gamma \Delta \varphi^2 + \delta \Delta \varphi \Delta \lambda + \varepsilon \Delta \lambda^2,$$

ahol  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\varepsilon$  állandók, melyek mérési eredményekből, számítás útján határozandók meg. Liznar felfogását nálunk utoljára Fr. Čechura alkalmazta [6, 7, 8]. Abból a feltételezésből indult ki, hogy az elemek tényleges és normálértékei közötti különbségek véletlen hibáknak tekinthetők és hogy ennél fogva a normálértékek egyszerű kiegyenlítő számítás útján érhetőek el. Jelenleg ezt a módszert akkor alkalmazzuk, amikor a  $Z$  függőleges összetevő normális terét előzetesen megközelítőleg vizsgáljuk gyakorlati célból. Ennek a módszernek megfelelő vagy meg nem felelő voltárol sokat vitatkoztak [13]. Ma már világos, hogy bármely természeti jelenség normális volta nem határozható meg csupán matematikai, tehát csupán formális feltétellel, hanem azokat a feltételeket is figyelembe kell venni, melyek a jelenség fizikai lényegével függnek össze. A második világháború előtt B. Salamon [14] kezdeményezésére az Állami Geofizikai Intézet megkísérelte, hogy a mágneses deklináció eloszlását Csehszlovákia területén egységesen feldolgozza. Elhatározta, hogy a normális deklináció értékeit tárgyi és nem csupán formális feltételek alapján határozza meg. Fr. Čechura deklináció mérési eredményeinek bírálata többek között kimutatta, hogy a mágneses deklináció normális eloszlása Csehszlovákia területén úgy nyilvánul meg, mintha a földgolyón elhelyezett földszávról lenne szó, mely átmérői egyikének irányában szimmetrikusan mágnesezett, úgyhogy ez az átmérő tekinthető a mágnesezés tengelyének. Ennek a tengelynek a valószínű helyzetét statisztikailag megtalálták. Ezek után már pusztán matematikai probléma volt a mágneses deklináció normális értékének összefüggését a földrajzi koordinátákkal pontos képletek alakjában, nem pedig csupán megközelítő kifejtések alakjában meghatározni. A Kreil- és Liznar-féle eredmények megfelelő feldolgozása megközelítő segítséget nyújtott a csehszlovák földszáv mágneses tengelye évszázados változásának meghatározására. Ez a módszer 1953-ban kerül végleges kipróbálásra, amikor kiszámítják új mérési eredményeinkből a földmágnességi tér összes elemének normális értékét.

Ezután új elveket kell találnunk a többi földmágneses elem normálértékének meghatározására, melyek hasonlítanak a mágneses deklinációnál alkalmazott elvekhez. Ez a feladat elméletileg nehezebb lesz, mint a deklinációnál volt, mivel a probléma mértani fogalmazása bonyolult. A földmágnességi térképeken csak néhány ábrázolható azok közül az izodinám vonalak közül, melyekből mértani segédeszközökkel ki lehet egészíteni a tér bármelyik szabályos vagy szinguláris részének minél egyértelműbb letérképezését, és pedig annak a követelménynek egyidejű teljesítése mellett, hogy két-két szomszédos izodinám vonal értéke a  $\Delta E$  állandó értékkel különbözzék egymástól. Az új térképeken, melyeket

egyelőre Cseh-Morvaországra nézve dolgoztunk ki, a vonalak legkedvezőbb sűrűségi értékeiként  $\Delta D = 5'$ ,  $\Delta H = 50 \gamma$  és  $\Delta Z = 50 \gamma$  értékeket választottuk. Munkánk elméleti alapja, az állomások topográfiája, az eredmények számszerű kiértékelése, grafikus szemléltetésük térképeken, valamint előzetes interpretációjuk részletesen megjelenik a »A földmágnességi tér rendszeres kutatása Cseh-Morvaországban 1950,0 epochára vonatkoztatva« című kiadványban, melynek kéziratát folyó év decemberében fejezem be. A Szlovákiában végrehajtott mágneses mérések befejezése után ugyanezekkel a módszerekkel hasonló munkát dolgozunk ki Szlovákiára vonatkozóan. Az egész köztársaságot érintő szintézist *St. Ochabával* együtt végezzük el, aki jelenleg a szlovákiai méréseket végzi.

