

# Jani Bácsi hídjai

Polen János emlékezete

## Jancsó Árpád

Temes megyei Út- és Hídépítő Vállalat

### 1. Bevezető

A nagy hidépítési programnak megfelelően Temesvár szabad királyi városa a század elején hat új nagy Bega-híddal gazdagodott (Király-, Hunyadi-, Püspök-, Liget-úti-, Széna-téri-, Malom-téri híd). Ezek közül több híd nagy elismerést aratott szakmai körökben, a ma kilencven éves Liget-úti híd, Mihailich Győző alkotása pedig világhírnévre tett szert, mint korának legnagyobb vasbeton gerenda-hídja [1,2].

Az impériumváltást követően Temesváron fellendültek az építkezések. Volt olyan év, hogy naponta készült el egy-egy új ház, a középítkezésekre azonban sosem volt elég pénz. A megvénült józsefvárosi hidakat, melyeket még az 1870-es években építettek Török János későbbi polgármester, majd budapesti rendőrfőkapitány kezdeményezésére, újjá kellett volna felcserélni. A harmincas évek elejéig azonban hídkarbantartásra is alig jutott pénz, az e munkálatokra fordítható összeg a hidak leltári értékének még 1%-át is alig érte el.

### 2. „Jani bácsi hídja” gyalogoshíd a két park között

A Liget-úti híd közelében, 1910-ben építettek egy fahidat a gyalogosforgalom részére. Ennek állapota a húszas évek közepén már annyira leromlott, hogy helyére egy szép, kecses vasbetonhíd építését tervezték.

A *Monitorul oraşului Timișoara* egyik 1925-ös számában tették közzé az ajánlati felhívást („Publicație de licitație nr. 19360/1925”), mely szerint Temesvár polgármesteri hivatala hidat akar építtetni a parkok között és a pályázók ajánlataikat 1925. augusztus 20-án délelőtt 10 óráig adhatják le a városháza gazdasági osztályán. Az érdekeltek lepecsételt borítékban kell megtegyék ajánlataikat. A letétbe helyezendő összeg az ajánlati ár 6%-a. A tervek, költségvetés és a különleges feltételek a városháza műszaki osztályán tekinthetők meg.

Az alapozási munkák még 1925-ben megkezdődtek és 1926-ra már elkészült a 30 méter nyílású, 35 méter összhosszú, 1,90 méter széles ívhíd, melynek tartóit háromcsuklós vasbeton-ívekből alakították ki. A hidat 400 kg/m<sup>2</sup> hasznos teherre méretezte Polen János városi mérnök, a híd tervezője. Idősebb korában is büszke volt első nagyobb alkotására. Unokahúgait sétáltatva mindig megálltak a hídnál, amelyet a család csak „Jani bácsi hídjá”-nak nevezett.

Polen János bántási sváb családban született és a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett mérnöki oklevelet. Diákévei alatt Temesvár szabad királyi városa az Amália-ösztöndíj odaítélésével segített anyagi gondjain. Tanulmányai elvégzése után Temesváron a Városi Tanács műszaki osztályának lett mérnöke. A két világháború között a Polgármesteri Hivatal Műszaki osztályának Aszfalt- és hídszekcióját vezette. Nevéhez fűződik a temesvári utcahálózat korszerűsítése, négy Bega-híd tervezése (három hidat sikerült megépíteni).

Pontossága, lelkiismeretessége, a szakma iránti tisztelete, szaktudása a temesvári mérnöktársadalom ismert egyéniségévé tette, habár felettesei nem mindig szívlelték konok becsületességét, meg nem alkuvását, a divatozó korrupcióval való hadakozását, s azt a tényt, hogy német származása ellenére sajátjának tekintette a bánáti magyarok törekvéseit. Ezért nem is kapott magasabb beosztást, s amikor a városi mozi, a Capitol földeme beszakadt, mindent megpróbáltak, hogy a felelősséget reáhárítsák.

Rövid ideig a temesvári Politechnikumon, a város műszaki egyetemén tanított statikát, de a román diákok gúnyolódásai miatt, melyeket egy-egy nyelvbotlása váltott ki, felhagyott az oktatással.

Lelkiismeretes, szívós munkássága, egész tevékenysége felhatalmaz arra, hogy a két világháború közötti Temesvár legnagyobb utászaként, hidászaként tiszteljük.

### 3. Temesvár új városrendezési terve és a műszaki osztály 10 éves munkaprogramja

Dr. Cornel Grofşoreanu főpolgármester 1931. november 2-ára egybehívta a városi építészeti bizottságot, hogy megbeszéljék az új városrendezési tervet, mert a „régie már nem felel meg a mai követelményeknek” főleg azért, mert a város túl nagy területre terjeszkedett a lakosságának számához képest, mely bonyolult feladatok elé állította a városi mérnökséget. A mérnökséget Suciú Adrián főmérnök, valamint munkatársai: Darabas Tamás, Kiss Károly és Polen János képviselték. Az eseményről bő terjedelemben számol be a *Déli Hírlap* 1931. október 12-i száma. A *Monitorul Municipal* (ez lett az új neve a *Monitorul oficial al oraşului Timișoara*-nak) pedig két számában közölte Suciú főmérnök dokumentált előterjesztését. Ebben a főmérnök utal arra, hogy a „Helyi adminisztrációk megszervezésének törvénye” megköveteli a helyszínrajzok, szinttérképek és településfejlesztési térképek elkészítését, valamint a meglévők kiegészítését.

szítését és revízióját. Ezért a városi műszaki osztály egy tízéves munkaprogramot állított össze. „Megállapítva, hogy mink van a mai napig megpróbálunk megoldást adni a következő tíz év munkamegosztására” - írja Adrian Suciú. A Műszaki Osztály a következő négy munkálatcsoportért felelős:

- 1) a város felmérése és rendezési terve;
- 2) utak;
- 3) hidak;
- 4) műépítészeti tevékenység.

A főmérnök minden fejezetet jól felkészülten, dokumentáltan tárgyal. Érdekes érvelése a lakosság számának gyarapodásáról. Eszerint, ha már nem folytatódik a város politikai okokból, érdekekből való betelepítése („kolonizációja”), és ha egy rendes fejlődést veszünk figyelembe, akkor „a város örülhet ha az ezred végére 160.000 lakosa lesz”. Sajnos, az utóbbi negyvenöt év betelepítési politikája rácsúszott erre, lényegében igazat adva Suciúnak.

Előterjesztésének harmadik részében a temesvári hidak tíz éves programját taglalja. A programot Polen János vezetése alatt a város mérnöki osztálya állította össze. Az első világháború után nem voltak nagy hidépítések. A karbantartás is elég gyengécskén működött. Igaz, hogy a nagy hidépítési programnak köszönhetően Temesvár egy sor új hídval lett gazdagabb, melyek lényeges karbantartást még nem igényeltek, csak a szigetelés felújítását és az aszfaltburkolat kicserélését; a józsefvárosi öreg vashidak, mégha a századfordulón fel is újították őket, ennyi szolgálat után már igencsak megérték az átépítésre. Minden eresztékük keservesen nyöszörgött a megnövekedett forgalom és a mind nagyobb súlyú tehergépkocsik, villamoskocsik terhe alatt. A hidak karbantartására folyósított pénzösszeg alig volt elegendő a faszervezetű hidak karbantartására, valamint a hidak tönkrement útpályáinak burkolatcseréjére. Pénz hiányában a hídjavítások és az új hidak építése mindig lekerült a terítékről. Így állt elő az a helyzet, hogy a harmincas évek elejére Temesvár hídjainak állapota „megengedhetlenné, javításuk kikerülhetlenné vált”. A tízéves program hidakkal foglalkozó részében Polen János, sorra véve a hidakat, leírja azok állapotát és hídmegegerősítéseket, illetve újjáépítéseket javasol [3]. Itt nem térek ki a részletes ismertetésre, csak azt szeretném kiemelni, hogy a volt Bem és Aranyhorgony-híd újjáépítését kiemelt fontosságúnak tekintették.

A tízéves programot számos felirat követte, de a városatyák alig adtak pénzt a kisebb-nagyobb foltozgatásokra. A Bem és Aranyhorgony-híd már a leomlás határán állt.

#### 4. A Józsefváros első vasbeton hídja

A Bem-híd lezárása végre cselekvésre készítette a városatyákat. Belátták, hogy apró beavatkozásokkal, de még nagyobbakkal sem lehet már tovább életben, sőt munkában tartani a hatvanöt éves fém-matuzsálemet. Elhatározták tehát lebontását. Helyére egy vasbetonhidat építését irányozták elő. A híd tervét Polen János városi mérnök készítette el, alapul véve a századelőn épülő hidak Gerber-tartós szerkezetét, melyeken „nehéz járműforgalom van és máig hibátlanok” [3].

A bukaresti Felsőbb Műszaki Tanács, amelyhez a tervet jóváhagyás és engedélyezés céljából fel kellett terjeszteni egy más, szerintük előnyösebb statikájú szerkezet tervezését javasolta, egy olcsóbb megoldást kívánt és vonakodott megadni az engedélyt. De Polen Jánost sem faragták olyan fából, hogy azonnal meghátráljon: a tanácshoz intézett, 1936. július 25-i levelében az általa tervezett híd-szerkezet megépítése mellett kardoskodott aláhúzáván, hogy a műszaki megoldás is helytálló és a számítások is helyesek. „Abban az esetben, ha a terv költségesebb lenne más megoldásokkal szemben, akkor is a híd építésének késedelme miatti veszteség sokkal nagyobb lenne, mint az előterjesztett és a tiszt. Felsőbb Műszaki Tanács által javasolt megoldás közötti árkülönbözet egyrészt, másrészt a Horgony-híd jövő évi kicserélése esedékes és elhalaszthatatlan, - ami amennyiben az előterjesztett tervet nem hagyják jóvá, - a forgalom biztonságára nézve veszélyes hatással járó elhalasztását szenvedné” [3].

Figyelembe véve a munkálatok fontosságát és azt a tényt, hogy a municípium érdeke az, hogy a hidépítést a lehető legnagyobb műszaki és pénzügyi kapacitással rendelkező komoly cégek kivitelezzék, a város vezetése elhatározta, hogy a Bem-híd építésére zárt, meghívásos ajánlati tárgyalást ír ki. A törvényes rendelkezéseknek megfelelően öt elismert cég meghívását javasolták. A versenytárgyalásra invitált cégek a következők voltak: 1. *Întreprinderile Generale Tehnice Ing. Tiberiu Eremie*, Bukarest; 2. *Societatea Edilitară*, Bukarest; 3. *Ioanovici A. mérnök*, Bukarest; 4. *Prager E. mérnök*, Bukarest; 5. *Societatea Via*, Bukarest.

Az ajánlati felhívásra az öt cég közül négy válaszolt. A legelőnyösebb ajánlatot az *Întreprinderile Generale Tehnice Ing. Tiberiu Eremie* tette. A műszaki osztály előszámításaihoz képest, melyek összege 8.664.940 lej volt, 7.486.502 lejes ajánlatot tettek. Ennek alapján Temesvár Polgármesteri Hivatala, 1937. január 20-i, 2184-es számú határozatában [3] a két nappal korábban tartott versenytárgyalás eredményének megfelelően a Bem-híd újjáépítését a bukaresti *Ing. Tiberiu Eremie* részvénytársaságra bízta. A cég képviselőivel megkötötték a 18/1937-es számú építési szerződést [3]. Ebben leszögezték, hogy a cég köteles a különleges felté-

telekben megfogalmazott előírásoknak megfelelően, valamint a műszaki osztály által rendelkezésre bocsátott tervek és költségvetés szerint megépíteni a hidat. A szerződésnek szerves részét képezték az ajánlattevőknek átadott különleges feltételek. A cég kötelezte magát, hogy csak a legszükségesebb szakmunkásait hozza más vidékről, a munkaeő nagyrészt helyből toborozza. A szerződés aláírásától számítva tíz napon belül a vállalat köteles elkezdni a munkát és legkésőbb 150 nap múlva be kell azt fejeznie. Minden nap késésért 100 lej büntetést számítanak fel. Ha a vállalat húsz nap múlva sem kezdte el az építkezést, akkor a Városházának jogában áll felbontani a szerződést. A Városháza műszaki osztálya fogja ellenőrizni az építkezés menetét. A vállalat köteles a szerződési összeg 10%-át garanciaként letétbe helyezni. A szerződés megemlíti, hogy a híd kiviteli tervét a Felsőbb Műszaki Tanács az 1936. július 29-i 141. naplószámmal elfogadta. A különleges feltételek 36 oldalon taglalják az 1936. és 1937. között felépítendő 52,00 m hosszú összesen 14,00 m széles új híd megvalósításának mozzanatait. Az építési időtartamot, mint azt a szerződésből már tudjuk, 150 napban határozták meg. Az első fejezetben az ajánlati tárgyalás és az ajánlatok értékelésének módjait írják le. A második fejezetben a versenytárgyalás és az ajánlatok értékelésének módjait írják le, majd a versenytárgyalás feltételeit határozzák meg az 1931. június 4-én az ország *Hivatalos Közlönyében* megjelentetett szabályoknak megfelelően. A harmadik fejezet a garanciális feltételeket szabja meg. A negyedik fejezetben az átvételről olvashatunk. Ennél betartandók a *Hivatalos Közlöny* 1931/216. számában közölt átadási irányelvek. A garanciavállalás 1 évre szól. Az ötödik fejezet a munkálatok mennyiségi módosításának feltételeit határozza meg. A hatodik fejezet az illetékekről szól, melyek a vállalkozót terhelik. A hetedik fejezet általánosságban szól a kifizetések módjairól. A nyolcadik fejezetben a szabálytalanságokért fizetendő büntetéseket ismertetik. A kilencedik fejezet kifejezetten a Bem-híd építésének finanszírozásával és a kifizetésekkel foglalkozik. A tizedik fejezetben leírják a munkálatok tárgyát és a megkívánt minőséget. A tizenegyedik fejezet a felhasználandó építőanyagok minőségi követelményeit részletezi a beton keveréséhez szükséges víztől kezdve a vasbetétekig. A tizenkettedik, tizenharmadik és tizenegyedik fejezet részletesen leírja az elvégzendő munkálatokat és a felhasználandó építőanyagok előírásos minőségi követelményeit.

Az építkezés munkálatait a cég részéről Ganea mérnök irányította. A vállalat bukaresti kiküldöttje, D. Marcu almérnök a munka menetének ellenőrzésére havonta kétszer utazott Temesvárra. Az alkalmazott munkások már más hidépítéseknél is dol-

goztak, tehát szakképzettek voltak. A város részéről Polen János mérnök volt az építésvezető. A megszokott igényességgel lépett fel minden hiba, hanyagság vagy egyéb rendellenesség ellen amely a híd jóminőségű kivitelezését veszélyeztette volna. Akárhányszor rosszul hajlított vasbetétet, késedelmes betonöntést, túl nagy képlékenységű beton bedolgozást, letisztítatlan, forgácsos zsalut látott, már jelzett. Jelzett szóban, s ha nem intézkedtek azonnal, jelzett írásban. Mert jó hidat csak maximális igényességgel kell építeni. Történt például, hogy a négy centiméteres műköborítást a cég későbbi időre hagyta és nem a gerendák betonjával egyidejűleg készítette, úgy ahogy ezt a különleges feltételek megkövetelték. Tették ezt a város Műszaki Tanácsának tudtával és beleegyezésével. Ez azonban nem gátolta meg Polen Jánost, hogy kijelentse: nem egyezhet bele az ilyenmű műköki-képzésbe, és felhívta a „tisztelt részvénytársaságot”, hogy méltóztassék a munkálatokat a különleges feltételekben leírtaknak megfelelően végezni. Határozott hangú levelét, melyet a vállalat igazgatóságához küldött, így fejezi be: „hogy elkerüljük a vitákat, felhívjuk a figyelmet a Közmunkák Minisztériuma különleges feltételeinek a 81. paragrafus 2. bekezdésére, mely szószerint kimondja: „a különlegeseket (műkőről volt szó) mészkőlisztporból, egyidőben kell a betonnal önteni”[3].

A cég 1939. decemberében akart hozzákezdeni a kockakőburkolat hézagainak kiöntéséhez. A munkát még a tavasszal el kellett volna végezni, de a vállalat ezt elmulasztotta teljesíteni. Polen mérnök ismét nagyon határozott hangon szólítja fel a részvénytársaságot, és mind az indokolatlan késésért, mind a munkálatok késedelmes volta miatt fellépő rongálódásokért a vállalatot teszi felelőssé. A hidat ideiglenesen 1938. november harmadikán adták át, de az egy év múlva esedékes végleges átvételt elnapolták az előbbieken említett munkálatok késése miatt, melyeket csak 1940 nyarán fejeztek be. Ekkor Polen János mérnök a végleges átadás időpontjának 1940. július 12-ét javasolja. Ezt meg is tartják a javasolt időpontban. A cég köteles volt a műköburkolatra 5 év jótállást vállalni és 21.000 lejnyi összeget letétbe helyezni. Ezzel a forgalmat még nem lehetett a hídra terelni, mert még nem épültek meg a rámpák, ugyanis a környező utcák szintjét az új hídmagassághoz kellett igazítani. Az új feljárókat és utcaszint emeléseket 1.700.000 lejért temesvári fuvarosok szállította végzeték. A híd parti részeinek támfalait a temesvári Societatea Anonimă de Beton și Asfalt részvénytársaság kivitelezte. Az újjáépített Bem hidat 1939. július 10-én avatták fel. A hídavatás díszvendégei voltak: dr. Coriolan Băran miniszter, dr. Alexandru Marta a király képviselőjében és Temesvár főpolgármestere, dr. Emil Tieran. Bármennyire igényes volt a meg-

rendelőt képviselő Polen mérnök, a mellvéd műköburkolata az ötvenes évek végére annyira megroggaldott, hogy 1960-ban, beruházási alapokból meg kellett javítani. A munkát az *Întreprinderea 1 Construcții* (1 sz. Építési Vállalat) 5230 lejért végezte. A Gorové utca két oldalán terpeszkedő hatalmas világítástechnikai vállalat, az ELBA a múlt század Józsefvárosának főutcáját lezárva, gyárudvarrá változtatta azt. Ezzel, valamint a Bem utca híd felőli szakaszának zöldség- és gyümölcspiaccá való átalakításával a híd forgalma erősen lecsökkent, hisz csak a két Begasorról lehet rá fel, illetve lehajtani. Az 1989. decemberében kitört Temesvári Forradalomban a híddal szomszédos gyárudvaron és magán a hídon is tragikus, véres események zajlottak. Most talán a híd megszolgált új nevét: „Hősök hídjá”, habár én inkább továbbra is régi, hagyományos nevén, Bem-hídnak fogom nevezni.

### 5. Gyalogoshíd a józsefvárosi víztorony mellett

A századforduló nagy hídépítési programjának utolsó felépítendő hídjá egy, a Rózsa (ma Crizantemelor) és Pacsirta (ma Gelu) utcákat összekötő, a Püspök-híddal azonos szerkezetű és méretű vasbetonhíd lett volna. Sajnos ez már nem épülhetett meg. Közbeszölt az első világháború. A gyalogosforgalmat a két part között komolyította le.

1943-ban Polen János tervet készít a két utcát összekötő, fából építendő gyalogoshíd megvalósítására. E tervet a Muncipiumi Utigazgatóság archívumában meg is találtam. Felépítéséről azonban nem találtam nyomot. Csak annyit, amennyit egy másik, kallódó, 1949. augusztus 29-én kelt jegyzőkönyv említ [3]. E jegyzőkönyvet az 1949. augusztus 13-án felrobbantott cölöpök ellenőrzésével megbízott városi bizottság töltötte ki. A bizottság a hajóforgalmat akadályozó cölöpöket robbantással eltávolító katonai alakulat munkájának eredményét volt hivatott ellenőrizni. Az ellenőrzést a Temesvári Kikötő Parancsnoksága és a Sovromtransport szállítási vállalat temesvári kirendeltsége indítványozta, hogy biztosak legyenek abban, hogy esetleges cölöpmaradványok nem maradtak-e még a Bega medrében, akadályozva az 500 tonna hasznos teherrel megrakott uszályok elhaladását.

Az ellenőrző bizottság megállapította, hogy 18 cölöpöt sikerült teljesen eltávolítani, két cölöpnek azonban még a mederben maradtak a roncsai. Ezeket újra kell robbantani, hogy teljesen eltűnjenek. Sajnos a jegyzőkönyv nem említi a cölöpök eredetét. Lehetek a fahíd (ha valaha is felépítették) alépitményeinek maradványai, vagy az új vasbetonhíd mintaállványzatának cölöpjei. Még keresem a helyes válasz kézzelfogható bizonyítékait. Minden esetre, 1948-ban a város vezetése elhatározta egy vasbeton gyalogoshíd építését a Bega-csatorna fő-

lött, összekötve a Rózsa utcát a Pacsirta utcával. Ennek céljából 1948. augusztus másodikára meghívásos ajánlati tárgyalást írtak ki. A tárgyalást a kolozsvári „Antrepriza Subinginer Dumitru Heréia și ing. Iustin Moody” („Dumitru Heréia almérnök és Iustin Moody mérnök Vállalata”) nyerte meg. Az előrebecsült kiadások 7.054.202 lejével szemben ők 6.375.845 lejes ajánlatot tettek. A megbízást a Polgármesteri Hivatal 1948. augusztus 2-i 14.269/2-es számú határozatával ítélték a nevezett vállalatnak [3]. A szerződést 1948. szeptember elsején kötötték meg [3]. Ebben a vállalat vállalja a híd építésének 1948. november elsejéig történő befejezését. A zsaluk elbontása a műszaki osztály által megállapított határidőn belül később is elvégezhető volt. Késedelem miatt a vállalat napi 50.000 lejes pénzbüntetést lett volna köteles fizetni. Kivételt, a szerződés szerint, csak a vasúti szállítások akadályoztatása, építkezésre nem alkalmas időjárási viszonyok és a terv geológiai viszonyok miatt történő megváltoztatása képeznek. Az építési napló [3] bejegyzése szerint az első tölgyfacölöpöt 1948. november harmadikán verték le a hídfők alapozása munkagödörének aljába. A talaj szilárdabbnak bizonyult az előrelátottnál. Ezért az elégtelennek bizonyult 500 kg-os cölöpverő kost 800 kg-sal kellett felváltani. Ez természetesen többletkiadást okozott a vállalatnak. Ennek elszámolása érdekében folyamodványt [3] írt a városi tanácshoz, melyben kérte a többletmunkálatok kiadásainak megtérítését és a kivitelezési időtartam meghosszabbítását. A munkagödörben felgyűlt víz kiszivattyúzása is többbe került az előirányozottnál. A szép ívű, kecses, vasbeton gyalogoshidat Polen János mérnök tervezte. A hidat 1949. május elsején adták át a forgalomnak. Figyelembe véve, hogy az építő teljesítette a különleges feltételekben megszabott mennyiségi és minőségi kívánalmakat a város műszaki osztálya ideiglenesen átvette a hidat. A végleges átadás az egyéves jótállási idő elteltével történt meg. Habár a Pacsirta és Rózsa utcák közötti széles, járműforgalomra méretezett híd ma is igényli a város közlekedése (talán még jobban, mint eddig) a betonívű gyalogoshíd immár fél évszázada áll a kerület lakóinak rendelkezésére, lényegesen megrövidítve útjukat.

A gyalogoshíd főbb műszaki adatai: a híd nyílása 30 méter; teljes hossza 43,31 méter; szélessége 2,20 méter; szerkezete háromcsuklós ív; a felépítmény vasbeton; az alépitmény beton; hasznos terhelés: 500 kg/m<sup>2</sup>.

Az idő távlatából bizonyossággal állíthatom, hogy Polen János tevékenysége Temesvár arculatán maradó nyomot hagyott. Ne feledkezzünk meg Róla. A miénk (is)!

## Irodalom

1. **Jancsó Árpád:** Temesvár hídjai, *Közlekedésépítés- és mélyépítéstudományi Szemle*, Budapest, 1995. Szeptember
2. **Jancsó Árpád:** Bega-hidak Temesvárott, *Műszaki Szemle* 1-2 szám, az EMT kiadványa, Kolozsvár, 1998.
3. **Jancsó Árpád:** Temesvári hidak krónikája, Temesvár (kézirat)
4. **Jancsó Árpád:** Poduri timișorene construite în perioada interbelică, *Zilele Academice Timișene*, Timișoara, 1999.
5. **Jancsó Árpád:** Pasarela Gelu a împlinit 50 de ani, *Zilele Academice Timișene*, Timișoara, 1999.

*A Rózsa és Pacsirta utcák közötti gyalogshíd terve (Polen János)*

*Műszaki előírások a Bem-híd újjáépítéséhez*

← *Az újjáépített Bem-híd kandeláberes hídfője (a tervező rajza)*

*Polen János levele*

*A Bem-híd (Hősök hídja, Podul eroilor) hosszmetsete*

# Az acélbetétek korróziójának hatása, csúszóbetétes, utófeszített vonórudak viselkedésére

**Dr. Kiss Zoltán, Becski Álmos**

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar

*Ismert az a tény, hogy az acélbetétek korróziója negatív hatással van a különböző terheléseknek alávetett vasbeton elemek viselkedésére.*

*Ebben a dolgozatban egy olyan kísérleti programnak az eredményeit mutatjuk be, amely ezelőtt 10 évvel kezdődött három csúszóbetétes feszített vonórúd különböző terhelési stádiumokban történő viselkedésének tanulmányozásával és ez évben fejeződött be ugyanazon elemek ismételt próbájával. Az első kísérletek lezárása után a vonórudakat szabad ég alatt, védelemmentesen tároltuk.*

## 1. Bevezető

A húzott vasbetonrudakat célszerű feszíteni. Fontos ismerni ezeknek az elemeknek a repedezettségi állapotát, legfőképpen ha véglehorgonyzásos, csúszóbetétes feszítőhuzalokat alkalmazunk és ezeknek biztosítani kell a korrózió elleni védelmet.

Az acélbetétek korróziója vasbeton szerkezetknél az acélkeresztmetszet csökkenéséhez, az összedolgozás gyengüléséhez, illetve a teherbírás csökkenéséhez vezet.

## 2. A kísérleti program

A kísérleti tesztelés három, változó mennyiségű lágybetétes, valamint azonos mennyiségű csúszóbetétes feszített vasbetonrúd különböző feszültségi állapotokban történő vizsgálatára terjedt ki.

A kezdeti kísérletek 10 évvel ezelőtt folytak le,

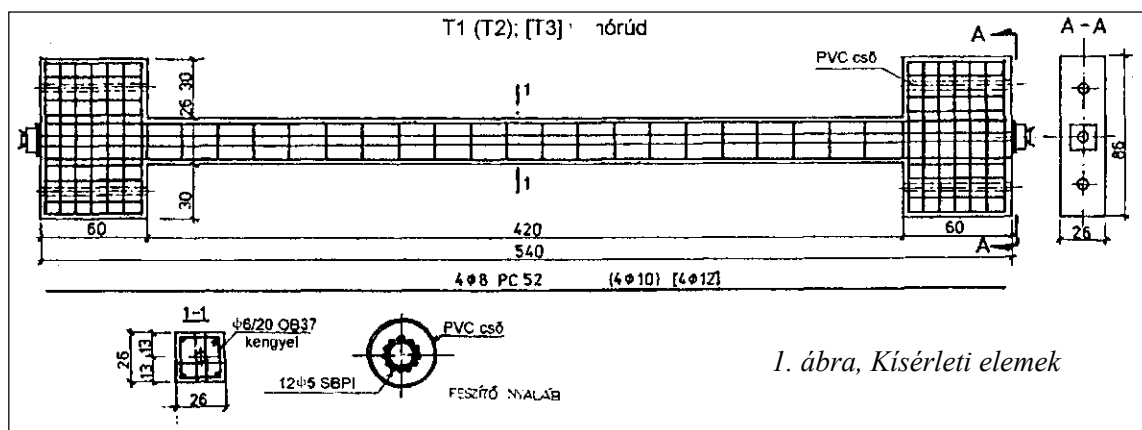
utána a betonelemeket szabad ég alatt, gondozásmentesen tároltuk, majd nemrég az első alkalomhoz hasonló módon újra terheltek.

Az első kísérletek egészen a betonacél folyási határáig mentek. A végső tesztelés alkalmával addig nyújtottuk a három vonórudat, míg a feszítőbetét egyes szálai elpattantak.

A kísérleti elemek geometriája és vasalása az első ábrán látható, míg a különböző kísérleti szakaszokra vonatkozó jellemzőket az első táblázat szemlélteti.

A feszítőbetét 12 szálás, 5 mm átmérőjű, SBPI minőségű acélból készült, míg a lágyvas 4 darab 8, 10, illetve 12 mm átmérőjű PC52-es acélból.

Az elemek keresztvasalása 6 mm átmérőjű, OB37-es minőségű acélból készült, 20 cm-s távolságra elhelyezett, négyzet alakú kengyelek formájában.

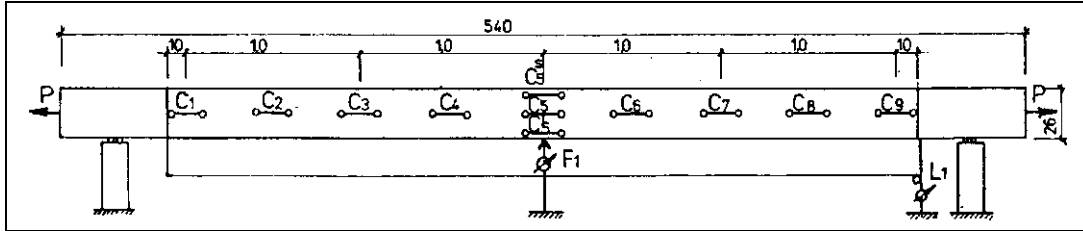


1. ábra, Kísérleti elemek

1. táblázat: A kísérleti elemek anyagjellemezői

Beton- rúd	Beton		Acél						
	$R_b$ (N/mm <sup>2</sup> )		Feszítőbetét típusa	Acélbetét átmérője (mm)	Vasalási hányados (%)	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )		$\sigma_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	Kezdeti kísérlés	10 év után				Lágybetét típusa	Kezdetben	10 év után	Kezdetben
T1	34,27	43,50	SBPI 12 $\Phi$	5	0,361	1475,4	1690,8	1842,4	1858,9
			PC52 4 $\Phi$	8	0,309	412	-	579,2	-
T2	27,20	39,50	SBPI 12 $\Phi$	5	0,361	1475,4	1690,8	1842,4	1858,9
			PC52 4 $\Phi$	10	0,482	439,8	-	692,5	-
T3	27,28	41,50	SBPI 12 $\Phi$	5	0,361	1475,4	1690,8	1842,4	1858,9
			PC52 4 $\Phi$	12	0,694	404,8	512,8	577,3	632,1

A feszítés központos volt, a feszítőbetét egy PVC csőben, a keresztmetszet súlypontjában halad keresztül. A kísérletek során a beton fajlagos alakváltozását, a vasbetonrudak megnyúlását és a repedéstágasságot mértük. A mérések elvégzéséhez a próbaelemekre elektromos és mechanikus nyúlás-mérőket szereltünk (2. ábra).



2. ábra, A próbaelemek felszereltsége

### 3. A húzásnak alávetett vonórúdak viselkedése

#### 3.1. A repedéstágasság

A feszítőerő csökkenése következtében, az elemek túlterhelése miatt, az első kísérletek alkalmával megjelent és megnyílt repedések nem záródtak be teljesen. A maradandó repedéstágasság 10 év után 0 és 0,4 mm között volt.

A használati igénybevétel szintjén, a jelenlegi kísérletek alkalmával mért repedéstágasságok nagyobbak voltak, mint az először mért repedéstágasságok (2. táblázat).

betonrúd	Kezdeti mérések		Végső mérések		$\alpha_{fm}^k$ $\alpha_f^v$	$\alpha_{fm}^k$ $\alpha_f^v$
	$\alpha_{fm}^k$	$\alpha_f^k$	$\alpha_{fm}^v$	$\alpha_f^v$		
T1	0,8	0,8	1,85	2,45	2,3	3,06
T2	0,113	0,13	1,2	1,9	9,23	9,23
T3	0,112	0,12	0,37	0,7	5,83	5,83

2. táblázat

A kísérletek alkalmával mért repedéstágasságok

A maximális repedéstágasságok a törés pillanatában megközelítőleg egyenlők voltak a kezdeti kísérletek értékeivel.

Megfigyeltük, hogy a T1-es és T2-es rúdnál (melyeknél a lágyvas mennyisége kisebb volt) új repedések is megjelentek (3. ábra), míg a T3-as elem repedezettségi állapota nem változott az utóbbi kísérletek alatt.

#### 3.2. Az alakváltozás

A használati állapotban, a végső kísérleteknél mért megnyúlások kb. 1,5...4,2-szer nagyobbak voltak, mint a kezdeti tesztlések alatt (3. táblázat).

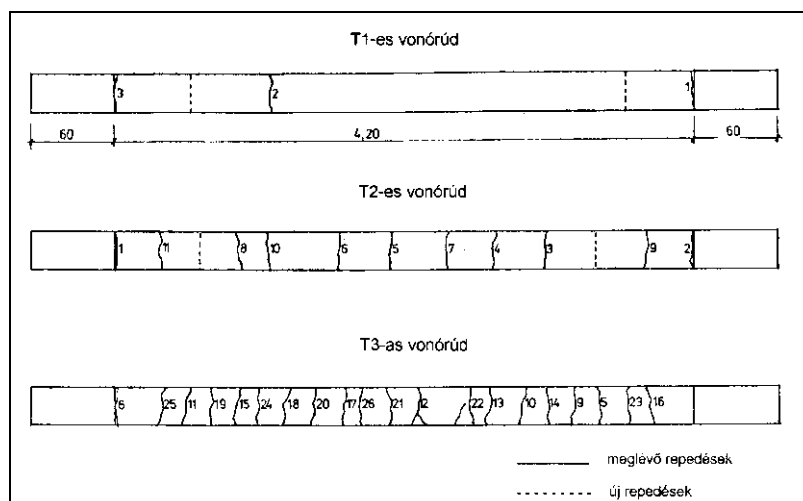
Betonrúd	$\Delta l^{exp}$		$\Delta l^v / \Delta l^k$
	Kezdeti mérések $\Delta l^k$	Végső mérések $\Delta l^v$	
T1	3,7	5,6	1,5
T2	3,0	9,9	3,3
T3	2,1	8,8	4,2

3. táblázat

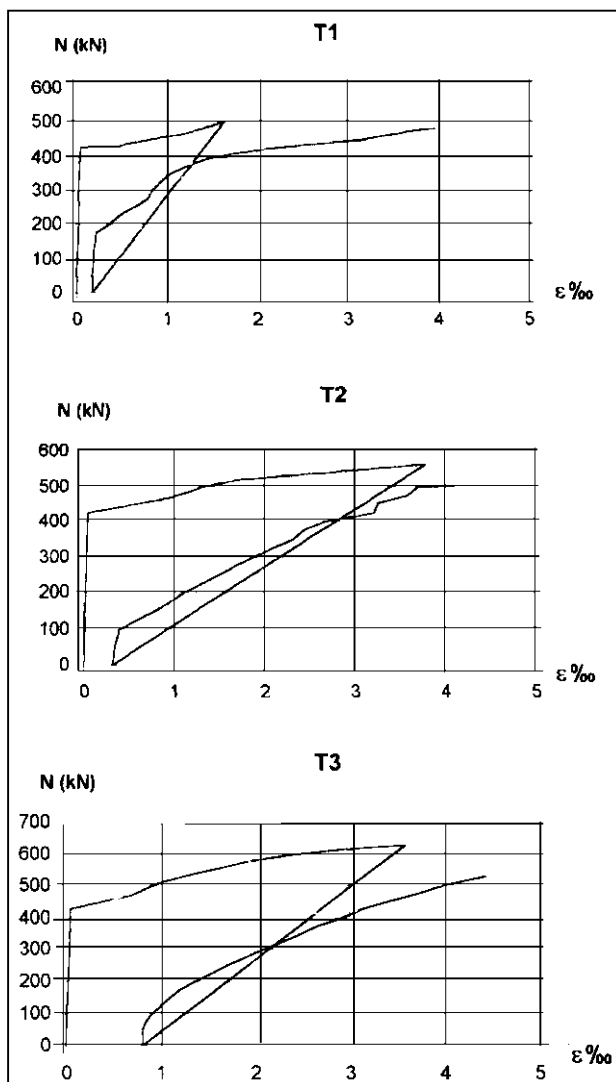
A használati határállapotban mért megnyúlások értékei

Töréskor a megnyúlások a három elemnél szinte egyformák voltak, és pedig  $0l=18$  mm. A kezdeti kísérleti szakaszban mért végső megnyúlások 7 és 30 mm-esek voltak, 18,5 mm-es átlaggal.

A 4. ábrán a húzóerő – relatív megnyúlás diagrammok láthatók a két kísérleti szakaszra vonatkozóan. Kitűnik, hogy a nagyobb lágybetéttel vasalt rúd viselkedése a második tesztléskor inkább hasonlít egy acélrúddhoz, mint egy vasbeton-rúddhoz.



3. ábra, A vonórúdak repedezettségi állapota



4. ábra  
Erő – relatív nyúlás diagrammok

### 3.3. A vonórudak törése

A törést a repedések progresszív és erőteljes megnyílása jellemezte, amelyet a feszítőbetét egyes szárainak vagy a lágybetét szakadása követett.

A 4. táblázat a törőerőket szemlélteti a kezdeti és végső tesztléseknél.

Betonrúd	$N^{\max}$ (kN)		$\Delta l^v / \Delta l^k$
	Kezdeti mérések $N^k$	Végső mérések $N^v$	
T1	500	475	0,95
T2	562,5	517	0,92
T3	625	539	0,86

4. táblázat  
A mért maximális húzóerők  
a két kísérleti szakaszban

## 4. Következtetések

Központos húzásnak alávetett, csúszóbetéttel feszített és különböző mennyiségű lágybetétes vonórudak tanulmányozása során a következő megállapításokat tettük:

Az első kísérleti szakaszban a vonórudakat az acél folyási határáig nyújtottuk, a feszítőerő drasztikusan lecsökkent, ezért a repedések nem záródhattak be.

A használati határállapot szintjén mért repedéstágasságok a második kísérleti szakaszban jóval nagyobbak voltak, mint az első kísérletek alkalmával (kb. 3...9-szer nagyobbak).

A vonórudak megnyúlása a második tesztléskor 1,5...4,2-szeres növekedést mutatott a kezdeti kísérlethez viszonyítva.

A növekedés azoknál az elemeknél volt hangsúlyozottabb, amelyeknél nagyobb számú repedés alakult ki az első tesztléskor.

A törést a repedések erőteljes megnyílása valamint a vasalásban bekövetkezett szakadások jellemezték. A törésnek megfelelő terhelés körülbelül 5...14%-kal csökkent az első kísérletekhez viszonyítva.

A vonórudak törése után az acélbetéteket kivettük a betonból. Megállapítottuk, hogy a lágybetét a repedések irányában korrodálódott. Ez a rozsdásodás azonban csak felületi volt. A feszítőbetétek a PVC cső belsejében egyáltalán nem korrodálódtak, ellenben a lehorgonyzás helyén fokozott korróziót észleltünk.

A kísérletek zárórészeként megállapítottuk, hogy a feszítőbetét a korrózió következtében körülbelül 14%-os keresztmetszet-csökkenést szenvedett 10 év alatt.

## Irodalomjegyzék

1. Terteu L., Onę T., Kiss Z. - Partially prestressed concrete tension members with unbonded tendons. *FIP Symposium*, Budapest, May 11-14, 1992.
2. Onę T., Kiss Z., Becski Á. - The effects of steel corrosion concerning behavior of tensioned partially prestressed concrete members with unbonded tendons. *8th International EXPERTCENTRUM Conference*, Bratislava, July 6-8, 1999.
3. Kiss Z., Becski Á. - Az acélbetétek korróziójának hatása, csúszóbetétes, utófeszített vonórudak viselkedésére. *III. Építész Konferencia*, Székelyudvarhely, 1999. június 4-5.



# Atmoszférikus (N<sub>2</sub> –TEA) nitrogénlézer spektroszkópiai mérésekhez

**Kovács Zoltán**

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

A nitrogénlézerek impulzusüzemben működő gázlézerek. A kibocsátott sugárzás hullámhossza az UV tartományban van, értéke 337,1 nm. Viszonylag nagy (kHz nagyságrendű) impulzuszakvenciákon is működhetnek. Ugyanakkor az impulzushosszuk elérheti a nanoszekundum alatti értékeket is. Viszont kicsi a hatásfokuk, ezért a kimenet-energia nem haladja meg általában a 10 mJ értéket. Emiatt manapság szerepüket a Nd-YAG lézerek veszik át.

A nitrogénlézer viszonylag az egyik legkönnyebben megépíthető lézertípus. Különböző változatai ismertek, de spektroszkópiai célokra olyan típus alkalmas, amelynek az impulzusalakja (jittere) szabályos. Ezért mi egy olyan típust ismertettünk, amelyet a kolozsvári BBTE Fizika karán építettünk 1995-ben a szegedi József Attila TE által biztosított eszközökből, az útmutatásaik alapján. Ezért köszönettel tartozunk a szegedi JATE Kvantumelektronikai és Optikai tanszékcsoport vezetőjének és tanárának, dr. Bor Zsolt és dr. Rácz Béla professzoroknak, valamint a Kísérleti Fizika Tanszék docensének, dr. Molnár Miklósnak.

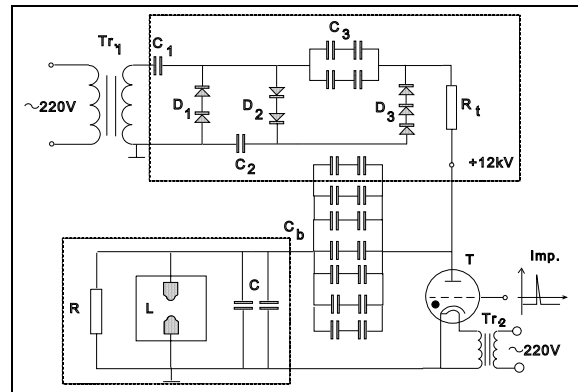
A nitrogénlézer egy olyan ultraibolya fényforrás, amellyel már a sokkal egyszerűbb, hangolható festéklézer pumpálhatjuk, és amellyel lézerspektroszkópiai mérések végezhetőek.

Az alábbiakban leírt nitrogénlézer aktív anyaga az atmoszférikus nyomású nitrogéngáz, amelyet a belőle kilépő lézerfényre merőleges irányú elektromos kisüléssel (TEA-lézer, Transversal Electric Atmospheric) gerjesztünk. A lézer alkotó egységei: a magasfeszültségű egység, az impulzusgenerátor és a lézercső (amelyben a nitrogéngáz áramlik), valamint a nitrogénforrás (palack).

## A magasfeszültségű áramforrás

A Tr<sub>1</sub> neontrafóval a 220 V-os hálózati feszültséget mintegy 5.000 V-ra transzformáljuk, diódákkal és kondenzátorokkal egyenirányítjuk és egyben megháromszorozzuk (a mellékelt ábra felső része). A feszültségháromszorozó fokozat működési elve a következő: az első félperiódusban a trafó szekundér tekercsére kapcsolt D<sub>1</sub> diódákon át feltöltődik a C<sub>1</sub> kondenzátor 5.000 V-ra. A második félperiódusban, amikor a trafó szekunderén a feszültség iránya megváltozik, most már a trafó a vele sorbakapcsolt C<sub>1</sub> kondenzátor feszültségével együtt feltölti a D<sub>2</sub> diódákon át a C<sub>2</sub> kondenzátort. Így ennek a sarkain most már 10.000 V lesz. A következő félperiódusban a C<sub>3</sub> kondenzátor a trafó sze-

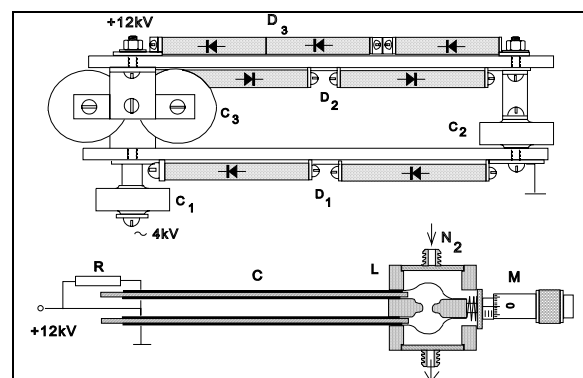
kunderén levő feszültség és a C<sub>2</sub>-n levő feszültség összegének megfelelő feszültségre, vagyis 15.000 V-ra töltődik fel a D<sub>3</sub> diódákon keresztül. A kondenzátorok báriumtitanátból készültek, értékük 1 nF/12kV. A diódák 10 kV-ig terhelhető KC 201 D típusúak.



1. ábra

## Az impulzusgenerátor

Az előző rajz alsó részén egy kapacitásátszfer impulzusgenerátor kapcsolási rajza látható. A nagyfeszültséget egy R<sub>t</sub>-vel jelölt (20 kΩ/10W) védőellenálláson keresztül juttatjuk a C<sub>b</sub> kondenzátorbankra, amely ugyanolyan 1 nF-os kondenzátorokból áll, mint a feszültségháromszorozó. A bank az R ellenálláson 15.000 V feszültségre töltődik fel. Ennek a töltéseit tölti át ("transzferálja") a T nagyteljesítményű tirátron (típusa TFI 500/16) a vele párhuzamosra váló C kondenzátorba, amikor a rácsára jutó vezérlőimpulzus hatására bekapcsol, és letesteli a kondenzátorbank egyik fegyverzetét. Ekkor a kondenzátorbank feltölti a C kondenzátort, amellyel párhuzamosan kapcsolva található az elektródok. Az alumíniumelektródokon megjelenő magasfeszültség hatására szikrakisülés keletkezik a néhány mm-es távon, ez pedig gerjeszti a nitrogéngázt (lenti ábra).