Az eddigi eredmények feldolgozásánál országunk különböző határvidékein (pl. a Broumov-i kiszögelésben, ahol Lengyelországgal vagyunk határosak, Dél-Morvaországban, az osztrák határ mentén, stb.) a földmágnességi tér komoly zavarai mutatkoztak. A természetes és főleg a normális mágneses izogörbék helyes megszerkesztése a határvidéken csak akkor lehetséges, ha ismerjük az országhatárok mindkét oldalára vonatkozó adatokat. Csehszlovákiában ezeken a területeken az összes elemeket részletesebben mérjük, hogy anyagunk minél teljesebb legyen. Biztosítani kell azonban a legszorosabb együttműködés lehetőségét köztünk és szomszédaink között. Eddig azonban még nem sikerült valóban nyílt és szoros együttműködést biztosítanunk sem a Szovjetunió geofizikusaival, sem a többi baráti népi demokratikus ország geofizikusaival. Nehézségek merülnek fel az eredmények és tapasztalatok kicserélése terén. Csak a legutóbbi időben rajzolódnak ki geofizikusaink számára kedvező távlatok annak a ténynek következtében, hogy a Csehszlovák Köztársaság újonnan megalapított Tudományos Akadémiája már működése legelején nagy megértést tanúsított a csehszlovák geofizikusok munkája iránt és gondoskodik munkájuk szervezett biztosításáról.

Kezdeményezésemre a Csehszlovák Tudományos Kutató Tanács mellett működő Csehszlovák Nemzeti Geodéziai és Geofizikai Bizottság Geofizikai Osztálya is foglalkozott mágneses műszereink nemzetközi standardokkal való összehasonlításának kérdésével. Ma Csehszlovákiában elő vannak készítve a csehszlovák obszervatóriumok 1950 és 1951 évi földmágnességi évkönyveinek kéziratai, részletesen ki vannak dolgozva a Cseh-Morvaországra vonatkozó mérések az 1950,0 epochára vonatkoztatva és nemcsak az izogonok, hanem a vízszintes és függőleges izodinám vonalak ideiglenes térképei is előkészületben vannak [12]. Az összehasonlítás *Pruhonice* és *Hurbanovo* között évente megtörténik, úgyhogy biztosítva van az anyag belső homogenitása. Szem előtt kell azonban tartani, hogy a földmágnességi mérések eredményei csak akkor teljes értékűek, ha minden megtörténik annak érdekében, hogy azok a szomszédállamok földmágnességi eredményeinek mozaikjába a homogenitás biztosításával legyenek beilleszthetők.



Nem tűrhetjük tovább azt az állapotot, hogy országunk területén végrehajtott minden fontos földmágnességi munka feldolgozása csupán ideiglenes legyen. A Csehszlovák Nemzeti Bizottságnak tudomása van arról, hogy hasonló nehézségek uralkodnak a többi országban is. Ezért javaslatomra nemrég határozatot hozott arról, hogy nemzetközi tárgyalásokat kell kezdeményezni az említett hiányosságok gyors kiküszöbölése érdekében. Csak a legszorosabb nemzetközi együttműködés biztosíthatja az alapvető földmágnességi kutatás olyan sikeres fejlődését, melyre országunknak szüksége van.

Kérem ezért a kongresszust, kezdeményezzen valóban testvéri, újszerű együttműködést és fektesse le ily módon nemcsak a földmágnességi kutatások, hanem az egész geofizika hatalmas fejlődésének alapjait.