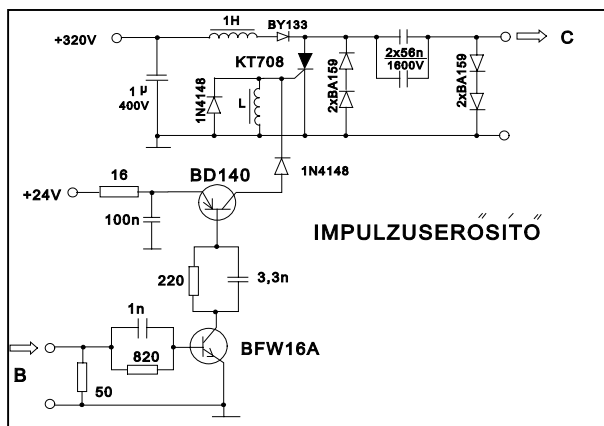
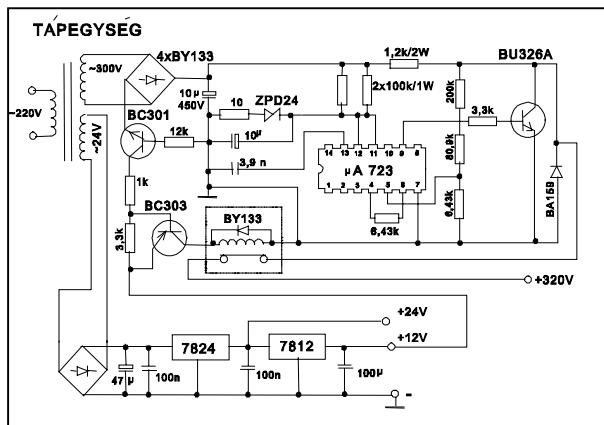
2. ábra

## A tirátron vezérlő-elektronikája

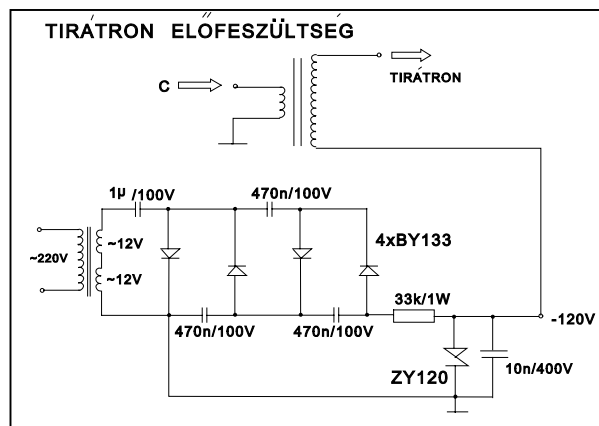
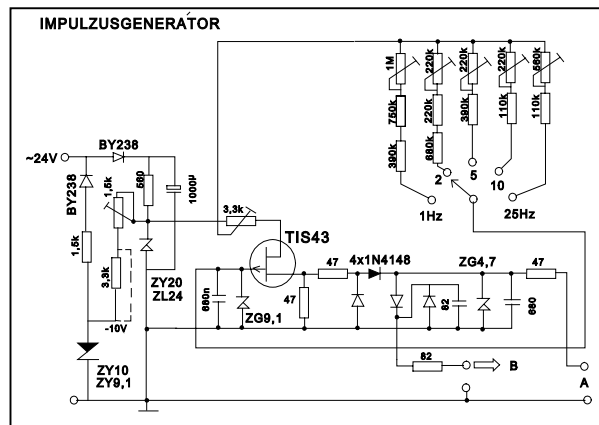
A megadott típusú tirátron rácsára állandóan -120 V feszültség van kapcsolva, csak akkor nyit, amikor többszáz voltos pozitív feszültségimpulzus érkezik a rácsra. A tirátron rácsának polarizálását egy igen komplex elektronika valósítja meg.

(Megjegyezzük, hogy a tirátront egy autó gyújtógyertyája is helyettesítheti, ekkor szikraközzel valószínűleg meg a kapcsolás.)

A lenti négy kapcsolási vázlat sorrendben: a stabilizált tápegység, az impulzusgenerátor, az impulzuserősítő és a tirátron előfeszültség az impulzustrafóval.



kapcsolatot teremt a termikusan kompenzált referencifeszültség és a műveleti erősítő neminvertáló bemenete között. Az integrált áramkörti elem kimenete a BU326A típusú teljesítménytranszisztorra kapcsolódik, melynek párhuzamos szabályozóelem szerepe van. A bázisára érkező vezérlőfeszültség szerint változik a kollektorárama, ami a stabilizáló kimenőfeszültségének ellentétes irányú változását idézi elő. Így növekszik, illetve csökken az 1,2 k $\Omega$ /2W ellenálláson a feszültség. A három sorba kapcsolt ellenállás (6,43k, 80,9k, 200k) a kimenő stabilizált feszültség mérésére szolgál azáltal, hogy negatív visszacsatolást hoz létre az integrált áram-



A következő vezérlőegységet a JATE lézerlaboratóriumában teveztek és építették meg.

## A stabilizált tápegység

A hálózati trafónak két kimenete van, egyik 300V, a másik 24V feszültséget szolgáltat. Mindkettő egy-egy egyenirányító hídhoz vezet (4 db BY133 egyenirányító dióda). A szűrést egy 100  $\mu$ F, illetve egy 47  $\mu$ F kapacitású elektrolit kondenzátor végzi. A  $\mu$ A723 típusú integrált áramkörti elem feszültségstabilizáló. Tápfeszültsége 9,5-40V közötti értékekű lehet. A mi kapcsolásunkban ezt a 24V körüli tápfeszültséget a ZPD24 Zener-dióda szolgáltatja. A 3,9 nF értékű kondenzátor, amelyet a feszültségstabilizáló 13-as lábára kapcsoltak, a stabilizáló műveleti erősítőjének begerjedését akadályozza meg, a 6,43 k $\Omega$  értékű ellenállás pedig

kör összehasonlító elemén. Mivel a belső áramkör referencifeszültsége 7,15 V, következik, hogy a 6,43 k értékű ellenálláson ugyanennek a feszültségnek kell lennie, mivel a műveleti erősítő mindkét bemenetén ugyanannak a feszültségnek kell lennie. Ígyhát ezen a három ellenálláson átfolyó áram erőssége  $7,15V/6,43k\Omega = 1,16$  mA folyik, ami nem befolyásolja a stabilizálást.

Egy másik stabilizálási folyamat valósul meg az alacsony feszültségértékeknél is. A 24V-os feszültséget a 7824, a 12V-osat pedig a 7812 stabilizálóelem valósítja meg. A 78-as (páros) szám arra utal, hogy a pozitív félperiódust stabilizálja.

Ennek a stabilizálóegységnek az alapvető jellegzetességét a BC301 és a BC303 típusú tranzisztorok által megvalósított kapcsolási üzemmód jelenti. Ezek szerint, ha a BC303-as tranzisztor kollektor-

áramkörében nincs áram (amikor a feszültség nulla értékeken megy keresztül), akkor a BY133-as elektromágneses relé bezár, és így a stabilizált feszültség az impulzuserősítőhöz jut. Ellenkező esetben, a tekercsnek köszönhetően, nem jut el. A BC301-es tranzisztor ezek szerint csak akkor vezet, amikor a lüktető egyenfeszültség maximális értékeket vesz fel. Mivel ennek a tranzisztornak a kollektorárama vezérli a BC303-as tranzisztort, következik, hogy csak ez idő alatt nyit a relé. Így az impulzuserősítő nem lesz táplálva addig, amíg a KT708-as tirisztor bekapcsol.

### Az impulzusgenerátor

Működése egy sor RC áramkörön alapul, amit egy 680 nF kapacitású kondenzátor és a J-FET TIS43 tranzisztor rácsa alkot, valamint egy sor ellenállás. Ezekkel beállítható az áramkör RC időállandója. Ezek megválasztásával állítható a kondenzátor feltöltődése és kisülése, és ezáltal az impulzushossz is. A generátort 24 V váltakozó feszültség táplálja. A ZG9,6 és a ZG4,7 Zener-diódák a p-csatornás J-FET tranzisztor pn átmenetének a védelmét biztosítják, illetve korlátozzák az A pontba kapcsolható külső vezérlőfeszültség értékét.

A tranzisztor addig vezet (a nyelő-forrás ellenállása minimális), amíg a 680 nF kapacitású kondenzátoron a feszültség nem lép túl egy adott értéken. Ez az időt az RC időállandó szabályozza. Amíg a tranzisztor vezet, az 1N4148 diódán (amelyet gyors kapcsolási sebesség, 100 V átütési feszültség és 100 mA áram jellemez) a B kimeneten egy áramimpulzus lép ki, és amíg a tranzisztor lezár, addig a 680 nF-os kondenzátor kisül, ezáltal elő van készítve a tranzisztor következő vezetési periódusához.

A TIS43 tranzisztor forrás-áramkörében lévő 82 pF és a 680 pF értékű kondenzátorok az áramimpulzusok meredekségét alakítják ki abban az időszakban, amikor a tranzisztor vezet.

A rezgési frekvencia Jaxley kapcsolóval váltható lépcsőzetesen. A frekvencia az azonos értékű trimmerék révén állítható be a hálózati frekvencia törtrészeire: 1, 2, 5, 10, 25 Hz-re. Így a cső kisülési frekvenciája a hálózati frekvencia által szinkronizált.

Az impulzusgenerátor 4,7 V-ra limitált impulzusait a B kimeneti sarkról egy impulzuserősítő veszi át.

### Az impulzuserősítő

A stabilizált 320 V egyenfeszültség periodikusan tölti fel az erősítő fokozat bemenetén található 1  $\mu$ F kapacitású kondenzátort. Az 1 H induktivitású tekercsnek (folytótetekercs, hisz az árammal szemben integráló hatása van) a szerepe az, hogy megvédje a KT708-as tirisztort a fellépő áramcsúcsoktól, azaz, nehogy bekapcsoljon a rácsára érkező vezérlőim-

pulzus hiányában is. Ugyanez a bemeneti magasfeszültség kerül (a következő egység transzformátor\tekercsének primér menete, valamint a két BA159 dióda révén) a két párhuzamosan kapcsolt 56 nF/1600 V-os kimenő kondenzátorra is. Így a C kimeneti pontban mért feszültség gyakorlatilag elhanyagolható (1,2 V).

Amikor a B bemeneti pontra egy feszültségimpulzus érkezik, a BFW16A (nagyfrekvenciás) tranzisztor bázis-emitter átmenete nyit, és a kollektor áramával vezérli a BD140-es tranzisztort. A BFW16A bázisáramkörében található 1 nF kapacitású kondenzátor szerepe az, hogy a vezérlőimpulzus meredekségét növelje, hogy a tranzisztor gyakorlatilag azonnal megnyisson. A vele párhuzamosan kapcsolt 820  $\Omega$ -os ellenállás arra szolgál, hogy amikor a tranzisztor nem vezet, kisüsse az előbbi kondenzátort, előkészítve azt egy újabb kapcsolásra. A 220  $\Omega$  ellenállással párhuzamosan kapcsolt 3,3 nF értékű kondenzátor szerepe ugyanaz mint az előbbi esetben leírt kondenzátoré, csupán a BD140-es tranzisztorra értelmezve.

A 16  $\Omega$ -os ellenállás és a 100 nF-os kondenzátor egy aluláteresztő szűrőkör, feladata a hálózatban keringő zavarok kiszűrése, nehogy a tirisztort ezek megnyithassák.

Az 1N4148 típusú diódának védő szerepe van abban az esetben, ha a tirisztor átütne. Ezzel megkímélhető a vezérlőtranzisztor tönkremenetele.

A tirisztor minél gyorsabb nyitása érdekében a vezérlőfeszültséget (amely csak a BD140 tranzisztor vezetése esetén lép fel) egyben még egy tekercsre is rávezetik. A tekercs a feszültséget deriválja, ezáltal az feszültségalak élesebbé válik. Viszont rajta az impulzusünetben fellépő önindukciós nagyfeszültség levezetésére az 1N4148 levezetődiódát kapcsolták vele párhuzamosan, rövidre zárva a tekercset, de egyben megvédve a tirisztort az esetleges átütéstől is. Ugyanezt a célt szolgálja (Ugyanez a szerepe a BY133 tranzisztornak a stabilizált feszültségforrás reléjében.)

Amikor a tirisztor bekapcsol, gyakorlatilag rövidzárlat keletkezik a sarkain, ezáltal a C kimeneten megjelenik az 56 nF-os kondenzátorokon lévő feszültség. Így az impulzusgenerátortól érkező vezérlőimpulzus feszültségamplitúdója megsokszorozva jelenik meg a fokozat kimenetén.

### A tirátron vezérlőegysége

Ez a kapcsolás a tirátron rácsához kapcsolódó transzformátor szekunder tekercsén a -120 V-os rácsfeszültséget állítja be. A -120 V feszültséget egy feszültségnégyszerező-egyenirányító elem hozza létre a 24 V-os hálózati transzformátorról. Ezt a lüktető egyenfeszültséget stabilizálja a ZY120 Zener-dióda -120 V-ra. Erre az alap rácsfeszültség-

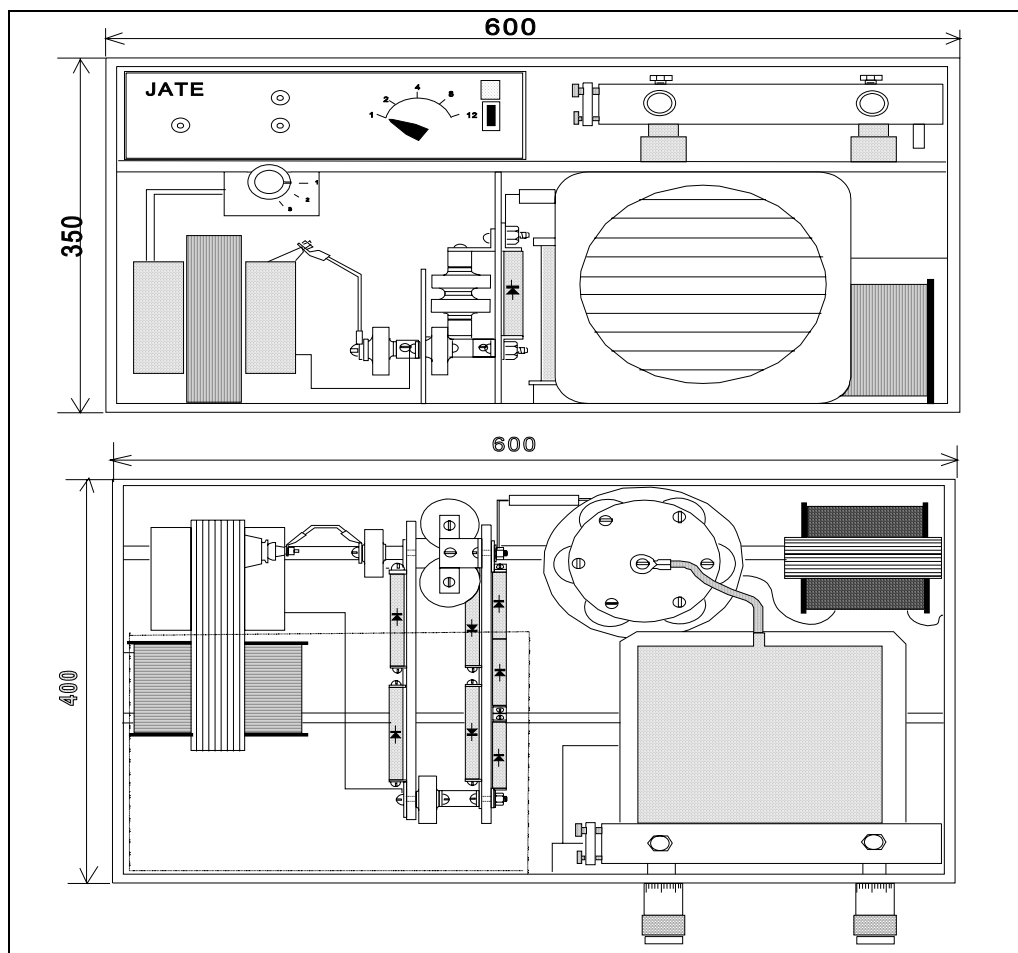
re tevődik aztán rá a több-száz volt nagyságú pozitív feszültségimpulzus, amit a ferritvasmagos transzformátor emel meg és juttat a rácra. (A trafó szekunder tekercsének 4x12 menete van, priméjének pedig csak 4 menete. A menetek huzaljai szilikoncsőben haladnak, egymástól biztonságosan elszigetelve.) Ezáltal a tirátron rácra néhány száz volt (kb. 600 V) pozitív feszültségre kerül, és megnyit.

### A tirátron

Gyors kapcsolóelemként használjuk a lézercső elektródjaihoz kapcsolódó kapacitásátranzferű impulzusgenerátorhoz. Mivel az elektródok közötti szikrakisülésnek rövid idejűnek kell lennie (kisebb

40 ns-nál), ezért a tirátron a maga gyors kapcsolási idejével (5 ns) és nagy erősségű áramával (500 A) nélkülözhetetlen eleme a lézernek. Egy 25 A/6,3 V feltételeknek elegendő transzformátor fűti fel a katódját, a hidrogéngenerátora felmelegítéséhez 0,2 V-ra van szükség. Ez utóbbi mintegy 5 percet tart, csak utána lehet bekapcsolni a lézert. A nitrogénpalackból beengedjük a gázt a lézercsőbe, az UV fényt fényképpapíron vizsgáljuk. Hengerlencsével a fényt a festéklézere fókuszáljuk, és a lézer pumpálásával ezzel megoldottuk.

Az alábbiakban bemutatjuk az általunk megkonstruált nitrogénlézert vázlatrajzát.



### Irodalom

1. Bor Zsolt, Kovács Gábor, Hebling János, Rácz Béla: **Lézerfizikai kutatások Szegeden. I. Nitrogénlézerek.** *Fizikai Szemle.* 7(257-263)1987.
2. Low, K.S.: Basic Spectroscopy Instrumentation. Construction of Some Laser Sources for Spectroscopy. *Winter College.* Kuala Lumpur (1987)
3. Sánta, I., Rácz, B., Kozma, L., Német, B.: **Investigations of UV TEA N-Lasers.** *Acta Physica et Chemica.* Szeged XXIV.(395)1978
4. Sánta, I., Kozma, L., Lupkovic, G.: **High Frequency TEA Nitrogen Laser.** *Conference* (1978)
5. Hecht, J.: *The Laser Guidebook.* McGraw Hill Book Company, N.Y. 1986
6. Kovács Zoltán: **Lézertípusok.** *Firka.* 4(115-121)1993/94

## A sín sztochasztikus igénybevétele és ennek jellemzői

Dr. Köllő Gábor, Suciu Mircea

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki kar

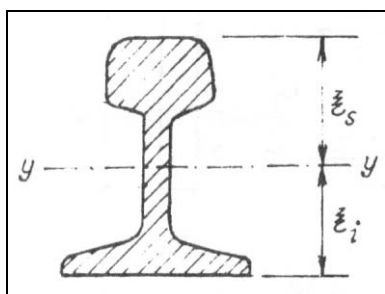
A vasúti felépítmény olyan mérnöki szerkezet (rugalmas ágyazatban elhelyezett, keresztaljakból és sínekből alkotott keretrendszer) amelynek fő igénybevételét a különböző sebességű és tengelyterhelésű vasúti járművek okozzák, nem elhanyagolva a hőmérsékletváltozás okozta és a gyártási igénybevételeket sem.

Figyelembe véve a felépítményt érő erőhatások meghatározásának bizonytalanságait, továbbá a vágálynak mint rugalmas alátámasztású tartónak a terhelés hatására nagy mértékű szórását mutató inhomogén viselkedését (e tekintetben a legfontosabb változók a felépítmény anyaga, az ágyazat, az altalaj, az időjárás, a vágány fenntartottsága stb.), láthatjuk a vasúti felépítmény igénybevétele meghatározásának rendkívül bonyolult voltát.

Ebben a cikkben a sínben a vonatterhelés által létrejött nyomaték és normál feszültség változását tanulmányozom, az idő függvényében meghatározva különböző vonatterhelésre (teher- és gyorsvonat) a nyomaték időbeni változását tehát egy

$$M = f(t), \text{ vagy } \alpha = \alpha_{s,i} \cdot f(t)$$

$$\left( \alpha_{s,i} = \frac{\zeta_{s,i}}{I_y} \right) \text{ típusú függvényt}$$



1. ábra

Tehát célul tűztük ki a sín egy keresztmetszetében a vonatterhelés áthaladása idején a nyomaték változásának meghatározását (1. ábra). Így meghatározhatjuk azokat a mennyiségi jellemzőket, amelyek szükségesek a sín fáradásvizsgálatának az elvégzéséhez.

A 2. ábra a nyomaték időbeni változását mutatja be a sín egy keresztmetszetében, több különböző szerelvény áthaladásakor.

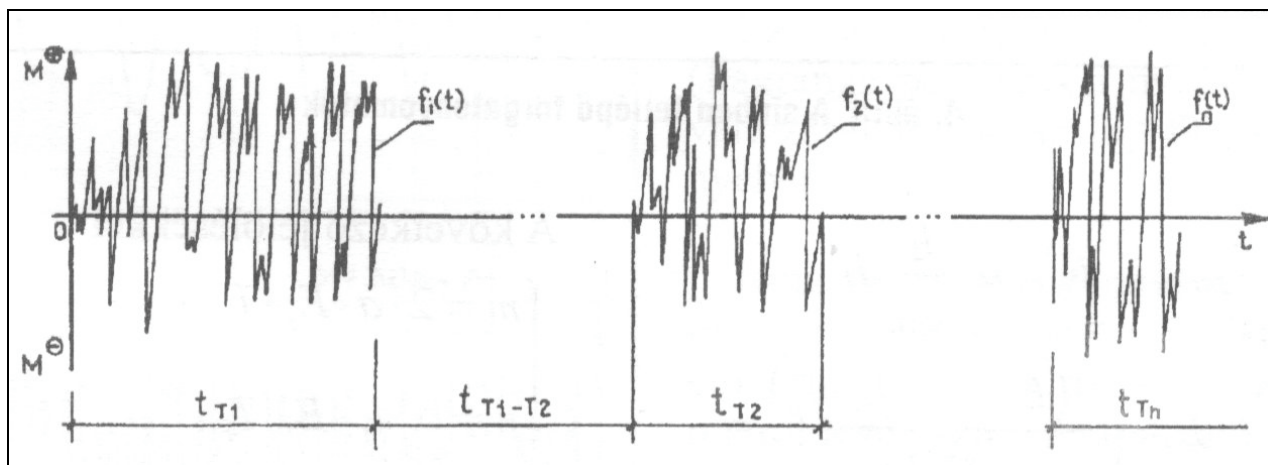
Az ábrában  $t_{T1}$ ;  $t_{T2}$ ;... azok az időintervallumok, amelyek alatt az érintett keresztmetszetet igénybe veszi a szerelvények áthaladása.

Az építőmérnöki tartószerkezetek esetében (pl. hidak, vasúti felépítmény stb.) – azok nagy mérete és egyedi jellege miatt – a sok kísérletet igénylő, teljesen empirikus fáradásvizsgálat kizárt. Ezeknél rendszerint csak egy-egy fontosabb részletet (pl. kapcsolószerkezetet) szoktak laboratóriumi méretezéseknek is alávetni, egyrészt, hogy kikeressék a legkedvezőbb szerkezeti kialakításokat, másrészt, hogy a számítási eljárásokhoz megfelelő adatok álljanak rendelkezésre.

A továbbiakban csak az elméleti számítással végrehajtott fáradásvizsgálattal foglalkozunk, azoknak a 2. ábrán bemutatott sztochasztikus (időben véletlenszerűen változó) függvényeknek,  $\{M = f(t)\}$ , a meghatározásával, amelyek a sín egy tanulmányozott keresztmetszetében jönnek létre különböző sebességű és típusú vonatterhelés esetén.

Ezeket a sztochasztikus folyamatokat (realizációkat) naponta és több  $k$  nap alatt a 3. ábra mutatja be.

A vasúti vágány elméleti igénybevételeinek számításánál a vágányt rugalmas alátámasztású tartónak tekintjük és a helyettesítő fiktív hosszgerendás eljárás segítségével határozzuk meg a sínben ébredő nyomatékokat.

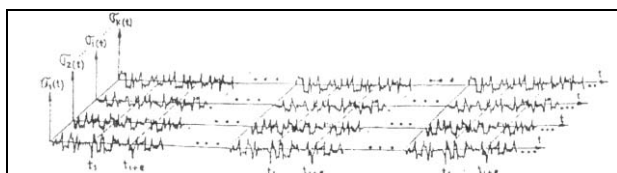


2. ábra, A nyomaték időbeni változása

Mellőzve a sínben ébredő nyomaték meghatározásának a levezetését és bevezetve a következő jelöléseket (4. ábra):

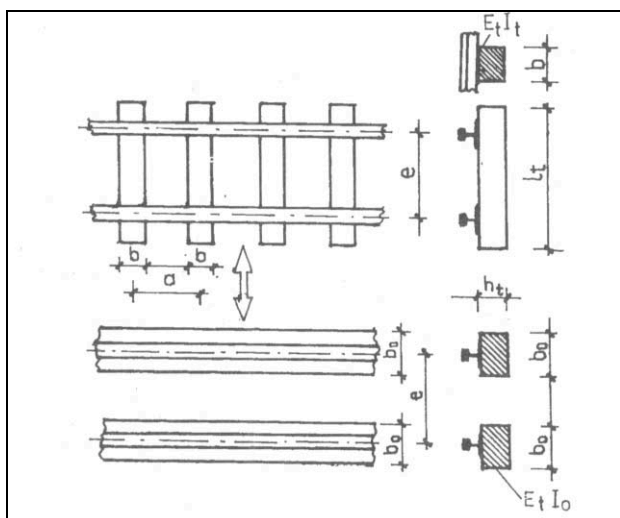
$$b_0 = \alpha \cdot \frac{l_t}{2a} \cdot b$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{4(E_s \cdot I_s + E_t \cdot I_0)}{C \cdot b_0}} = \sqrt[4]{\frac{4(2 \cdot a \cdot E_s \cdot I_s + \alpha \cdot l_t \cdot E_t \cdot I_0)}{\alpha \cdot l_t \cdot C \cdot b_0}} \quad (1)$$



3. ábra

Sztocasztikus folyamatok naponta és több „K” nap alatt



4. ábra

A sínben fellépő forgatónyomaték

A sínre jutó forgatónyomaték egy x távolságra lévő G[kN] kerékterhelés hatására (M<sub>S</sub>)

$$M_S = \frac{2aE_s I_s}{4(2aE_s I_s + \alpha l_t E_t I_0)} \cdot \sqrt[4]{\frac{4(2aE_s \cdot I_s + \alpha l_t E_t I_0)}{\alpha l_t c}} \cdot G e^{-\frac{x}{L}} \left[ \cos \frac{x}{L} - \sin \frac{x}{L} \right]$$

A következő jelölésekkel:

$$\begin{cases} m = 2a \cdot E_s \cdot I_s \\ n = \alpha \cdot l_t \cdot I_0 \\ r = \alpha \cdot l_t \cdot b \cdot c \\ \mu(x) = e^{-\frac{x}{L}} \left[ \cos \frac{x}{L} - \sin \frac{x}{L} \right] \\ \lambda = \frac{m}{m+n} \sqrt[4]{\frac{4(m+n)}{r}} \end{cases} \quad (3)$$

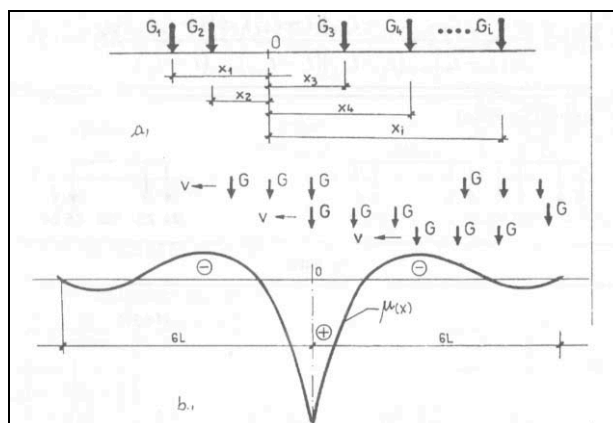
A (2) összefüggésből

$$M_S = \lambda \cdot G \cdot \mu(x)$$

A több kerékterhelés hatására ébredő nyomaték

$$M_S = \lambda \cdot \sum_{i=1}^k G_k \cdot \mu(x_k) \quad (4)$$

Feltételezve, hogy a következő vonatterhelés {G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>..., G<sub>i</sub>}, v [km/h] sebességgel halad át a tanulmányozott keresztmetszeten és környezetén [-6L, 6L] (5/a. b. ábra)



5. a. b. ábra

Több kerékterhelés hatására ébredő nyomaték

A nyomaték változását az idő függvényében egy [MOT] koordináta rendszerben ábrázolva megkapjuk az M<sub>i</sub> = f(t<sub>i</sub>) függvényt (mint pontthalmazt, 6. ábra).

A következőkben ezt a módszert alkalmazva a 7. ábrán bemutatott tehervonati terhelés következtében létrejött nyomaték változását mutatjuk be a 8. ábrán.

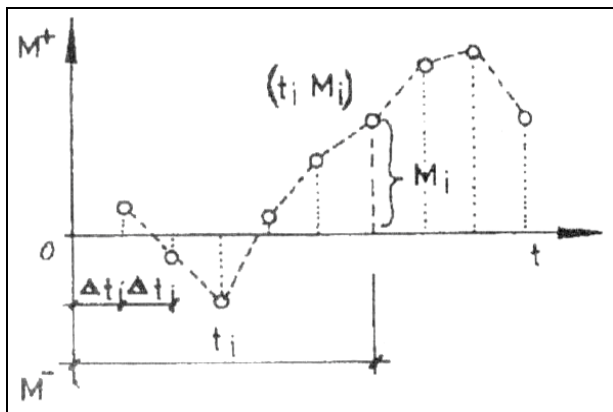
A 8. ábrán a tehervonat terhelésre létrejött nyomaték változását mutatjuk be, mint pontthalmazt. Észrevehetjük a nyomaték változásának periodicitását, amit a 30 egyenlően terhelt teherkocsi okoz. A 80 km/h sebességgel haladó tehervonat [-6L, 6L] intervallumon 21, 27 másodperc alatt halad át.

A 8/a. ábrán a mozdonyok és kocsi áthaladása okozta nyomaték változás (jobb áttekinthetőség céljából), a 8/b. ábrán pedig a teljes vonatterhelés okozta nyomaték változás látható.

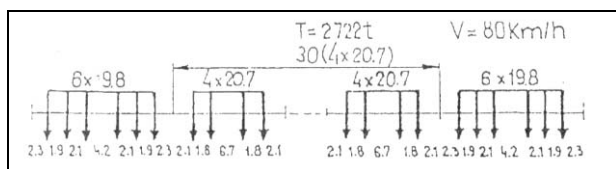
A 8/c. ábrán a mozdony és 4 kocsi áthaladása alatt keletkezett nyomaték változása van feltüntetve, ahol a második és negyedik kocsi terhelése különbözik a többitől (7,5 és 15 tonna/tengely).

A 9. ábrán láthatjuk azt az expressz vonatot ( $v=160$  km/h), amely által létrehozott nyomaték változását a 10. ábra mutatja be.

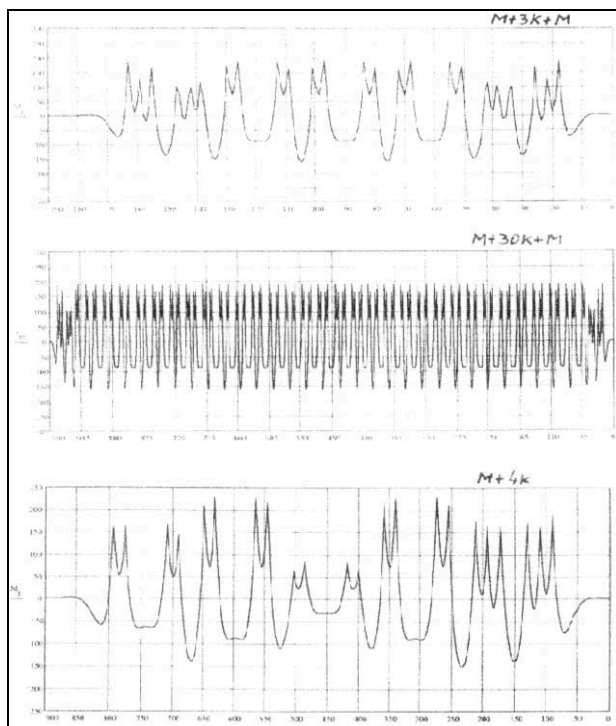
Az  $M_i = f(t)$  függvényt nem mint folytonos függvényt hanem mint diszkrét pontok által leírt függvényt határoztuk meg (kiszámítva minden  $(0+dt_i)$  pontban a létrejött nyomatékot, amíg a szerelvény át nem halad a tanulmányozott keresztmet-szetet magába foglaló  $[-6L, 6L]$  hosszon).



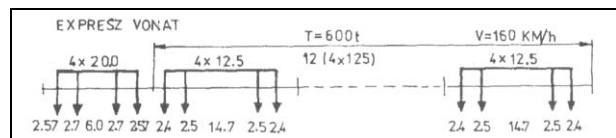
6. ábra



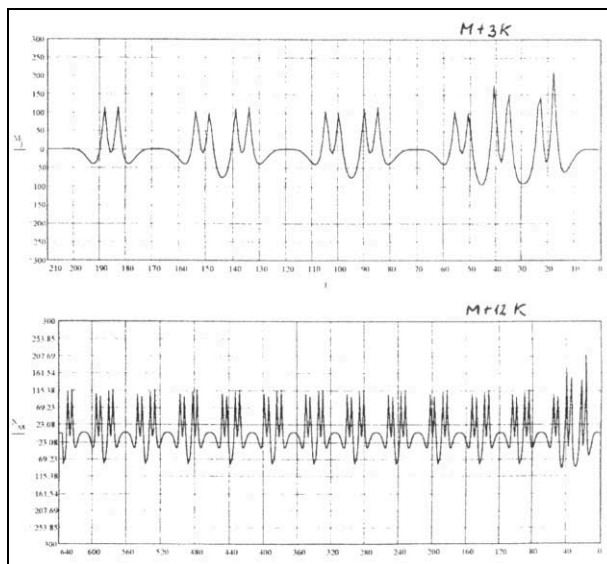
7. ábra



8. ábra



9. ábra



10. ábra

A fáradásvizsgálatoknál és a sín élettartamának a tanulmányozásánál szükséges mennyiségi jellemzők számításához egy folytonos  $M = f(t)$  függvényt kell meghatározni.

Ha a ponthalmazunk adott

$$\left\{ t_0, t_1, \dots, t_k \right\} \Leftrightarrow \left\{ (t_0 M_0) \dots (t_k M_k) \right\} \quad (5)$$

akkor ezen pontok által leírt görbét egy polinom függvénnyel közelítjük meg.

Ezt az aproximálást a Lagrange típusú polinommal lehet elvégezni

Ez a polinom függvény (Lagrange polinom) a nyomaték változását írja le az idő függvényében.

$$M_k(t) = P_{M,k}(t)$$

$$P_{M,k}(t) = \sum_{i=0}^k \frac{(t-t_0) \dots (t-t_{i-1})(t-t_{i+1}) \dots (t-t_k)}{(t_i-t_0) \dots (t_i-t_{i-1})(t_i-t_{i+1}) \dots (t_i-t_k)} \cdot M_k \quad (6)$$

Ismerve az  $M(t)$  függvényt és mivel ergodikusságú stacionárius sztochasztikus folyamatról van szó, kiszámítható az idő szerinti középérték (7) valamint a másodrendű korrelációs függvény (8).

$$m_M(k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T M_k(t) dt \quad (7)$$

$$R_M(\theta, k) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T M_k(t) \cdot M_k(t + \theta) dt \quad (8)$$

T- az ergodikusságú stacionárius folyamat realizációjának időtartama. A sztochasztikus folyamat fontos sajátossága, hogy jellemzőinek kiszámításakor a realizáció  $\{M(t)\}$  sokaságán értelmezett átlagolást időszerinti (t) átlagolással lehet helyettesíteni, ha a realizáció időtartama elég nagy.

Ismerve az  $M_k(t)$  idő szerint változó függvényt, kiszámítható még a négyzetes középérték.

$$\Psi_M^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T M_k(t) dt \quad (9)$$

a szórásnégyzet (diszperzió)

$$d_M^2 = \int_0^T [M_k(t) - m_M(k)]^2 dt \quad (10)$$

A diszperzióból vont négyzetgyök pozitív értékét négyzetes középeltérésnek vagy szórásnak nevezzük +  $\sqrt{d_M^2}$

A valószínűségi változók elméleti eloszlásai között különös jelentőségű a normál (Gauss) eloszlású sűrűségfüggvény

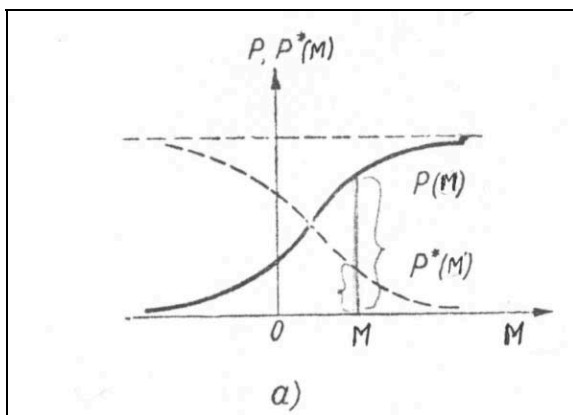
$$p(M) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot d_M} \cdot e^{-\frac{(M-m_M)^2}{2d_M^2}} \quad (11)$$

Az eloszlás függvény kiszámítható a sűrűségfüggvény  $p(M)$  ismeretében

$$P(M) = v[M(t) \leq M] = \int_{-\infty}^M p(M) dM \quad (12)$$

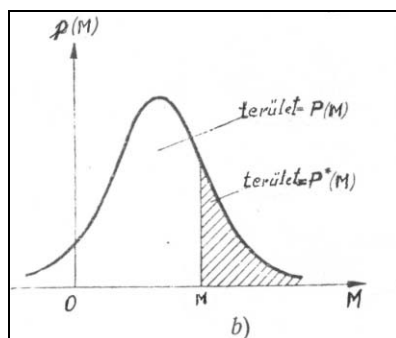
$$P^*(M) = v[M(t) > M] = \int_M^{\infty} p(M) dM \quad (13)$$

$$P(M) = P^*(M) = 1 \quad (14)$$



11. ábra

Sűrűségfüggvények változása



12. ábra

A valószínűségi változók Gauss féle normál eloszlása

Ismerve  $p(M)$  függvényt

$$m_M = \int_{-\infty}^{\infty} M \cdot p(M) \cdot dM \quad (15)$$

$$\Psi_M = \int_{-\infty}^{\infty} M^2 \cdot p(M) \cdot dM \quad (16)$$

$m_M$  – középérték

$\Psi_M$  – névleges középérték

A sűrűség spektrum hatvány függvénye  $G_M(f)$ , amely jellemzi a pillanatnyi intenzitásváltozást a frekvencia változás függvényében

$$\Psi_M^2(f; \Delta f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T M^2(t, f, \Delta f) dt \quad (17)$$

$M(t, f, \Delta f)$  az  $M(t)$  függvény azon intervalluma, amelynek a frekvenciája az  $(f, f+\Delta f)$  frekvencia intervallumban helyezkedik el.

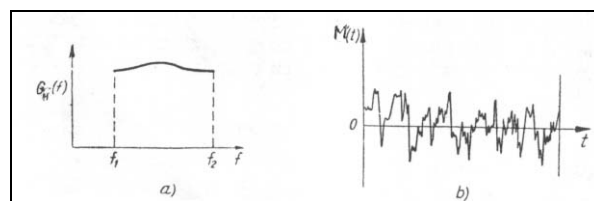
$$G(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \frac{\Psi^2(f, \Delta f)}{\Delta f} = \quad (18)$$

$$= \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{(\Delta f) \cdot T} \cdot \int_0^T M^2(t, f, \Delta f) dt$$

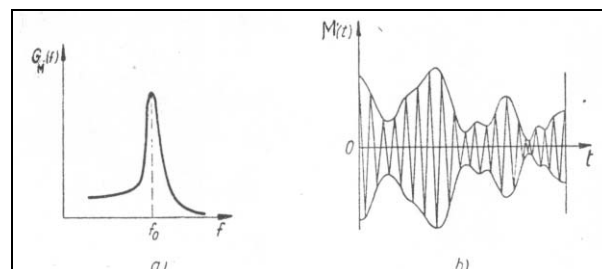
$G(f)$  egy valós függvény a definícióból

$$\Psi_M^2 = \int_0^{\infty} G_M(f) df \quad (19)$$

A 13/b ábrán, valamint a 14/ b ábrán két jellegzetes  $M(t)$  függvény változásra (széles és keskeny frekvenciasáv) ábrázoljuk a  $G_M(f)$  függvény változását. (13/ a és 14/ a ábrákon)



13/ a, b ábra

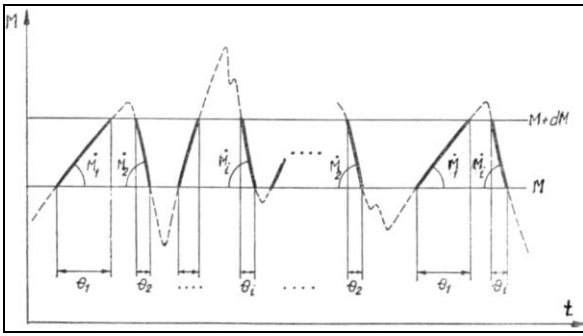


14/ a, b ábra

A sztohasztikus igénybevételek néhány jellemzője.

A sztohasztikus igénybevétel egy bizonyos sávban  $(M+dM)$  való áthaladásnak frekvenciája.





15. ábra

Az  $M+dM$  igénybevétel intervallumon való áthaladások száma

$$v_M = \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \dot{M} \right| \cdot p(M, \dot{M}) d\dot{M} \quad (20)$$

A nulla szinten való átment partikuláris esete

$$v_0 = \int_{-\infty}^{+\infty} \left| \dot{M} \right| \cdot p(0, \dot{M}) d\dot{M} \quad (21)$$

A vegyes normál sűrűségfüggvény

$$p(M, \dot{M}) = \frac{1}{2\pi \cdot d_M \cdot \dot{d}_M} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{M^2}{d_M^2} + \frac{\dot{M}^2}{\dot{d}_M^2} \right) \right] \quad (22)$$

Az  $M(t)$  függvény maximum pontjainak eloszlása.

A maximumpontok száma egy időegység alatt  $v_{\max}$  (mellőzve a levezetést)

$$v_{\max} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \ddot{M} p(M, 0, \ddot{M}) dM d\ddot{M} \quad (23)$$

A szélsőérték pontok közötti változások frekvenciája (változások száma egy időegység alatt ( $\bar{\sigma}$ ))

$$M \left( \left| \dot{M}(t) \right| \right)$$

Az  $M(t)$  függvény deriváltjai abszolút értékeinek az átlaga.

$$\bar{\sigma} = \frac{M \left( \left| \dot{M}(t) \right| \right)}{2v_{\max}} \quad (24)$$

levezetést mellőzve

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{p(0)} \cdot \frac{v_0}{2v_{\max}} \quad (25)$$

Az élettartam folyamán a szerkezet ismétlődő-változó terhelés körülményei között dolgozik, ahol a terhelés bizonyos sztochasztikus folyamatként fogható fel.

A számítással végrehajtott fáradásvizsgálatoknál jelentős problémák adódnak a terhelés és igénybevétel sztochasztikus jellege miatt. Az ilyen vizsgálatokat csak valószínűségelméleti módszerekkel lehet tárgyalni, s emellett még minden esetben egy

elfogadható károsodási hipotézist is kell alkalmazni.

Mivel a terhelés és igénybevétel sztochasztikus folyamat, ezért a károsodások felhalmozódása szintén ilyen folyamatként fogható fel.

Éppen ezért tartom fontosnak a vasúti sínben keletkezett véletlenszerűen változó igénybevételek (pl. forgatónyomaték  $M(t)$ ) minél pontosabb megismerését: a legnagyobb amplitúdójú lengések ( $\Delta M$ ) különböző szerelvények áthaladási időtartama alatti számát, a sztochasztikus függvény maximum valamint minimum pontjai számának meghatározását és ezek időbeni elhelyezkedését. Ezen a sztochasztikus igénybevétel jellemzőinek a meghatározását egy bizonyos elfogadható valószínűséggel kell megtenni.

A felépítmény (sín) károsodása, kifáradása azonban sokkal tömörebb folyamat, ami nemcsak az igénybevételtől, hanem igen sok tényezőtől függ: pl.: a tanulmányozott elem nagysága, keresztmetszete, felületi érdesség és korrózió, felületi kezelés, belső gyártási anyaghibák, hidegalakítás, hőmérséklet stb.

A kutatók, elméleti és gyakorlati szakemberek legfontosabb feladata a károsodási folyamatok elfogadható meghatározása, valamint a károsodások felhalmozódásának a meghatározása lesz.

Ezeknek az ismeretében elfogadható valószínűséggel meghatározható a sín élettartama.

## Irodalom

1. Dr. Köllő Gábor:  
A sín sztochasztikus igénybevételének tanulmányozása, *Közlekedéstudományi Szemle*, 11/1998/XLVIII
2. Dr. Köllő Gábor:  
Őszvérhídszerkezetek tanulmányozása sztochasztikus igénybevételre. Doktori értekezés 1995. Kolozsvár.

# Állandó fogmagasságú körív alakú hipoidhajtás kapcsolódásának számítógépes vizsgálata

Prof.dr.doc. Maros Dezső, dr. Orbán György  
Kolozsvári Műszaki Egyetem

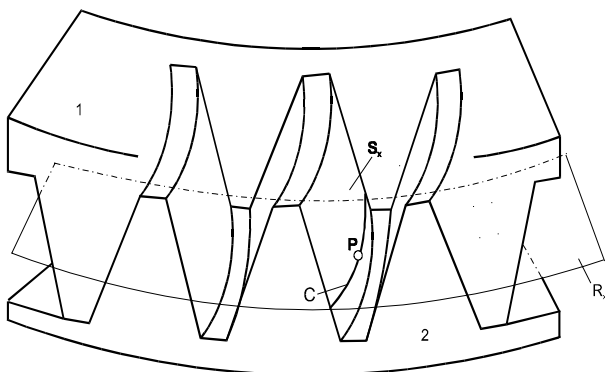
A dolgozat bemutatja a hipoidhajtás származtatásának elméleti alapjait. A számítási módszer lehetővé teszi az egymást burkoló felületek és az érintkezési pontok kiszámítását; a kényszerfeltételek megállapításával lehetővé válik még a tervezési fázisban az alámetszés elkerülése.

A számítógépes programok segítségével egy példán mutatjuk be a számítás menetét. Az AutoCAD program lehetővé teszi a hordkép vizualizálását és tetszés szerinti módosítását a bemenő adatok megváltoztatásával. Így elkerülhetők a költséges technológiai próbálgatások.

## 1. Bevezetés

A dolgozat tárgyát képező hipoidhajtás kapcsolódásának vizsgálata a Gleason módszerrel történő megmunkáláson alapszik.