#### IRODALOM

1. Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag. I. Jhrg. (Prag, 1841.)
2. K. Kreil : Magnetische und geographische Ortsbestimmungen in Böhmen. (Prag, 1846.)
3. Jos. Liznar : Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft in Österreich-Ungarn zur Epoche 1890,0... (Wien, 1895.)
4. G. Schenzl : Beiträge zur Kenntnis der erdmagnetischen Verhältnisse in den Ländern der ungarischen Krone. (Budapest, 1881.)
5. I. Kurländer : Erdmagnetische Messungen in den Ländern der ungarischen Krone in den Jahren 1892—1894. (Bpest, 1896.)
6. Fr. Čechura : Mágneses deklináció Csehországban az 1925,5 korszakra. (A Cseh Akadémia II. oszt. értekezlete, XXXVI, 35 és XXXIX, 4 és 6.)
7. Fr. Čechura : Mágneses deklináció Morva-Sziléziában az 1925,5 időszakra. (A Cseh Akadémia II. oszt. ért., XXXIX, 53.)
8. Fr. Čechura : Mágneses deklináció Szlovákiában az 1932,0 időszakra. Természettudományi Klub Gyűjteménye. (Košice, II, 1933—34.)
9. R. Běhounek : Mágneses mérések Szlovákiában, Morvaország-Sziléziában és Kárpátalján. (Prágai Geofizikai Intézet, 1939.)
10. B. Šalamon és R. Běhounek : CSR isogon-térképe az 1938,5 időszakra. 1 : 2,000,000. (Csehszl. Állami Geof. Int. 1930. évi évkönyve, Praha, 1939.)
11. Jan Bouška és Jos. Vykutíl : CSR isogon-térképe az 1949,5 időszakra (Áll. Geofiz. Int. és Kat. Földr. Int., Praha, 1950.)
12. Jan Bouška—Al. Koči : Vertikális isodinam vonalak Cseh-Morvaországban az 1950,0 időszakra. (Sajtó alatt.)
13. V. Léska : Bemerkungen zu A. Schedler, Zusammenfassende Bearbeitung und Darstellung der magnetischen Deklination in Österreich, Böhmen und Mähren-Schlesien zur Epoche 1930,0. (Ergänzungen-Hefte für angewandte Geophysik, III, 4, Leipzig, 1933.)
14. B. Šalamon : Az Állami Geofizikai Intézet eddigi munkái és jövő munkaprogrammja (A csehszl. geográfusok II. kongresszusának Gyűjteménye, Bratislava, 1933.)

## HOZZÁSZÓLÁS

J. BOUŠKA előadásához

BARTA GYÖRGY

Nagy örömmel hallottam, hogy a szomszédos csehszlovák állam mágneses mérései milyen előrehaladott állapotban vannak. Hasonlóképpen örömmel hallottam, hogy az ógyallai obszervatórium ismét felvette a mágneses munkát. Ez annál nagyobb öröömre szolgált, mert a Magyarországon Budán 1871-ben megindult mindhárom mágneses összetevőre kiterjedő mágneses észleléssorozat 1893-ban Ógyallán folytatódott. Hogy ezt a sorozatot a budakeszi obszervatóriumra átszámíthassuk, párhuzamos évközepe értékekre van szükségünk. Ezek az áthidaló értékek tehát rendelkezésünkre fognak állani.

A prágai hosszú megfigyelési sorozat minket is nagyon érdekelt. Nálunk 1696-ból maradt fenn néhány szórvány elhajlás-adat. Az első obszervatórium jellegű mágneses deklináció sorozat-mérés 1781-ben kezdődött meg Budapesten. Az adatok azonban csak 1802-ig követhetők, azután csak egyes szórvány-mérések maradtak fenn 1871-ig a budai obszervatórium megindulásáig. A hosszú prágai sorozathoz nekünk csak az elhajlás-adataink vannak meg. Kérjük tehát csehszlovák kartársainkat, hogy a Pruchonice-i obszervatórium adatainak a kiadásában egy a régi obszervatóriumi és szórvány adatokat felölelő mindhárom elemre kiterjedő összeállítást közölni sziveskedjenek. Mi a saját sorozatunkat kritikai vizsgálattal együtt, közeljövőben szintén közölni fogjuk.