A hipoid kúpkerekhajtás származtató síkkerekei egy kongruensen kiegészítő párt alkotnak, amint az 1-es ábrán látható, ahol az 1-es kerék a kiskereket a 2-es pedig a tányérkereket származtatja.

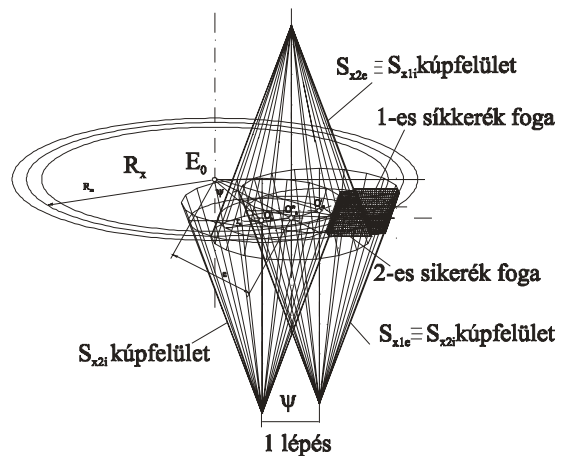


1. ábra

A kiskerék és tányérkerék egyik oldalát származtató közös kúpfelületet  $S_x$ -el jelöltük, a megfelelő gördülősíkot  $R_x$ -el.  $S_x$  és  $R_x$  metszéséből keletkezett kört alapkörnek nevezzük és C-vel jelöljük. Az ezen található főtípust, amely rendszerint a fog közepén helyezkedik el, P-vel jelöljük.

A 2-es ábrán a síkkerék  $R_x$  sík általi metszetét mutatja be, kiemelve az  $S_x$  származtató és a szomszédos szembenálló kúpfelületeket is. Az  $R_x$ -re merőleges tengely, amely az  $E_0$ -án halad át, egybeesik a fogazógép bölcsőjének tengelyével. Az  $O_s'$ ,  $O_s''$ ,  $O_s$  pontok a származtató kúpok tengelyeinek metszéspontjait jelölik az  $R_x$  síkkal.

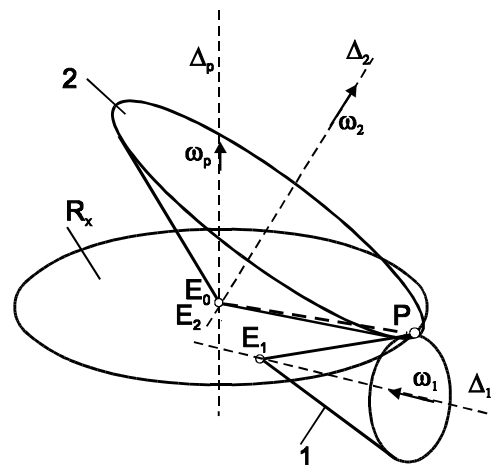
A Gleason módszerre jellemző, hogy a tányérkereket hipoid eltolás nélkül, a kiskereket pedig hipoid eltolással származtatjuk. Megjegyzendő, hogy a hajtás kompenzált, azaz mindkét keréknél a radiális fogprofil-eltolás abszolút értéke egyenlő.



2. ábra

A 3-as ábra a hipoidhajtást képező kúpkerek osztókúpjait ábrázolja, melyek az  $R_x$  síkot egy-egy alkotó mentén, egymást pedig a P pontban érintik. Relatív axoidának csak az  $R_x$  sík és a 2-es kúp tekinthető.

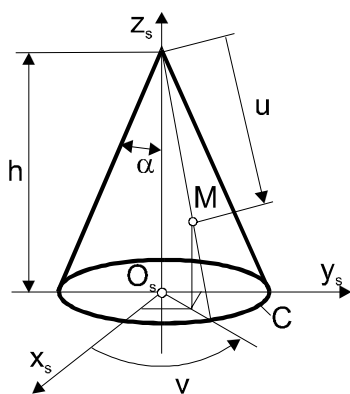
A származtatást meghatározó geometriai méreteket a hipoidhajtás adatai alapján határoztuk meg.



3. ábra

## 2. Elméleti alapok

Az  $S_x$ ,  $\varphi$  szerint, monoparaméteresen származtatja az  $S_1$  és  $S_2$ , pontszerűen érintkező felületeket. További számításaink a 4. ábrát veszik tekintetbe.



4. ábra

Felvéve a kúphoz kötött  $O_s x_s y_s z_s$  koordinátarendszert, ennek az  $u$  és  $v$  szerinti paraméteres egyenletei a következők:

$$\underline{r}_s = \underline{r}_s(u, v) \quad \text{és} \quad \underline{h}_s = \underline{h}_s(u, v), \quad (1)$$

melynek komponensei:

$$\begin{aligned} x_s &= u \cdot \sin \alpha \cdot \cos v & n_{xs} &= \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cos v \\ y_s &= u \cdot \sin \alpha \cdot \sin v & n_{ys} &= \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \sin v \\ z_s &= h - u \cdot \cos \alpha & n_{zs} &= \sin^2 \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

Az 5. ábra a származtatási kinematikai modellt vizsgálja, amely a következő 5 alapkoordinátarendszert tartalmazza:

1. Az  $E_0 x_0 y_0 z_0$  fix rendszert; 2. Az  $E_0 x_p y_p z_p$  származtató síkkerékhez kötött rendszert (az origóban amikor  $\varphi=0$ , az  $E_0 x_p$  tengely áthalad a P ponton);

3. Az  $S_x$  származtató felülethez kötött  $O_s x_s y_s z_s$  rendszert; 4. A kiskerékhez kötött  $O_1 x_1 y_1 z_1$  rendszert; 5. A tányérkerékhez kötött  $O_2 x_2 y_2 z_2$  rendszert.

A 4 és 5 rendszerek kezdőpontjait a  $\Delta_1$  és  $\Delta_2$  tengelyek normáltranzverzálisának talppontjaiban vettük.

Az  $S_x$  felület mátrix-egyenletei a síkkerék rendszerében a következők:

$$\underline{r}_p = \mathbf{M}_{ps} \cdot \underline{r}_s \quad \text{és} \quad \underline{h}_p = \mathbf{M}_{ps}^r \cdot \underline{h}_s, \quad (3)$$

ahol  $\mathbf{M}_{ps}$  és  $\mathbf{M}_{ps}^r$  egy kötött és egy szabad vektor áttérési mátrixai az  $s$ -ből a  $p$  rendszerbe. Ismerve az állandó áttérési arányokat:

$$i_{1p} = \frac{\omega_1}{\omega_p} = \frac{\varphi_1}{\varphi} \quad \text{és} \quad i_{2p} = \frac{\omega_2}{\omega_p} = \frac{\varphi_2}{\varphi}, \quad (4)$$

ahol  $\varphi$  a származtató kinematikai paraméter.

A továbbiakban meghatározhatók a következő triparaméteres összefüggések:

$$\underline{r}_1 = \mathbf{M}_{1p} \cdot \underline{r}_p \quad \text{és} \quad \underline{h}_1 = \mathbf{M}_{1p}^r \cdot \underline{h}_p,$$

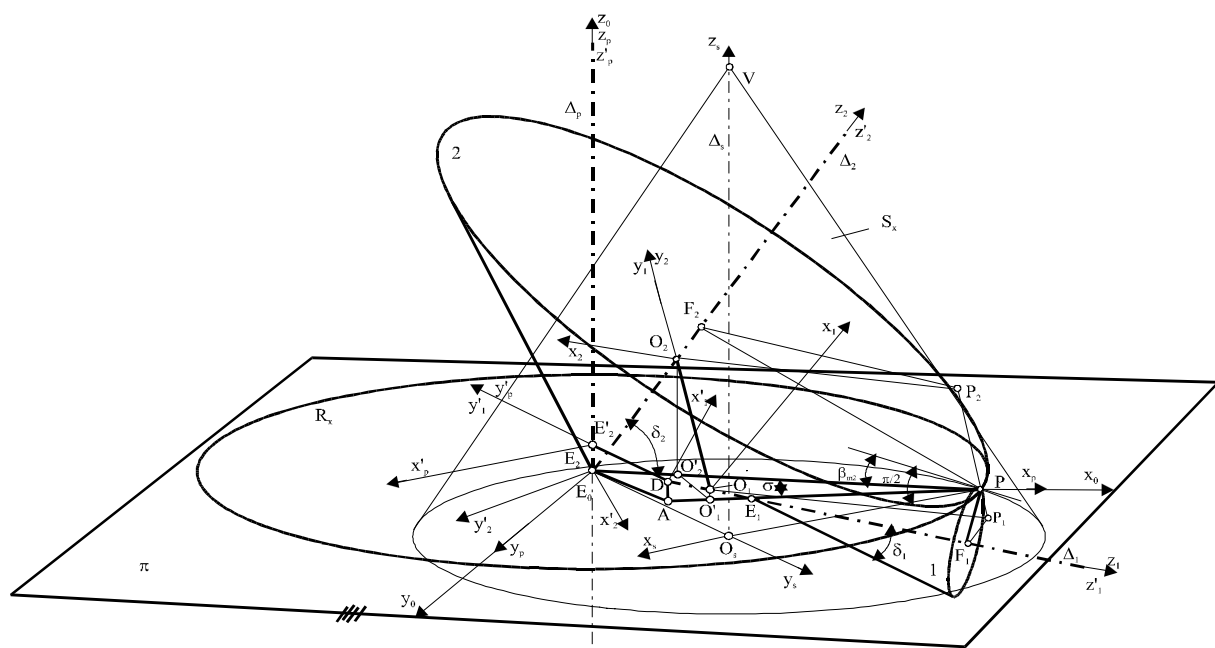
illetve:

$$\underline{r}_2 = \mathbf{M}_{2p} \cdot \underline{r}_p \quad \text{és} \quad \underline{h}_2 = \mathbf{M}_{2p}^r \cdot \underline{h}_p, \quad (5)$$

amelyek az  $S_x$  által az 1 és 2 rendszerekben burkolt felületeknek, azaz a kiskerék és tányérkerék fogfelületeinek kiszámításához szükségesek.

Figyelembe véve, hogy az  $S_x$  és a burkolt fogfelület közötti karakterisztikus görbe pontjaiban a relatív sebességvektorok a közös érintősíkbán vannak, felírható:

$$\underline{v}_{ip} \cdot \underline{h}_i = 0 \quad i=1,2 \quad (6)$$



5. ábra

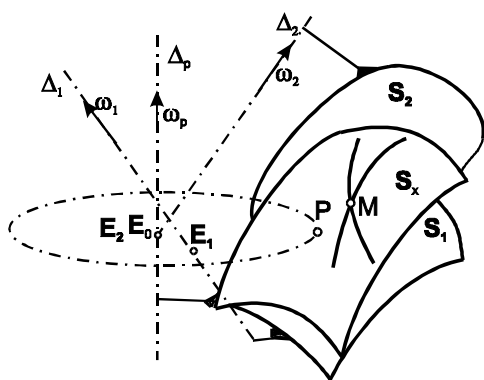
A (6) skaláris összefüggések a három paraméter,  $u$ ,  $v$  és  $\varphi$  közötti kényszerfeltételt jelentik, melyek a burkolt felületek meghatározásához vezetnek.

Bonyolult számítások során [2], a (6)-ból kifejeztük az  $u$  paramétert a következő formában:

$$u_i = \frac{a_i(\varphi) \cdot \cos v + b_i(\varphi) \cdot \sin v + c_i(\varphi)}{d_i(\varphi) \cdot \cos v + e_i(\varphi) \cdot \sin v} \quad i=1,2 \quad (7)$$

ahol  $a_i(\varphi) \dots e_i(\varphi)$  a  $\varphi$  függvényei. Behelyettesítve az így kapott  $u_i$  értékeit az (5)-be, az  $S_1$  és  $S_2$  fogfelületek  $u$  és  $\varphi$ -ben biparaméteres egyenleteit kapjuk.

Egy adott  $\varphi$  paraméterértékre, a két karakterisztikus görbe az  $S_x$  felületen levő  $M$  pontban metszi egymást, azaz az  $S_1$  és  $S_2$  felületek közötti érintkezési pontban (6. ábra).



6. ábra

Egyenlővé téve az  $u$  paraméter értékeit  $i=1,2$ -re, a (7)-ből következik:

$$A(\varphi) \cdot \cos^2 v + [B(\varphi) \cdot \sin v + C(\varphi)] \cdot \cos v + D(\varphi) \cdot \sin v + E(\varphi) = 0, \quad (8)$$

ahol  $A(\varphi) \dots E(\varphi)$  a  $\varphi$  paraméter függvényei.

A  $\varphi$  paraméter diszkrét értékeire, a (8) segítségével, iterációs módszerrel ki lehet számítani a megfelelő  $v$  értékeket és utána, a (7)-ből, a megfelelő  $u$  értéket. Az így kapott  $u$ ,  $v$  párral kiszámíthatjuk az érintkezési pontot bármelyik koordinátarendszerben.

Az érintkezési pontok mértani helye a fix rendszerben a kapcsolódási vonalat adja, az 1 és 2 rendszerekben pedig a hordkép vezérgörbéjét. Az  $S_1$  és  $S_2$  felületek  $\varphi$  és  $v$ -ben biparaméteresek, és van egy visszatérési élük, melyet egy új, következő formájú kényszerfeltétel határoz meg:

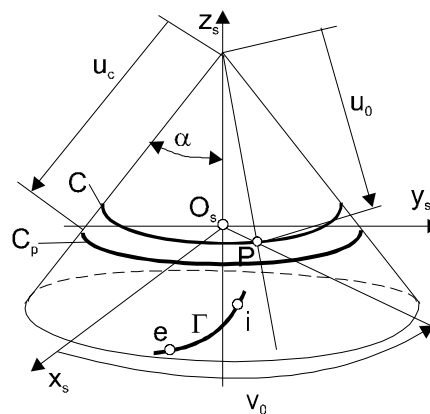
$$\frac{\partial \mathbf{r}_i}{\partial v} \times \frac{\partial \mathbf{r}_i}{\partial \varphi} = 0, \quad i=1,2, \quad (9)$$

A (9)-es összefüggés azt fejezi ki, hogy a visszatérési él pontjaiban a koordinátavonalakhoz tartozó érintők párhuzamosak. Ez a feltétel skalárisan a következőképpen jelölhető:

$$f(v, \varphi) = \frac{\partial x_i}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial z_i}{\partial v} - \frac{\partial x_i}{\partial v} \cdot \frac{\partial z_i}{\partial \varphi} = 0, \quad i=1,2 \quad (10)$$

A  $\varphi$ -nek minden értékére a (10)-ből a  $v$  megfelelő értéke iterációs módszerrel számítható ki. Behelyettesítve a (7)-be, meghatározzuk a megfelelő  $u$  értéket és utána a határpont konjugáltját is a megfelelő karakterisztikus görbén.

A  $\varphi$  különböző értékeire kiszámíthatók az  $S_1$  és  $S_2$  fogfelületek visszatérési élei és ezek  $S_x$  felületen levő  $\Gamma$  konjugáltja. Ennek aktív szakaszát a belső és a külső fogfejkúpok határolják. A 2. ábrán lévő  $S_{x1i}$  származtató kúpra hivatkozva, az alámetszés elkerülése végett a  $\Gamma$  görbe aktív (ei) szakasza a sikkerék  $C_p$  fejkörén kívül kell helyezkedjen. A  $C_p$  fejkört az  $u_c$  paraméter határozza meg, amint az a 7. ábrán látható. Elegendő tehát ha  $u_i > u_c$ , ahol  $u_i$  az  $i$  pontot a  $\Gamma$ -n rögzíti. Megjegyezzük, hogy  $S_{x1e}$  származtató kúp esetén az alámetszés elkerülésének feltétele:  $u_i < u_c$ .

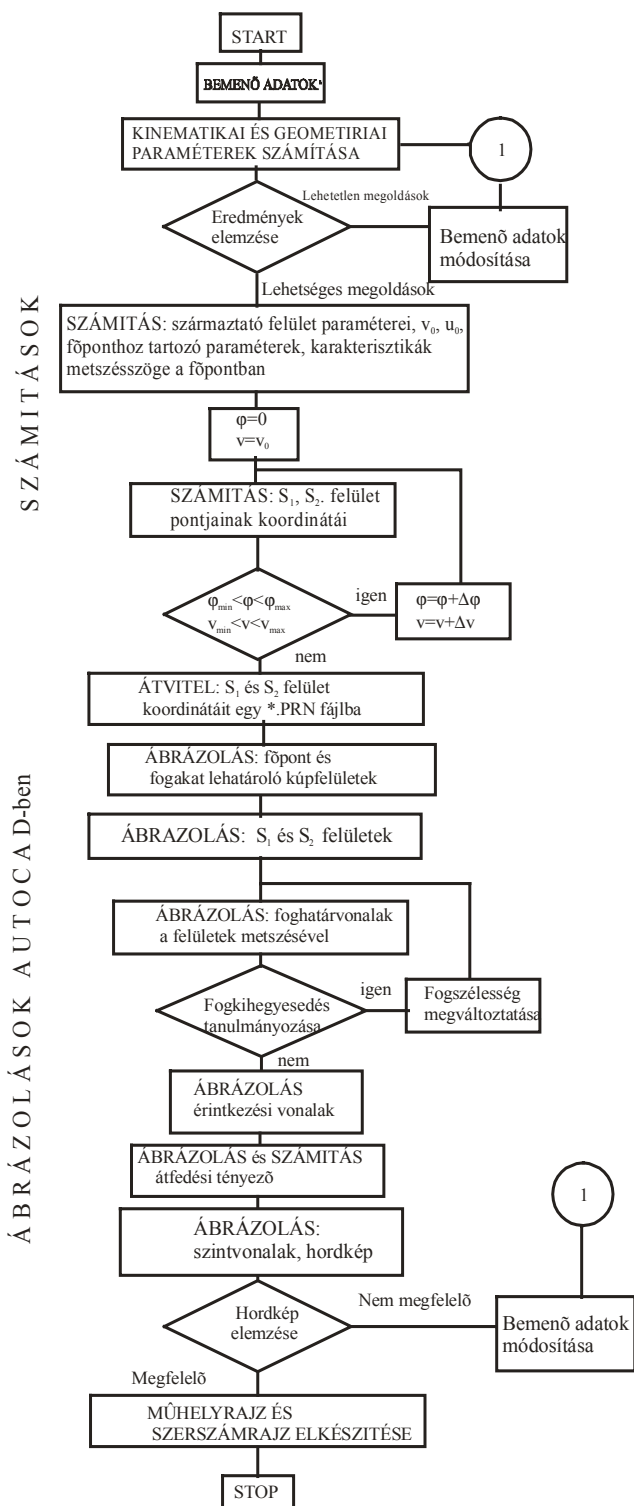


7. ábra

### 3. Programok és numerikus eredmények

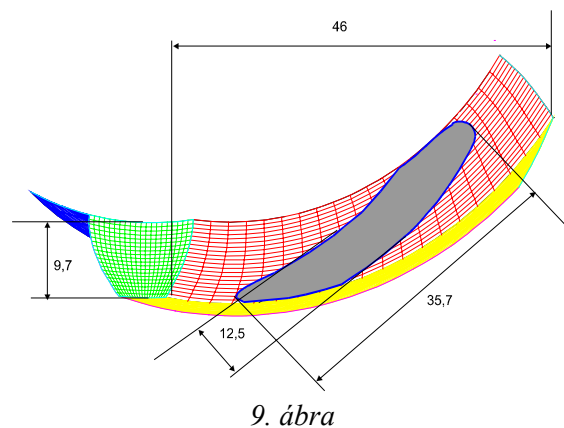
Felhasználva a Mathcad-5.0 és AutoCAD 14 szoftokat, a 2-es pontnál bemutatottak alapján és a grafikai szerkesztések határain belül egy programcsomagot állítottunk elő, amely segítségével bármely hipoidhajtás interaktív számítógépes módszerrel megtervezhető. A fogfelületeket a képernyőn biparaméteres Spline vonalhálózatokkal ábrázoltuk, melyek vonalsűrűségét tetszés szerint választjuk. Az érintkezési pontokban meghatároztuk a szintvonalakat, mely a két érintkező felület egyenlő távolságra levő pontjainak mértani helye. Ez a két vonalhálózat a felületek közös normális irányában történő egymásba hatolásával keletkezik és a Hide módszerrel szemléltethető. Az egymásba hatolás nagyságát a szintvonal rendjével jelöljük. Az azonos rendű szintvonalak burkolója a megfelelő rendű hordképet jelenti.

A számítás logikai sémáját a 8. ábra mutatja be.



8. ábra

Alkalmazás végett egy gépkocsi differenciálművében található hipoidhajtását terveztük, melynek jellemzői:  $z_1=10$ ;  $z_2=41$ ;  $a=50,8$  mm;  $\Sigma=90^\circ$ ;  $m=6$ ;  $\beta_2=27^\circ 35'$ . Több variáns tanulmányozása után a 10. ábrán bemutatott kiskereket találtuk a legmegfelelőbbnek. Követni lehet a kapcsolódási vonalat és a hordkép vezérgörbét. A 9. ábrán a hordkép látható, melyet a 0,02 rendű szintvonalak burkolójaként kaptunk. A 11. ábrán a tervezett hipoidhajtást mutatjuk be két nézetben.



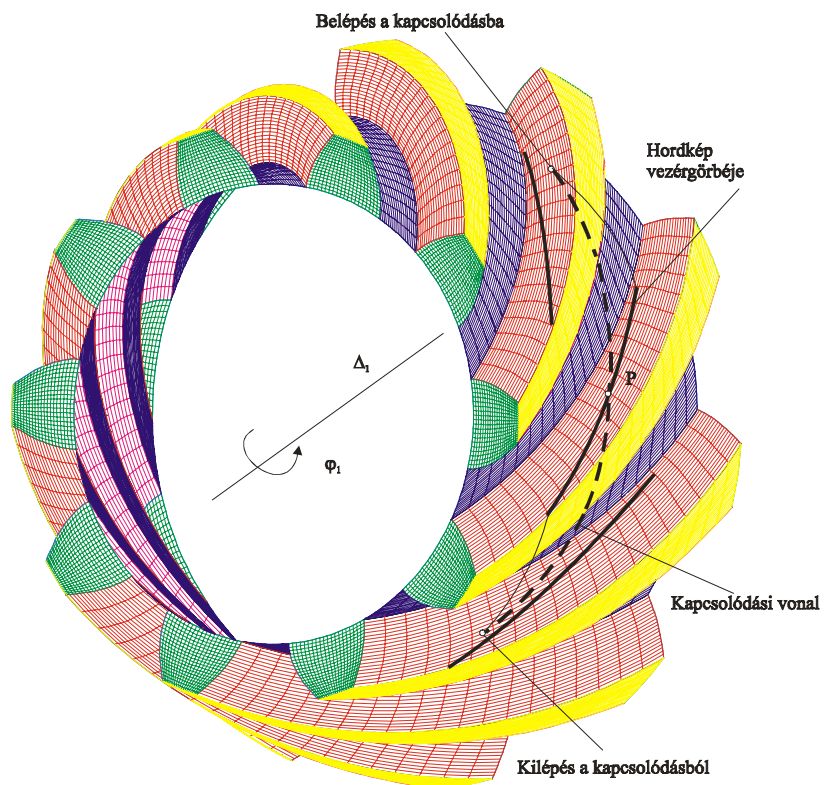
#### 4. Következtetések

A fenti vizsgálati módszert felhasználva a programok segítségével bármely hipoidhajtás megtervezhető.

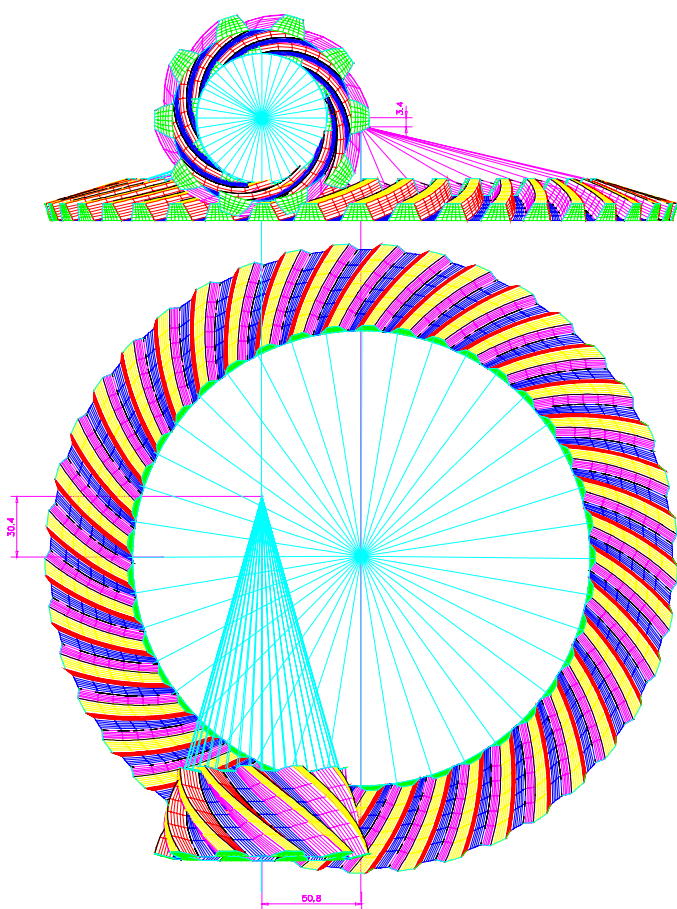
Ellenőrizhetők és szemléltethetők a hajtás minőségi meghatározói és a bemenő adatok megváltoztatásával ezek befolyásolhatók egy optimalizálási lehetőség irányába.

Kimutathatók a gyártási vagy szerelési pontatlanságok következményei is a hordkélokálizáció szempontjából, elkerülve így a költséges próbálgatásokat.

A program kibővíthető és automatizálható. A terhelt állapotban keletkező rugalmas deformációk figyelembevételével a program kibővíthető a véges elemek módszerét alkalmazva.



10. ábra



11. ábra

### Irodalom

1. Maros, D. *Contribuții la precalculul petei de contact la angrenaje*. Fogaskerék-szakemberek nemzetközi találkozója. Universitatea de Nord, Nagybánya, 1996.
2. Orbán, Gh. *Simularea generării și a localizării contactului la angrenajele conice cu dantura în arc de cerc*. Doktori disszertáció (80 irodalom-cím), Műszaki Egyetem, Kolozsvár, 1998.

# Egy tervezési modell bemutatása alakemlékező ötvözetek alkalmazására

Mihálcz István

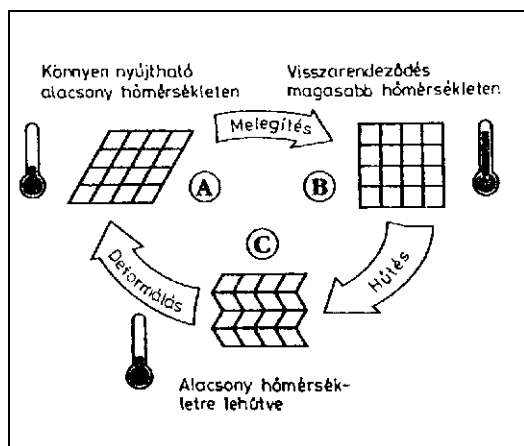
Budapesti Műszaki Egyetem  
Finommechanikai és Optikai Tanszék

## Összefoglalás:

Az alakemlékező ötvözetek (Shape Memory Alloy = SMA) a fémeknek egy olyan csoportját alkotják, amelyek hő hatására képesek „emlékezni” előző alakjukra. Általában alacsony hőmérsékleten ezek az anyagok nagyon hajlékonyak, felmelegítve azonban visszanyerik eredeti alakjukat. Ezt az emlékezési mechanizmust nevezik „egyutas” emlékezésnek. Jelen dolgozat egy ilyen alakemlékező fémrel megvalósított mozgató (aktuátor) tervezését mutatja be.

## A jelenség bemutatása:

Ha egy SMA-ból készült huzalt hajlítás nélkül ízzítunk, majd ezen egyenes forma megtartása mellett lehűtjük, a drót alakja változatlan marad. A huzal meleg állapotban 5...8 %-ot rövidül hideg állapotban mért hosszához képest (NiTi esetében), lehűléskor meg ugyanennyit megnyúlik. Alacsony hőmérsékleten az ötvözet martenzites fázisban található. Melegítéskor, az átalakulási hőmérsékletet túllépve, ausztenites fázisba kerül. Az átmenet a martenzites fázisból az ausztenites fázisba egy úgynevezett R fázison át történik, de mivel nagyon rövid ideig létezik ez az állapot, ezért teljesen el szokták hanyagolni. A két fázisnak más a kristályszerkezete, ez a rövidülés magyarázata. A kristályszerkezet átalakulását az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

Az SMA működése a következő: az A kristályrácsot deformáljuk az átalakulási hőmérséklet alatti hőmérsékleten, de csak olyan mértékben, hogy az atomok közötti kötések megmaradjanak. Az ötvözetet az átalakulási hőmérséklet fölé melegítve, a kristályrács visszanyeri eredeti alakját (B - ausztenites kristályszerkezet). Ebben a lépésben

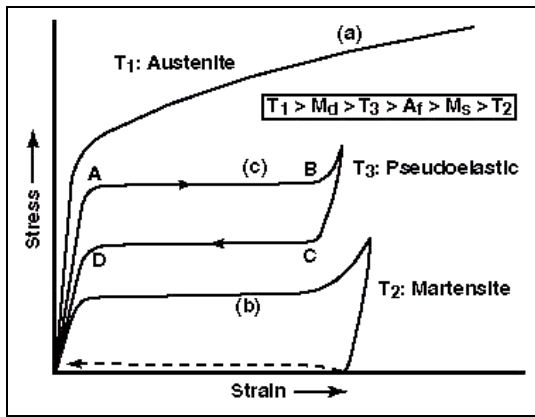
lehet az SMA-t munkavégzésre használni. Az ötvözetet lehűtve, a fázisváltozás ellentétes irányban történik (C - martenzites kristályszerkezet) és az ötvözet könnyen deformálhatóvá válik. Az átalakulás hiszterézissel jár, ennek értéke 5...30 °C.

Ha a martenzites állapotban a huzalt meghajlítjuk, ezt az alakját addig tartja, amíg kristályszerkezete meg nem változik. Ha az így meghajlított huzalt melegítjük, az  $A_s$  hőmérsékleten megindul a drót kiegyenesedése, és a kiegyenesedés az  $A_f$  hőmérsékleten fejeződik be. Ezek a hőmérsékletek az ausztenitképződés kezdetét és végét, az  $M_s$  és  $M_f$  pedig a martenzitképződés kezdetét és végét jelentik. Az alakemlékezés arra az alakra vonatkozik, amelyben az ötvözet volt a deformációt megelőző ausztenites fázisban.

A martenzites átalakulás az alakemlékező ötvözetekben bekövetkezhet hőmérsékletcsökkentéssel vagy a mechanikus terhelés növelésével. Az elsőt termoelasztikus martenzitnek, a másikat feszültség- vagy alakváltozás keltette martenzitnek nevezik. A termoelasztikus martenzites átalakulásnál a hőmérséklet csökkenésével a martenzit mennyisége nő, és fordítva, a martenzit tartalom csökken, ha a hőmérséklet emelkedik.

Ha az ötvözet az  $M_s$  hőmérséklet fölött található, mechanikai terhelése fázisátalakuláshoz vezet. A mechanikai feszültség növelésével nő a rugalmas alakváltozás. Ha a feszültség elérte az alakváltozáshoz szükséges értéket, megindul a fázisátalakulás izotermikus jelleggel és feszültségkeltette vagy alakváltozáskeltette martenzit keletkezik. A terhelés csökkentésével előbb a rugalmas alakváltozás csökken, majd elkezdődik a martenzit mennyiségének csökkenése. Ezt a viselkedést pseudoelasztikus viselkedésnek, a jelenséget meg pseudoelaszticitásnak nevezik, ezt a 2. ábra C görbéje szemlélteti.

Az alakemlékező hatásban mind a termoelasztikus, mind a pseudoelasztikus viselkedésnek szerepe van. Az alakemlékező hatás ugyanis csak akkor észlelhető, ha a feszültséggel keltett martenzites átalakulás a terhelés megszüntetésével nem fordul meg. Az így keletkezett martenzites szerkezetet ezután hevítéssel lehet visszavinni az eredeti fázisába és alakjára. Ezt mutatja be a 2. ábra B görbéje. A B görbe alsó szaggatott vonallal rajzolt szakasza a melegítés hatására következik be és ezen a szakaszon lehet munkát végezni az ötvözetrel.



2. ábra

### A hatásfok számítása:

Minden mozgatóelemnél lényeges a hatásfok. A hatásfok számításához egy egyszerűsített modellet alkalmaztam. A martenzit- és az ausztenit-képződés kezdeti és befejezési hőmérsékletét ugyanakkora értékűnek választottam, vagyis  $M_s = M_f = M$  és  $A_s = A_f = A$  (a hiba itt pont a hiszterézis értékével egyenlő), a nyúlás meg az összehúzóadás független a feszültségtől, a plasztikus alakítás során nem lép fel fázisátalakulás, a termikus hiszterézis független a feszültségtől, a fázisátalakulást nem befolyásolja az anyag kifáradása.

A hatásfok egyenlete:

$$\eta = \frac{W_{out} - W_{in}}{Q_{in}} \quad (1)$$

ahol  $W_{in}$  és  $W_{out}$  a bevitt- és az ötvözet által létrehozott mechanikai munka,  $Q_{in}$  pedig a bevitt hőmennyiség. Mivel a bevitt munka nulla ( $W_{in} = 0$ ), az SMA által kifejtett munka:

$$W_{out} = \int \sigma \cdot d\varepsilon = (\varepsilon_M - \varepsilon_A) \cdot (\sigma_H - \sigma_L) = \Delta\varepsilon \cdot \Delta\sigma \quad (2)$$

ahol  $\sigma_H$  - az SMA-ra ható maximális feszültség,  $\sigma_L$  - az SMA-ban lévő maradékfeszültség,  $\varepsilon_M$  - a martenzites fázisban lévő ötvözet nyúlása,  $\varepsilon_A$  - az ausztenites állapotban a rövidülés. A bevitt hőmennyiség az ötvözet belső energiaváltozásának ( $Q$ ) és a látenshőnek ( $\Delta h$ ) az összege. A belső energiaváltozás egyenlete:

$$Q = \rho \cdot c \cdot (A_{\sigma H} - M_{\sigma L}) = \rho \cdot c \cdot \left( \Delta T + \frac{\sigma_H - \sigma_L}{dT} \right) \quad (3)$$

A látenshő a Clausius-Clapeyron egyenletből írható fel [3]:

$$\Delta h_{\sigma H} = \frac{d\sigma}{dT} \cdot \Delta\varepsilon \cdot A_{\sigma H} = \frac{d\sigma}{dT} \cdot \Delta\varepsilon \cdot \left( M + \Delta T + \frac{\sigma_H - \sigma_L}{dT} \right) \quad (4)$$

Behelyettesítve a (2), (3) és (4) egyenleteket a hatásfok egyenletébe (1), a következő összefüggést kapjuk:

$$\eta = \frac{(\varepsilon_M - \varepsilon_A) \cdot (\sigma_H - \sigma_L)}{\rho \cdot c \cdot \left( \Delta T + \frac{\sigma_H - \sigma_L}{dT} \right) + \frac{d\sigma}{dT} \cdot (\varepsilon_M - \varepsilon_A) \cdot \left( M + \Delta T + \frac{\sigma_H - \sigma_L}{dT} \right)} \quad (5)$$

A Flexinol nevű NiTi alakemlékező ötvözetre elvégezve a számításokat a következő adatokkal:  $\sigma_H = 400 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_L = 200 \text{ N/mm}^2$ ,  $\Delta\varepsilon = 5 \%$ ,  $d\sigma/dT = 7 \text{ N/mm}^2\text{C}^\circ$ ,  $\Delta T = 25 \text{ C}^\circ$ ,  $c = 460 \text{ J/kgC}^\circ$  az ötvözet fajhője,  $\rho = 6.45 \text{ g/cm}^3$  az ötvözet sűrűsége,  $M = 47 \text{ C}^\circ$  - a hatásfok értéke  $\eta = 8.15 \%$ .

### Tervezési modell:

Az SMA kontinuummechanikai egyenletét Tanaka japán kutató határozta meg 1982-ben, ezt az egyenletet C. Liang és C.A. Rogers 1990-ben [1] valamint L.C. Brinson 1993-ban [2] korrigálták. Az egyenlet egy kezdeti (0) állapotra vonatkoztatva a következő:

$$\sigma - \sigma_0 = E(\xi) \cdot \varepsilon - E(\xi_0) \cdot \varepsilon_0 + \Theta \cdot (T - T_0) + \Omega(\xi) \cdot \xi_s - \Omega(\xi_0) \cdot \xi_{s0} \quad (6)$$

ahol  $\sigma$  - az ötvözetben a mechanikai feszültség,  $E$  - a rugalmassági modulus,  $\varepsilon$  - az összehúzóadás (rövidülés) mértéke,  $\Theta$  - a hőmérséklet-tenzor,  $T$  - a hőmérséklet,  $\Omega$  - a fázistenzor,  $\xi$  - a martenzittartalom,  $\xi_s$  - a feszültség hatására keletkező martenzittartalom. Szintén C. Liang és C.A. Rogers 1990-ben [1] és L.C. Brinson 1993-ban [2] kimutatták, hogy a fázistenzor értéke:

$$\Omega(\xi) = -\varepsilon_L \cdot E(\xi) \quad (7)$$

ahol  $\varepsilon_L$  az ötvözet maximális maradék nyúlása. A martenzittartalom függ a hőmérséklettől és a feszültségtől, ezért felírható a kettő összegeként [2]:

$$\xi = \xi_T + \xi_S \quad (8)$$

ahol  $\xi_T$  a hőmérséklet hatására keletkező martenzittartalom. Átirva a (6) egyenletet, elvégezve a behelyettesítéseket [2]:

$$\sigma = E(\xi) \cdot (\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) + \Theta \cdot (T - T_0) + K_0 \quad (9)$$

$$K_0 = \sigma_0 - E(\xi_0) \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_L \cdot \xi_{s0})$$

A  $K_0$  tag tartalmazza a kezdeti feltételeket. A fenti egyenletrendszer felírva két feszültségértékre ( $\sigma_1$ -re és  $\sigma_2$ -re), a  $\sigma_1$ -hez tartozó  $K_0$  tagot zérusra választva ( $\sigma_0 = 0$ ,  $\varepsilon_0 = 0$ ,  $\xi_0 = 0$ ) és a  $K_1$ -et ha kifejezzük a  $\sigma_1$  függvényében, akkor kapjuk:

$$K_1 = \Theta \cdot (T_1 - T_0) \quad (10)$$

Ezt az eredményt behelyettesítve a  $\sigma_2$  egyenletébe a következő egyenlethez jutunk:

$$\sigma = E(\xi) \cdot (\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_S) + \Theta \cdot (T - T_0) \quad (11)$$



Mivel a rugalmassági modulus értéke nemlineáris, de ismeretes az értéke mindkét fázisban, ezért felbontható két összegre:

$$E(\xi) = \xi \cdot E_M + (1 - \xi) \cdot E_A \quad (12)$$

Ezáltal az SMA egyenlete a következő ( $K_0 = 0$ -ra):

$$\sigma = (\xi \cdot E_M + (1 - \xi) \cdot E_A) \cdot (\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_s) + \Theta \cdot (T - T_0) \quad (13)$$

vagy a kezdeti feltételek figyelembevételével a következő összefüggést kapjuk:

$$\begin{aligned} \sigma - (\xi \cdot E_M + (1 - \xi) \cdot E_A) \cdot (\varepsilon - \varepsilon_L \cdot \xi_s) - \Theta \cdot T = \\ \sigma_0 - (\xi_0 \cdot E_M + (1 - \xi_0) \cdot E_A) \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_L \cdot \xi_{s0}) - \Theta \cdot T_0 = konst. \end{aligned} \quad (14)$$

Ismerve az SMA-ban keletkező feszültségeket, már meg lehet határozni az SMA huzal rövidülését, vagyis a mozgás mértékét. Az SMA hőmérsékletét a következő egyenlettel lehet meghatározni:

$$T = T_o + (T_f - T_m) \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{\tau}}\right) \quad (15)$$

ahol  $T_m$  a környezet hőmérséklete, a  $T_f$  az SMA végső hőmérséklete:

$$T_f = \frac{I^2 \cdot R}{\pi \cdot d \cdot h} \quad (16)$$

$\tau$  az SMA időállandója:

$$\tau = \frac{d \cdot \rho \cdot c}{4 \cdot h} \quad (17)$$

A fenti összefüggésekben  $I$  az áram,  $R$  az SMA huzal ellenállása,  $d$  a huzal átmérője,  $h$  a huzal hőátadási tényezője.

### Következtetés:

1. A hatásfok értéke 5.1%, ami elfogadható, mert átalakító nélkül alkalmazható, nagyon megbízható (mert nem tartalmaz mozgó alkatrészeket) és a teljesítmény/térfogat arány ennél az aktuátornál a legnagyobb. A hatásfok értéke csak közvetlen (árammal) fűtés esetében érvényes.

2. Aktuátor tervezésénél, ha két szélső érték között kell pozícionálni valamit, elegendő ismerni az adott hőmérsékletnél és mechanikai feszültségnél az ötvözet paramétereit. Folyamatos, nagy pontosságú pozícionálásnál ( $\Delta x < 0.2$  mm) már szabályozórendszert kell alkalmazni.

### Irodalom

1. C. Liang, C.A. Rogers: Design of Shape Memory Alloy Actuators, Journal of Mechanical Design, Vol. 114, June 1992, p. 223-230.
2. L.C. Brinson, M.S. Huang: Simplification and comparison of shape memory alloy constitutive models, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 1995
3. Duering, T.W. at al.: Engineering Aspects of Shape Memory Alloys, Butterworth-Heinemann Ltd, London 1990, ISBN 0-750-61009-3
4. Roger G. Gilbertson: Muscle wires project book, Mondo-Tronics, Inc. 1994, ISBN 1-879896-13-3.

# Támfalak alapozási szélességének optimális számítása

*Dr Mihalik András*

Nagyvárad Egyetem

*Tanulmányában a szerző a támfalak stabilitásával foglalkozik, azokkal az általános képletekkel, amelyeknek a segítségével optimálisan számítható a támfal alapozási szélessége, függetlenül a fal keresztmetszetének geometriai alakjától.*

*A számítási paraméterekkel összeállított táblázat a komplex problémákat, majdnem a gerendák méretezési szintjeire egyszerűsíti.*

## 1. Bevezetés

Ha egy földtömeg rézsűs felszínét meredekebben kell kialakítani, mint amit beeső ellenállása, nyitószilárdsága biztonsággal megenged, akkor támasztófalat kell építeni. A megtámasztott földtest nyomást ad át a falra. Szükség lehet támfalra meredek terepen épített földmű megtámasztásához i, ahol lépcsőzés, fogazás stb. már van elegendő.

Gyakran gazdasági okok, szűk helyre való telepítés vagy valamely ipari üzem technológiája indokolják a támfalak építését.

Az állandó jellegű megtámasztás leggyakrabban súlyfalakkal oldható meg. A támfalak másik típusa saját súlyán kívül a megtámasztott földtömeg egy részét is felhasználja az állékonyság biztosítására (szögtámfalak), úgy, hogy a felmenő fal egy vízszintes talplemezhez csatlakozik (a 9-ik ábra a táblázatból).

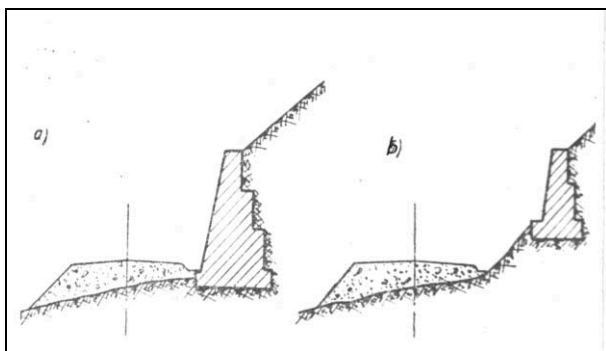
Földnyomás hat hídfők ellenfalaira, dúcolásokra, épületrfalakra stb.

Az erők közül a fal súlya, a hidreakció, a felhajtó erő viszonylag pontosan meghatározhatók, számításuk egyszerű. Nagyobb a bizonytalanság a földnyomás meghatározásában. Itt elsősorban a talajfizikai jellemzők helyes felvétele a döntő. Megbízható értékeket csak részletes talajfeltárás és laboratóriumi vizsgálatok alapján tudunk megadni.

Három gyakorlati körülményre hívjuk fel a figyelmet.

a) a talajfizikai jellemzők, főként a nyírószilárdság mértékadó értékeinek meghatározása során sohasem elegendő a feltáráskor tapasztalt pillanatnyi helyzet vizsgálata.

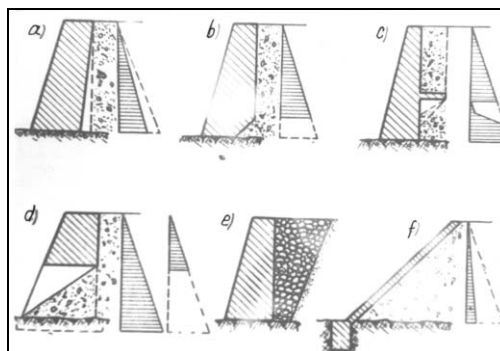
b) az elméleti számításokban kell figyelebe venni azt, hogy a fal milyen jellegű elmozdulásokat



1. ábra, Támfalak

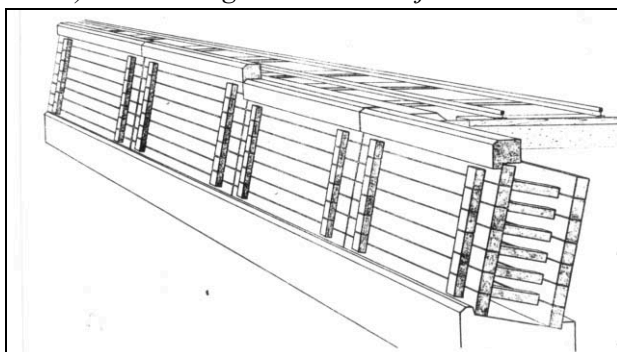
a) Bevágás az út mellett

b) A rézsű megtámasztása a lejtő oldalán



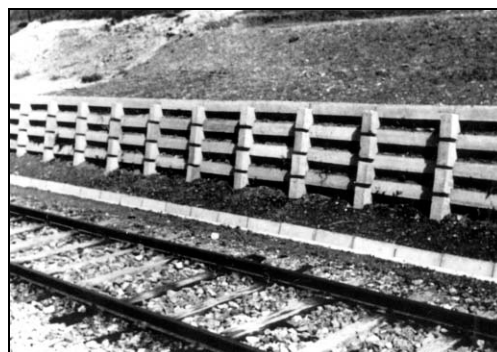
2. ábra

Az aktív földnyomás változása a támfal és a hátkötés között



3. ábra

Agyagos talaj megtámasztása „zivágó” keresztmetszetű speciális falakkal



4. ábra

Kísérleti szakasz „zivágó” rendszerű speciális támfalakkal

fog végezni ill. milyen mérvű elmozdulások engedhetők meg.

c) a földnyomás meghatározása során mindenkor szem előtt kell tartaniuk a támfal építési módját és a terveken fel kell tüntetni azt a kivitelezési eljárást, amely a számítás alapja.