Nagy örömmel hallottam az őszinte és baráti együttműködési készséget. Ilyen természetű kutatást eredményesen és magasabb szempontból átfogóan csak egymás eredményeinek ismeretében, együttműködve lehet végezni.





TARTALOMJEGYZÉK

A budapesti Geodéziai és Geofizikai Kongresszus (bevezető) .....	429
<i>Hevesi Gyula</i> : Megnyitó.....	431
<i>Vendel Miklós</i> : Elnöki bevezető.....	433
<i>Váhl Miklós</i> : A béke érdekében.....	437
<i>Hazay István</i> : Az országos és kontinentális háromszögelési hálózatok kiegyenlítéséről..	439
Hozzászólások : <i>Szilágyi Béla</i> .....	449
<i>Rédey István</i> .....	450
<i>Hönyi Ede</i> .....	450
<i>Homoródi Lajos</i> .....	451
<i>Regőczy Emil</i> : »Harmadrendű háromszögelési hálózatból levezetett elsőrendű hálózat« c. előadásának kivonata .....	453
Hozzászólások : <i>Sébor János</i> .....	455
<i>Homoródi Lajos</i> .....	457
<i>Kowalczyk Zsigmond</i> .....	459
<i>Hazay István</i> válasza a saját és Regőczy Emil előadásához elhangzott hozzászólásokra	459
<i>Kowalczyk Zsigmond</i> : A geodézia fejlődése a népi Lengyelországban.....	461
Hozzászólások : <i>Bendefy László</i> .....	471
<i>Duchon Béla</i> .....	473
<i>Renner János</i> .....	473
<i>Hazay István</i> .....	473
<i>Vendel Miklós</i> .....	474
<i>Kowalczyk Zsigmond</i> válasza a hozzászólásokra.....	474
<i>Vl. K. Hrisztov</i> : Sztereografikus koordináták transzformációja Gauss-féle koordinátákká	477
Hozzászólások : <i>Homoródi Lajos</i> .....	486
<i>Hazay István</i> .....	487
<i>Vl. K. Hrisztov</i> válasza a hozzászólásokra.....	488
<i>Tárczy-Hornoch Antal</i> : Az ellipszoid konjugált normálmetszeteinek azimutkülönbségéről	489
Hozzászólások : <i>Homoródi Lajos</i> .....	499
<i>Rédey István</i> .....	500
<i>Rédey István</i> : A dinamikai magasságról.....	501
Hozzászólások : <i>Májay Péter</i> .....	514
<i>Renner János</i> .....	515
<i>Hazay István</i> .....	517
<i>Scheffer Viktor</i> : Az izosztikus anomáliák és a hegységképződési vergenciák összefüggése	519
Hozzászólások : <i>Renner János</i> .....	528
<i>Földvári Aladár</i> .....	529
<i>Schmidt Eligiusz Róbert</i> .....	530
<i>Egyed László</i> .....	532
<i>Vendel Miklós</i> .....	532
<i>Scheffer Viktor</i> válasza a hozzászólásokra.....	533
<i>Gálfi János</i> : A szeizmikus kutatási módszer korszerű problémái, különös tekintettel a néma területekre .....	535
Hozzászólások : <i>Egyed László</i> .....	542
<i>Maróthy Géza</i> .....	543
<i>J. Bouška</i> : A földi mágnesség Csehszlovákia területén és csatlakozása a szomszéd államok tereire, különös tekintettel a határterületek mágneses izodinám vonalainak meg- szerkesztésére.....	545
Hozzászólás : <i>Barta György</i> .....	550