## 2. Az alapozási szélesség számításának jelenlegi helyzete

Támfalak tervezésénél szükségessé válik a falmagasság és a helyi körülmények figyelembevételével az anyag kiválasztása a fal típusának és keresztmetszetének a meghatározása. Ami a keresztmetszet szélességét illeti (az alap síkjának a szélessége) a méretezése lényegében egy konvencionálisan megadott szélesség ellenőrzése különböző előírások függvényében. Annak ellenére, hogy ezeket a számításokat többször meg kell ismételni amíg a megfelelő szélesség megállapítást nem nyer, a támfal alapszélessége így sem lesz megállapítható, ami tulajdonképpen fölösleges költségekhez vezethet.

A fent említett ún. fordított módszeren kívül van egy másik számítási módszer is, de a végleges képletek az alap szélességének a megállapítására annyira bonyolultak és nehézkesek, hogy gyakorlati számításoknál majdnem használhatatlanok.

A létező grafikonok, vagy nomogramok csak egyedi keresztmetszetekre vonatkoznak (trapéz, szögfal).

A jelenlegi tanulmányban olyan képleteket

ajánlunk, amelyeknek a segítségével pontosan kiszámítható az alap szélessége, függetlenül a keresztmetszet geometriájától, kiindulva a stabilitás helyzetéből, a talaj szilárdságából, valamint az eredő erők alsó harmadpontjában való támadásából.

Így az összeállított táblázat a számítási paraméterekkel valamennyi támfal méretezésére alkalmas, egyszerűen oldva meg ezt a komplex problémát.

A képletek levezetésénél figyelembe vettük a megengedett feszültségeket, valamint a határfeszültségek módszerét.

## 3. Csúszás elleni stabilitás az alapozási síkban

A stabilitástényező

$$K_c = \frac{P_v}{P_{cs}} = \frac{f \cdot G}{O_x - f \cdot Q_z} = \frac{f \cdot \gamma_c \cdot \omega \cdot H^2}{Q_x - f \cdot Q_z} \quad (1)$$

Ahol  $P_v$  a visszatartó erő  $P_{cs}$  a csúszást előidéző erő.

$Q_x$  és  $Q_z$  a vízszintes valamint, a függőleges összetevői a teljes földnyomásnak ami a falra hat.

$f$  – súrlódási tényező az alap síkja és a föld között

$G$  – a fal súlya 1 m hosszúságban, amely kifejezhető:

$$G = \gamma_c \cdot \omega \cdot H^2 \quad (2)$$

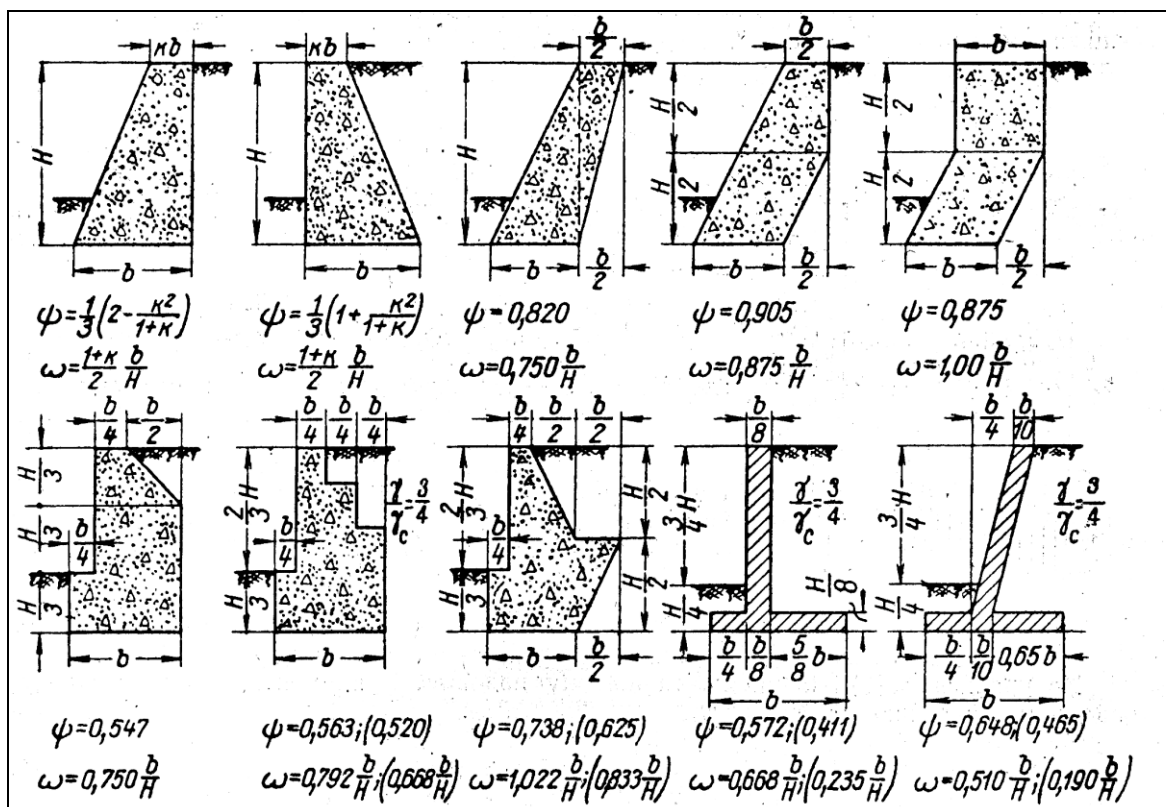
ahol:  $H$  – a fal teljes magassága

$\gamma_c$  – a fal térfogatsúlya

$\omega$  – egy méret nélküli paraméter, amely függ a

Táblázat a  $\psi$  és  $\omega$  paraméterekkel

(a zárójelben levő  $\psi$  és  $\omega$  nem veszi figyelembe a konzolokon levő földtömegeket).



támfal keresztmetszetének az alakjától. Előre ki van számítva és a táblázatba van foglalva.

Az (1) képletből

$$\varpi = \frac{K_c}{\gamma_c \cdot H^2} \left( \frac{Q_x}{f} - Q_z \right) \quad (3)$$

A támfal alapjának szükséges szélessége  $\omega$  függvényében a táblázatban megtalálható.

A határfeszültség módszerével kiszámítható az  $m_c$  tényező (a szerkezet működési körülményeit jellemzi), mint a számított (P) és a határ (Ph) csúszóértéknek az aránya.

$$m_c = \frac{P}{P_h} = \frac{n_Q \cdot Q_x^H}{f(n_G \cdot G^n + n_Q \cdot Q_z^H)} = \frac{n_Q \cdot Q_x^H}{f(n_G \cdot \gamma_c \varpi \cdot H^2 + n_Q \cdot Q_z^H)} \quad (4)$$

Ahol  $Q_x^H$  és  $Q_z^H$  a földnyomás összetevői az előírásoknak megfelelően.

$n_G$  – egy megterhelési tényező a fal önsúlyára vonatkozóan, amelynek az értéke 0,9.

$n_Q$  – egy megterhelési tényező ami a földnyomásra vonatkozik, amelynek értéke 1,3

A (4. képletből)

$$\varpi = \frac{n_a (Q_x^H - m_c \cdot f \cdot Q_z^H)}{n_G \cdot m_c \cdot f \cdot \gamma_c \cdot H^2} \quad (5)$$

#### 4. Kibillenés elleni stabilitás

Kiindulunk a stabilitás tényezőjének a képletéből

$$K_o = \frac{M_v}{M_o} = \frac{G \cdot a}{Q_x Z - Q_z X} = \frac{\gamma_c \varpi H^2 b}{Q_x E - Q_z X} \quad (6)$$

ahol  $M_v$  a visszatartó és  $M_o$  a kibillenő nyomaték, az alap elülső éléhez viszonyítva.

$a$  – a G eső és O közötti távolság ami kifejezhető, mint  $a = \psi \cdot b$

Z és X a földnyomás két összetevőjéhez viszonyított távolság.

$\psi$  – egy méret nélküli paraméter, amely függ a támfal keresztmetszetének a formájától, táblázatba van foglalva.

A (6.) képletből megkapjuk a támfal alapjának a szélességét, amely megfelel a stabilitás tényezőjének az adott értékével.

$$b = \frac{K_o}{\psi \omega \gamma_c H^2} (Q_x Z - Q_z X) \quad (7)$$

A határfeszültségi módszer segítségével a stabilitási tényező helyett az  $m_o$ -t kell megkapnunk, amely kifejezhető a két nyomaték arányával (a számítási és határnyomaték) vagy mint a két excentrikus  $e$ -számított és  $e_h$ -határtávolságok között ( $e_h = 0,5b$ ), amely az N erőre vonatkozik.

$$m_o \frac{e}{e_h} = 1 - \frac{2c}{b^2} = \frac{2[n_E \gamma_c \varpi H^2 \psi b - n_Q (Q_x^H Z - Q_z^H X)]}{b(n_G \gamma_c \varpi H^2 + n_Q Q_z^H)} \quad (8)$$

Itt a  $c=0,5b-e$ , az  $N=G+Q_z$  erőnek a karja. A (8) képletből következik:

$$b = \frac{2n_Q (Q_x^H Z - Q_z^H X)}{n_G \gamma_c \varpi H^2 (1 - m_o - 2\psi) + n_Q (1 - m_o) Q_z^H} \quad (9)$$

Hogy megkapjuk a (7) vagy (9) képletekből a  $b$  szélességet, ismernünk kell a  $\psi$  és  $\omega$ -at amelyek szintén a  $b$  függvényei. Éppen ezért először meg kell nevezni ezt az értéket, ami egyenlő lehet a csúszási stabilitásnál kapott értékkel. Továbbiakban a problémát a megközelítési módszer segítségével lehet megoldani.

#### 5. Az alsó harmadpont feltétele

Ez a feltétel csak a hidrotechnikai támfalakra vonatkozik, amikor is :

$$C = \frac{M}{N} = \frac{Ga - Q_x Z + Q_z X}{G + Q_z} \geq \frac{b}{3} \quad (10)$$

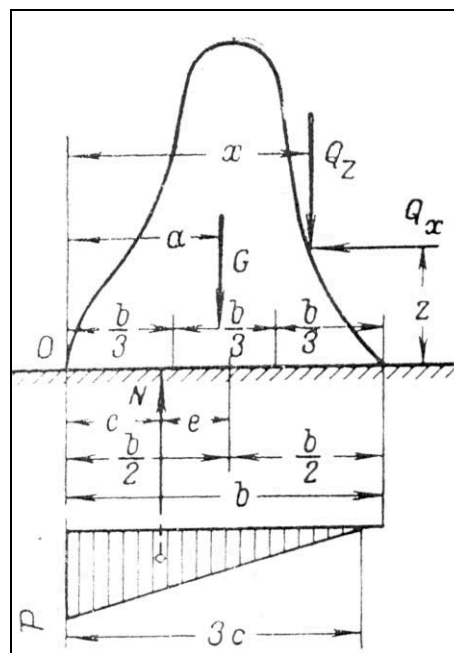
ahol  $M=M_v-M_o$  az összes erők nyomatékának az összege az elülső alapélhez viszonyítva.

Szemelótt tartva a (2) képletet, a (10) képletből megkaphatjuk

$$b = \frac{Q_x Z - Q_z X}{\omega \gamma_c H^2 (\psi - 1/3) - Q_z / 3} \quad (11)$$

#### 6. Az alap talajának a szilárdsága

A háromszögű nyomási ábrából kiindulva:



$$P_{\max} = \frac{2N}{3C} - \frac{2N^2}{3M} = \frac{2(\gamma_c \omega H^2 + Q_z)^2}{3(\gamma_c \omega H^2 \psi b - Q_x Z + Q_z X)} \quad (12)$$

Egyenlővé téve ezt az előírásnak megfelelő nyomással  $p^H$  és megoldván a kapott egyenletet a szükséges szélességhez viszonyítva megkapjuk:

$$b = \frac{1}{\psi \omega \gamma_c H^2} \left[ \frac{2(\gamma_c \omega H^2 + Q_z)^2}{3p^H} + Q_x Z - Q_z X \right] \quad (13)$$

Ez a képlet csak akkor érvényes, ha az  $N$  erő bent van, a határán, vagy pontosan az alsó harmadpont határán azaz, ha a  $b$  szélesség amit a (13) képlet ad kisebb, vagy legalább akkora mint amit a (11) képlet adott.

Ellenkező esetben a nyomási ábra az alap alatt nem lesz háromszögű, hanem trapéz alakú, amikor is az alábbi képletek érvényesek

$$P_{\max} = \frac{N}{b} \left( 1 + \frac{6c}{b} \right) = \frac{2N}{b} \left( 2 - \frac{3c}{b} \right) = \frac{4N}{b} - \frac{6M}{b^2} = \frac{4\gamma_c \omega H^2}{b} - \frac{6(\gamma_c \omega H^2 \psi b - Q_x Z + Q_z X)}{b^2} \quad (14)$$

Ha megszorozzuk ezt az egyenletet  $b^2$  és kicseréljük  $P_{\max}$ -t a  $p^H$ -val megkapjuk a  $p^H \cdot b^2 - 2\gamma_c \omega H^2 (2 - 3\psi)b - 6(Q_x Z - Q_z X) = 0$ , ahonnan:

$$b = \frac{1}{p^H} \left\{ \gamma_c \omega H^2 (2 - 3\psi) + \sqrt{[\gamma_c \omega H^2 (2 - 3\psi)]^2 + 6p^H (Q_x Z - Q_z X)} \right\} \quad (15)$$

A (15) képlet érvényes a határfeszültség módszerének az esetében is, ha a terhelések az előírásoknak megfelelnek és bevezetjük a megterhelési tényezőit is.

### Példa az alapszélesség meghatározására

Meghatározandó egy előregyártott vasbeton támfal alaplemezeének a szélessége (a 9-ik táblázatban) ha  $H = 8,0\text{m}$  az alpmélység  $h_a = 2,0\text{m}$ , a hátsó fal függőleges:

$$\gamma_c = 2,4 \text{ t/m}^2, \quad \gamma = 1,8 \text{ t/m}^2, \\ p^H = 25 \text{ t/m}^2, \quad f = 0,5, \quad K_c = 1,5$$

$$Q_x' = 15,52 \text{ t/m (az elülső szélén)}$$

$$Q_x'' = 0,86 \text{ t/m (a hátsó szélén)}$$

A nyomás eredő ereje:

$$Q_x = 15,52 - 0,86 = 14,66 \text{ t/m}$$

$$Q_z = 0$$

A  $O_x$  erő karja az alsó és elülső élhez viszonyítva:  $Z = 2,93\text{m}$

A (3) feltételből kapjuk

$$\omega = \frac{1,5 \cdot 14,66}{2,4 \cdot 8^2 \cdot 0,5} = 0,287$$

$$\text{ahonnan: } b = \frac{\omega \cdot H}{0,668} = \frac{0,287 \cdot 8}{0,668} = 3,43\text{m}$$

A (7) feltételből  $\psi = 0,572$  és  $b = 3,43\text{m}$ ,  $\omega = 0,287$  akkor következik:

$$b = \frac{1,5 \cdot 14,66 \cdot 2,93}{0,572 \cdot 0,248 \cdot 2,4 \cdot 8^2} = 2,94 \approx 2,99\text{m}$$

A második megközelítésből a közepes értéket véve  $b = (3,43 + 2,55)/2 = 2,99\text{m}$

$$\text{és } \omega = 0,6668 \cdot 2,99/8 = 0,25$$

és megkapjuk:

$$b = \frac{1,5 \cdot 14,66 \cdot 2,93}{0,572 \cdot 0,248 \cdot 2,4 \cdot 8^2} = 2,94 \approx 2,99\text{m}$$

az alsó harmadpont feltételéből a (11) képlet szerint, elfogadjuk egyelőre, hogy  $b = 3,43\text{m}$  és  $\omega = 0,287$ , akkor következnek:

$$b = \frac{14,66 \cdot 2,93 - 0}{0,248 \cdot 2,4 \cdot 8^2 (0,572 - 0,333) - 0} = 4,074 \approx 3,43\text{m}$$

A második megközelítéssel, a közepes értéket véve alapul:

$$b = \frac{3,43 + 4,07}{2} = 3,75\text{m}, \text{ akkor:}$$

$$\omega = 0,668 \cdot \frac{3,75}{8} = 0,313$$

$$b = \frac{14,66 \cdot 2,93 - 0}{0,313 \cdot 2,4 \cdot 8^2 (0,572 - 0,333) - 0} = 3,74 \approx 3,75\text{m}$$

Az általaj szilárdságának a feltételéből (13) véglegesen elfogadva  $\omega = 0,668 \cdot 3,8/8 = 0,317$  megkapjuk:

$$b = \frac{1}{0,572 \cdot 0,317 \cdot 2,4 \cdot 8^2} \cdot$$

$$\left[ \frac{2(2,4 \cdot 0,317 \cdot 8^2 + 0)}{3,25} + 14,66 \cdot 2,93 \right] = 3,8\text{m}$$

A  $b$ -nek az értéke nagyobb az előbbinél, ez azt jelenti, hogy a  $b = 3,8\text{m}$ -nél a nyomási ábra trapéz alakú, amikor is a (15) képletet kell használni, azaz:

$$\omega = 0,688 \cdot \frac{3,82}{8} = 0,319$$

$$b = \frac{1}{25} \cdot \left\{ 2,4 \cdot 0,319 \cdot 8^2 (2 - 3 \cdot 0,572) + \sqrt{[2,4 \cdot 0,319 \cdot 8^2 (2 - 3 \cdot 0,572)]^2 + 6 \cdot 25 \cdot 14,66 \cdot 2,93} \right\} = 3,82\text{m}$$

Az alap szélességét a kapott legnagyobb érték adja, azaz:

$$b = 3,82\text{m} \approx 3,8\text{m}$$

### Szakiodalom

1. Kézdi A. : Handbuck der Bodulmechanik, Budapest 1976. Európai Kiadó
2. Maszlov N. N. : Mehanika gimitov uptaktike sztroityelsztva. Moszkva 1987.
3. Mihalik A. : Podpornie sztenszki szpecialnik konsztrukcij na drenumjuscik osznovanijak. 10 kongresz osznovanij. BRNO 1982.

## Szemelvények a magyar matematikai szaknyelvet megteremtő egyes személyiségek tevékenységéből

Sebestyén Júlia

„A múltat nem lehet tőlünk elvenni.  
De az csak akkor a miénk, ha ismerjük.”  
Nemeskürty István

A legrégebb magyar nyelvű számtankönyv, amelyről tudunk, az 1577-ben megjelent *DEBRECENI ARITHMETICA*. Szerzője ismeretlen. A 144 oldalas munka legfőbb érdeme, hogy közel hozta a számtani ismereteket a latin nyelvet nem ismerőkhöz, és elindította a magyar matematikai műszavak megszületésének folyamatát.

1591-ben Kolozsváron, a Heltai nyomdában jelenik meg a *KOLOZSVÁRI ARITHMETICA*. Bár szerzője nem tünteti fel a nevét, valószínű *iff. Heltai Gáspár* dolgozta át a Debreceni Arithmetica-t. Az ifjú Heltai Kolozsvár városbírája volt, és 1582-1601 között az apja által alapított nyomdát vezette. A forrásul szolgáló munkán annyit változtatott, hogy a Kolozsvári Arithmetica eredeti műnek tekinthető. Könyve legvégén így ír: „Meg-botsáss pedig a vétkekről: mert én Magyar nem vagyok. Isten éltesse. Octobernek 31 Napján. 1591. Typographus.”

„Ezen ... kívül kellett ... lenni mindeniknél régiebbnek. Mert a' Kolozsvári felől e' van írva a' Titulusban, hogy az moft újonnan a' Frijiusnak Magyar Arithmetcájából fok új és hafznos Példákkal ki-adatott. Melly Magyar Frifiustól különböző az a' Debretzenben nyomtattatott Arithmetica, a' melly azon Kolosváriban, pag. 145 vagy folio K. 2. emlittetik; mellynek Réguláji felől azt mondja, hogy nem tudhatja, honnét vették légyen azokat.” - írja másfél évszázaddal később Maróthi György. Más forrás is említi Gemma Frisius *Arithmetica* könyvének magyar fordításban való megjelenését.

E könyvek nyelvezete nehézkes, „a' Regulák, minthogy mind versekbe vagynak foglalva, olyan homályosok, hogy nagyobb részét lehetetlen megérteni; ha tsak az ember vagy már az előtt nem tudja;”

*APÁCZAI CSERE JÁNOS* (1625-1659) a magyar művelődés, nevelésügy és tudomány egyik kiemelkedő úttörője, Apácán született. Korán árván maradt, így nagy nehézségek árán végezte iskoláit a kolozsvári, majd a gyulafehérvári kollégiumban. 1648-ban ösztöndíjat kapott, és tanulmányait folytatására Hollandiába küldték. A franekerei, laydeni és utrecht egyetemeken tanult, és alig 26 évesen, 1651-ben doktorált teológiából a hardwijcki egyetemen. Ez évben megnősült. „*MAGYAR ENCYCLOPEDIA, AVAGY Minden eddig feltalált, igaz, és hasznos Böltseségnek szép rendbe foglalása, és Magyar nyelven világra botsátása*” című művét

melyet iskolakönyvnek szánt, 1651. és 1653. között Utrechtben írta. Művéről így vall: „Arra törekedtem, hogy a hazai nyelven írott könyvek nagy hiányát erőmhez képest pótoljam, és legyen a tanuló ifjuságnak egyetlen könyve, melyből hazai nyelven a tudomány minden fonalát kifejtetheti”. Az ismereteket kora egyetemeinek tudományos színvonalán dolgozta fel, nagy súlyt helyezve a természettudományokra, a matematikára és a logikára. Véleményét a matematika tanításának fontosságáról, hazatérésekor, 1653-ban, Gyulafehérváron mondott székfoglaló beszédében így fejt ki: „...*Hát a matematika haszna tekintetében ilyen összhang, ilyen egyetértés van köztetek fő-fő filosofusfejedelmek? Jaj akkor nekünk! Itt fekszünk a tudatlanság álmokójának sírjában. ... Akár nyugszunk vagy ébredünk, akár ülünk vagy állunk, akár járunk vagy kelünk – a geometria hasznát érezzük. És persze mi, afféle díszvirág filosofusok, midőn elutasítjuk az egész matematikát, még megpróbálunk tettünkről számot adni és azt mentegetni! ... értsétek meg, ..., hogy kimondhatatlan hasznát vesszük a matematikának, ha alaposabban akarunk behatolni bármelyik mesterségbe vagy tudományba.*”

A latin nyelv helyett, az anyanyelvű tudományos irodalom és az anyanyelvű népoktatás bevezetésének kezdeményezése terén megelőzött számos más nemzetet.

A *MAGYAR ENCYCLOPEDIA* matematika részének témakörei:

Logika:

- A tudományok kezdeteiről

- A dolgoknak közönséges tekinteteikről, és azoknak' fel'találásáról

Matematika:

- A dolgoknak megszámlálásáról

- A mennyiségek megméréséről

Toldalék az ötödik részhez

- A testes dolgok módjaikról

A műben levő szakkifejezések nagy része Apáczi alkotása. Ime néhány mondat az *Encyclopediából* és a megfelelő mai értelmezés:

-,*Az öszvé'elegyítés külömb'-külömb' féle dolgoknak (nemeknek) meg'elegyítettése, hogy onnan egy köz dolog csináltassék.*” (A keverékszámítás egymástól különböző dolgok keverése, hogy ezekből valamiféle közbeeső fajtához jussunk.)

-,*A forma (bé'vonás) minden felől befoglaltott vonásból álló dolog.*” (A forma (idom) (a sík-

idomok és testek összefoglaló neve sz.m.) minden-  
nünnen határolt dolog.)

– „*Ha az adatott végtelen igyenesnek adatott pontjától fogva mindenféle egy'arányú részek vá-  
gatnak és a vágásoknak pontjaitól fogva két  
egyenlő be'krittések mennek egybe, az adatott  
ponttól fogva való egyenes vonás igyenesen  
alá'függő lesz az adotott vonás felett.*” (Adott  
egyenesre adott pontban úgy emelünk merőleget,  
hogy az adott ponttól jobbra is és balra is egyenlő  
távolságokat veszünk fel, és a távolságok végpont-  
jaiból ugyanazon sugárral az egyenes fölött köríve-  
ket húzunk. E körívek metszéspontját az adott  
ponttal összekötő egyenes a keresett merőleges.)

– „*A kevés mértékkel sokat meg'mérhetésnek re-  
gulája a mérési elemenetből hozatik ki.*” (A minél  
kevesebb mérlegsúllyal minél többféle mennyiség  
megmérésére vonatkozó szabály.)

– „*A mellyékes vonások azok, a'melyek minde-  
nütt egyarányu messze vannak egymástól.  
Annakáért, az egymással mellyékes vonások ma-  
gok között is mellyékesek.*” (Párhuzamosak azok az  
egyenesek, melyek (pontjai) egyenlő távolságra  
vannak egymástól. Az ugyanazzal az egyenessel  
párhuzamos egyenesek egymással is párhuzamo-  
sok.)

– „*A rendes vonási forma egyenlő(szárú) végű és  
egyenlő szegeletű.*” (A szabályos idomok (testek)  
valamennyi oldala (oldallapja) és valamennyi szöge  
egybevágó.)

– „*A három'szegeletűnek akár'mellyik két oldala  
nagyobb a harmadiknál.*” (A háromszög bármely  
két oldalának összege nagyobb a harmadik oldal-  
nál.)

– „*Ha két egyenesen alá'függők egybefoglaltat-  
nak, egyemes'szegű három'szegeletet csinálnak.*”  
Ha két egymásra merőleges szakasz végpontjait  
összekötjük, derékszögű háromszöget kapunk.)

– „*A kerületek annyik, mint az általvonás  
négyessei. Az általvonások annyik, mint a bekerítő  
vonások.*” (A körök (területei) úgy aránylanak  
egymáshoz mint átmérőik négyzetei. Az átmérők  
úgy aránylanak egymáshoz mint a kerületek.)

– „*Az oszlopszabású az, a'mely suta  
gömbölyegtől és az egymás ellenekbe vettetett fene-  
kektől foglaltatik bé.*” (Henger az a test, amelyet  
hengerpalást és két szembenfekvő alap határol.)

– „*... Ez az'által el'osztható és külömb'-külömb  
szabású.*” (Az (anyag) oszthatósága és különféle  
alakjai.)

Apáczai nem volt matematikus. A matematikai  
fejezetekhez Petrus Ramus, Willebrord Snellius és  
Lazarus Schonerus műveit használta forrásanyag-  
ként. Annál nagyobb az érdeme a magyar matema-  
tikai szaknyelv kialakulásának folyamatában.

Sok ma is használatos matematikai szakkifeje-  
zéssel gazdagította a magyar tudományos szókin-  
cset. Például: egyenlőség, egynemű, hasonlóság,  
középpont, különközepű, tompa-, hegyes szög, sík,  
görbe, stb. Egyes fogalmakat csak bonyolult körül-  
írással tudott megadni, mint pl. a paralelogramma =  
mellékes vonású négyszögletű forma

Sajnos az első magyar Enciklopédia nem ered-  
ményezte az itthoni tudományok felvirágzását,  
ahogyan azt Apáczai remélte. Ennek egyik oka az,  
hogy a tudományok ilyen magas szinten való taní-  
tásához a tanárok nagy része nem volt eléggé kép-  
zett. A matematikai fogalmak és magyar megneve-  
zésük egyaránt meghaladták a hazai műveltségi  
szintet.

Mint mindig, amikor valaki kitűnik tudásával és  
többet tesz a közjóért mint más, ez esetben is nézet-  
eltérések adódtak Apáczai és környezete között.  
Tanártársai hatására II. Rákóczi György a kolozsvá-  
ri kisiskolához helyeztette. Itt dolgozott korai halá-  
láig, és a kisiskolát nagy hírű kollégiummá fejleszt-  
tette.

Hazaszeretete, a nemzeti műveltség fellendítésé-  
ért való kitartó munkája, szorgalma, széles látóköre,  
pedagógiai előrelátása, sokoldalú képzettsége révén  
eszményképe lehetne fiataljainknak.

*MENYŐI TOLVAJ FERENC* (? –1710) életéről  
keveset tudunk. Gyöngyösön és Losoncon volt  
tanító. 1674-ben, Debrecenben, magyar nyelven  
kiadott *ARITHMETICA* című könyvét így kezdte:

„Számvetésre  
S' Mesterségre  
Magadat ki el-szántad  
Jövel ide  
Mint nap fénye  
Nem kell ide vezető  
Szép módokkal  
Regulákkal  
Előtted utat nyit Ő  
Ha olvasod  
Meg – próbáld  
Hogy nincsen itt kivető  
Azért fogad  
El ne mulaszd  
Míg vagy virág korodban  
Hogy kedvesség  
Nagy tisztesség  
Adassék mindenkül.”

Könyve több kiadást ért meg: Debrecenben  
1675-ben is kiadták, és még ötven év múlva is  
igény volt rá, így megjelent 1727-ben Pozsonyban  
és 1729-ben Lőcsén.

*ONADI JÁNOS* ( ? ) a másik számottevő XVII.  
századi *ARITHMETICA* könyv szerzője. A mű  
1693-ban, Kassán jelent meg, ahol Onadi „Oskola-  
Mester” volt. Tartalmában sokkal jobb a Menyői  
Arithmeticianál, bár Onadi is a kor divatjának

megfelelően versbeszedve közölte a számolási szabályokat. A nullát a magyar matematika irodalmában Onadi használta először, mégpedig ebben a műben.

**MARÓTHI GYÖRGY** (1715-1744) Debrecenben született. Édesapja városi parancsnok, majd főbíró volt. Tizenhat évesen ment külföldi tanulmányútra. A bázeli, berni, zürichi, amsterdami egyetemeken tanult hét éven át. Azzal a céllal tért haza, hogy a hazai oktatást és nevelést a külföldön megismert szintre emelje. 1738-ban a debreceni kollégium tanára lett, abban az évben, amikor Debrecenben kitört a két évig tartó pestis járvány. A pestistől megmenekült, de szervezete annyira legyengült, hogy pár évre rá, 1744-ben, alig 29 évesen meghalt.

1743-ban, Debrecenben kiadott *ARITHMETICA VAGY SZÁMVETÉSNEK MESTERSÉGE* című műve jelentette a magyar nyelven írt aritmetika szakkönyvek tartalmában a minőségi ugrást. A könyv „elől-jároló beszéd”-ében említi, hogy a Debreceni-, Kolozsvári-, Menyői- és az Onadi-féle Arithmetica könyveken kívül létezett egy régebbi aritmetika könyv is, amit ugyan Maróthi nem látott, de tudott róla. Elmarasztaló véleményt is olvashatunk a fenti könyvekről. Ez érthető, hiszen előbbiek a XVI.-XVII. század magyar nyelvű aritmetikájának képviselői, Maróthi György pedig a XVIII. századi Nyugat-Európa egyetemsein sok éven át pallérozta matematikatudását. Könyvében magyar műszavakkal ismerteti a számtan alapjait, és érthető meghatározásokat ad.

A könyvben szereplő negatív számok tárgyalása érthetőbb és alaposabb a korabeli külföldi könyvekben levőknél.

Íme egyik magyarázata a negatív számok bevezetésének szükségességéről:

„§. 39. A' Ki-vonás által tudhatja-meg a' kereskedő ember, *mit nyert, vagy veszített* valamely portékán. Azzal pedig így tselekedj:

Ird le, a' mennyin el-adtad a jószágot. Ird alá, a' mennyin vetted ... Ezt amabból vond-ki. A1 mi megmarad, az a *Nyereség*.

Mikor pedig az árra a' portékának, a' mellyen vetted, nagyobb annál, a' mellyen el-adtad; és így amazt ebből ki-nem lehet vonni, (§. 25. n. 2.) akkor fordítsd-meg a' számok helyét; és abból, a' mint vetted, vond-ki-azt, a' mint el-adtad. A' mi megmarad, a' léfzen a *Kár*.”

Maróthi műve az első olyan magyar nyelvű aritmetika könyv, mely a kor színvonalának tartalmilag és módszertanilag is megfelel.

Az „*össze-adás*” (*additio*) eredményét „*summá*”-nak, a „*ki-vonás*” (*subtractio*)-ban szereplő számokat „*Summa*” (kisebbitendő), „*Hijja*” (kivonandó) és „*Maradék* (*Residuum*)-nak nevezi.

Kezdeményezte iskolája tantervének korszerűsítését, a reál tantárgyak bevezetését, és a magyar nyelvű oktatás megteremtését.

Minden idők magyar fiataljainak példaképe lehet. Egész tevékenységével népének felemelkedését szolgálta.

A XVIII. század közepétől indul meg valójában a magyar nyelvű matematika könyvek kiadása.

Kiemelünk egy párat a magyar matematikai szaknyelvet megteremtő matematikusok sorából.

**HERTL IGNÁC** (1702-1775) jezsuita paptanár volt Sopronban, Nagyszombaton, Budán, Kassán és Kőszegen. 1758-ban Kassán kiadott *Aritmetikája* széleskörben használt, és az ismertebb művek közé tartozott.

**DUGONICS ANDRÁS** (1740-1818) kegyesrendi szerzetes, író, a pesti egyetem matematikatanára, 1784-ben kiadja „*A tudakosságnak első könyve, melyben foglaltatik a bekövetés (= algebra) és (az előbbivel egybekötve) A tudakosság második könyve, melyben foglaltatik a föld-mérés (= geometria)*.” Ez a mű 1798-ban második kiadást ért meg jóval bővebb formában, mert két új „könyvet” is tartalmaz: a három-szögelléseket (=trigonometria) és a csúcsos szeléseket (=kúpszeletek). Dugonicsnak több matematikai kézírata maradt, de ezek sem nyelvi, sem tárgyi szempontból nem tartalmazzak újat a Tudakossághoz képest. Könyvére vonatkozóan a következőket írja: „Én ezen igyekezeteknek (II. József németesítő rendelkezéseinek sz.m.) ellene állván, csak azért is az algebrát és geometriát magyar nyelven kiadtam, hogy megmutassam az ország előtt, hogy a német nyelv soha sem olyan alkalmas a tanulmányoknak kimagyarázásában, mint a magyar nyelv ... két tudakos könyveimben semmi más szavakkal nem éltem, hanem tiszta magyar szavakkal.” Ez a mű körülbelül 300, nagyjából Dugonics által alkotott magyar matematikai műszót tartalmaz, amelyekből ma már keveset használunk. Pl. derékszög, egyenlet, határozott-, határozatlan egyenlet, háromszög, egyenlő oldalú-, egyenlő szárú- derékszögű-, tompaszögű háromszög, hatszög, kör, körnegyed, lap, maradék, négyszög, osztandó, osztó, pont, sugár, szög, a szög szárai, derék-, mellék-, külső-, belső-, váltó-, tompaszög, végtelen.

Dugonics András írta az első magyar regényt *Etelka* címmel, mely 1788-ban jelent meg.

**MARTINOVICS IGNÁC** (1755-1795) ferencs szerzetes, bölcséleti és teológiai doktor, a magyar jakobinusok vezére. Sokoldalú tevékenysége a matematika területére is kiterjedt. 1780-ban megpróbálta pályázat útján elnyerni a nagyváradi akadémia matematika tanszékét, de pályázatát elutasították. 1781-ben írta „*Mindenféle fokú egyenletek új képletekkel magyarázott általános elméle-*



te” című művét. Említést érdemel „*A kör néhány tulajdonságáról*” című értekezése is.

**HEGEDÜS SÁMUEL** (1781-1844) Tordán született. Tanulmányait a nagyenyedi kollégiumban, majd 1807-től Göttingenben végezte. Itt megismerkedett Gaussal, akivel később levelezett. Hazatérte után tanár, illetve pap volt Nagyenyeden, Kolozsváron, Tordán és Szászvárosban. Matematika tankönyveket és logaritmustáblákat írt, amelyek csak kéziratban maradtak. Szászvárosban halt meg.

**KEREKES FERENC** (1784-1850) az erdőhegyi egykori szolgadiák, tapasztalva a matematika tanításának nehézségeit, szorgalmazta az anyanyelvű oktatás bevezetését, a tananyag helyes összeállítását, szem előtt tartva a gyakorlati alkalmazhatóság elvét, és kérte a matematika tanításához szükséges módszertani útmutatók kidolgozását. „Hogy tanítson, aki nem tud? ... Nosza hát bíznák rá Kentek valami ahoz értő Tudákos Magyarra, hogy írjon egy oktatást a tanítókhöz, hogy kell gyerekeknek algebrát okosan tanítani.”

**SÁRVÁRY PÁL** (1765-1846) a Debreceni Kollégium tanára sokat harcolt a magyar oktatási nyelv bevezetéséért. 1797-től, amikor a Kollégiumba bevezették az anyanyelvű oktatást, tevékenysége középpontjában a magyar matematikai szaknyelv megteremtése állt.

Tanára volt a „Magyar Faust”: Hatvani István és tanítványai közül megemlíthjük Arany János és Győri Sándor nevét.

**BOLYAI FARKAS** (1775-1856) a Marosvásárhelyi Református Kollégium tanára, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, kora egyik legkiválóbb matematikusa. Életműve a *TENTAMEN* (Kísérlet) 1832-ben latin nyelven, a „Kurzer Grungriss eines Versuches die Arithmetik darzustellen” 1850-ben német nyelven jelent meg. Összes többi nyomtatásban megjelent művét magyar nyelven írta. Számos esetben a szükséges szakkifejezés vagy jelölés hiányában új matematikai műszót és új szimbólumot alkotott.

Az *arithmeticanak, geometriának és phisikának Eleje* című, 1834-ben, Marosvásárhelyen megjelent művében így ír az általa alkotott műszavakról: „MŰSZÓK, a’ mellyel ezen kötetben eléjőnek: a’ Tudos Társaságéit még nem látva, azok mellett kellett maradni, mellyek az Arithmetika Elejében, és a’ Tentamen 1ső darabjához tett Magyar toldalékban vannak; mellyekben említetnek, töm (densitas), táv (distantia), vil (lux)’ sat .. a’ melly gyökszókból több szók származnak, az ott említeteken kívül is, ...”

Könyveiben az általa alkotott műszavak felsorolásakor mindig feltüntette a fogalom latin megnevezését is. Például: „*Mennyiség* vagy *mindiség* (quantitas). *Pótlékozás* (subtractio). *Tett summa* (minuendus), *pótlendő* (subtrahendus), *pótlék*

(differentia), ... *Eggyémertt* (proportio), ... *főmérő* vagy *pároazandó* (divisor), ... *Eggyéméret* vagy *rang* vagy *emelet* (potentia), *alrang* vagy *emeltt* (radix), *félrang* (radix quadrata), *q jelű alrang* (radix exponentis q). ... *Állány* jön a’ rá álló (perpendicularistol); ... *vizfektü* (horizontale) Csorja F. szerint, s’ *tömeg* (massa) Fogarasi szerint. ... *⊗ midség* (positiv), ...”

Sok helyen a magyarázat szinte ma is teljesen elfogadható. Például az aránypárra vonatkozóan: „*Eggyéméret ... A : B = C : D* ... könnyen meglát-szik, hogy a’ *szélsők eggyémérttje = a’ belsőkéhez* (t.i.)  $A \cdot D = B \cdot C$

Ha  $B = C$ , akkor  $A : B = B : D$  és ekkor *B eggyéméreti középnek* (proportionalis media) mondatik; és  $B \cdot B = A \cdot D$ ; megtaláltatik pedig *B*, ha *A* és *D* megadattak, ugyanis az  $A \cdot D$  ből ugynevezett radix quadr. lessz *B*.”

Némethy Endre a következőket írja Bolyai Farkasról: „...lelki világának racionális alapszínezete jól megmutatkozik metematikai műszavainak alkotásában is. A szavakat alkalmasnak tartja a dolgok lényegének kifejezésére; fő követelménye, hogy a szavak a dolgok természetét, illetőleg a matematikai képzetek alkotását kövessék. Kétségtelenül a kor uralkodó eszméinek hatására kijelenti, hogy a szavak a nyelv természetéből folyók legyenek, de a gyakorlatban mégis úgy bánik a szavakkal, mintha az ész produktumai lennének. Ha a szó nem fedi teljesen a matematikai fogalmat, a nyelv törvényeire való tekintet nélkül a legönkényesebben átformálja: pl. *cimtlenbités* (=gyökvonás), *id* (=idő, mint filozófiai fogalom) stb. Racionalista követelmény az, hogy a műszavak rövidek legyenek”. Ime még néhány általa alkotott műszó: *mérttezés* (szorzás), *párasz* (osztás), *cím* (logaritmus), *címzés* (logaritmálás), *tétedjű* (valós), *ellenedjű* (imaginárius), *párazati lánc* (lánc tört), *széj-becs* (határérték), *növet képzés* (differenciálás), *főképzés* (integrálás), *lap* vagy *ter* (sik), *lep*, *kül* vagy *terj* (felület), *egyen* (egyenes), *csúp* (kúp), *véges darabi* (végszerű), *végtelen darabi* (végszerűtlen), *eggyepótléki sor* (szám-tani haladvány), *eggyéméreti sor* (mért-tani haladvány), *kettéző* (átmérő), stb.

A hatványozásról a következőket írja: „A *potenciát* vagy *dignitást* lehet mondani *emeletnek* vagy *rangnak* is: legelőbb a’ *több egyenlő mérők*’ *eggyémértjtét* rövidebben kezdték kifejezni, (p.o)  $a \cdot a \cdot a$  helyett  $a^3$  t írva: ...”

Ha „... $a^q = B$ ,  $B$  az  $a$  nak  $q$  rangja ... vagy  $a$  a  $B$  nek  $q$  rang-u alyja ... ha  $a^q = B$ , akkor  $a = B^{1/q}$ ; lehet ha  $a^2 = B$ ,  $a$ -t  $B$  nek *fél rangjának* (radix quadrata) mondani röviden...”

Bolyai Farkas magyar nyelvű művei nyelvtörténeti szempontból is jelentősek, mert az anyanyelvű oktatás ügyét szolgálták.

Tanári tevékenységében úttörő szerepe volt az elméletnek a gyakorlattal való összekapcsolásában is. Erről így vallott:

„Mit tanuljanak? Geometriai formákon és olvasáson kell kezdeni ... Ezután tanuljanak aritmetikát, azután földmérést nemcsak a táblán, hanem a mezőn is.

Azután kis fizikát ... s végre a Földnek a Nap körül való forgásának kézzel fogható kiábrázolását, s abból az esztendő szakainak s az éj és nappal változásának okát.

A kémiánál is lehet néhány olyan experimentumokkal képzetet adni, hogy egy kis technológiai ismeretnek alapja megadassék.

A gazdaság mind a mezőre, mind a marhatartásra, mind az építkezésre egyik fődolog: legyen egy kertjük, amelyet maguk műveljenek, ültessenek, oltsanak, a maguktól rajzolt épületet kicsi téglából vagy egybetömött földből építsék fel, s fedjék be eléghetetlen szalmazsindellyel. Tanuljanak eleven gyepűt csinálni, tanulják az erdő kímélését, nevelését és okos használatát, sőt a faragásban is gyakorolják magukat akik arra valók.

Mindent amit lehet, ki kell mutatni és kézzel-foghatóvá kell tenni. A mechanikában minél több modellát kell mutatni s velük megcsináltatni, pl. hordó-véső, fűrészelő, sajtoló, szőlőrücskölő, szecs kavágó ... masinákat, szekereket.

A fizikának alkalmazását minden szükségesebbre nézve mutatni kell: ide tartozik a tűznek mindenféle célra való, minél kevesebb veszteséggel, minél többet nyerő használata. Csináltatni kell velük mindenféle kemencéket, legalább kicsiben.

Mindezek között pedig korukhoz képest mindig kell egy kis *egészség tudományt* tanítani. Testi egészségükre miként vigyázzanak fő dolog megtanítani; s miként segítsenek magukon vagy másokon az olyan hirtelen esetekben, mint a kézváágás, lábütés, törés, vízbe-kútba fulladás, megfagyás, szén-gőz ártalma, dühödés, marása, mennykő ütés s a többi praeservatívák, amilyen a tehénhímő. Még a marhák olyas nyavalyáiban is mit csináljanak, tanítani kell.

Véleménye szerint a jó tanár „mindig azon kezdje, amit a gyermek láthat, foghat és nem általános definíciókon (nem grammatikán kezdődik az első szó), s ne kínozzon idő előtt hiába hosszú sorú oktatómunkával”. Károsnak tartotta a szellemi túlterhelést. „Minden, ami tanítatik, valóság legyen; maradjon el, ami csupán elfelejtetni való ... A tudományt is le kell a tehetségig minden szükség-telenből vetkeztetni, magában is elég nagy, s mind nő; mire emelni haszontalan terhet, melyet a módí vagy hiú büszkeség teszen a való kontójára. A tudományt alaposan kell a legalsóbb iskolában is tanítani, úgy hogy a legfelsőbbel tanítandókkal megegyezzenek. Sok függ a kezdettől, hogy a folyta-

tás, ha szükséges lesz egy plannum szerint menjen.” Arra is figyelmeztet, hogy: „... a tanulást is lehet olyan rugóval ébreszteni, amely rosszabb a tudatlanságnál. ... A tanulásra való ösztönre nézve is legjobb volna a dolgot magát szerettetni meg; a tudás kívánása eredeti vágy a lélekben, csak fel kell serkenteni ... fejteni kell azt, ami van, s önként fejlődik a mag, csak napfény és eső legyen, s úgy kell nevelni mindent, hogy ki-ki azzal, amire teremtett, megelégedve legyen ...”

Bolyai Farkas tanítási módszerei és elvei időszerűek ma is, több mint másfél évszázad múltán.

A magyar matematikai szaknyelv megteremtése a Magyar Tudós Társaság (az Akadémia elődje) tevékenységének is egyik célkitűzése volt, ezt bizonyítja az 1854-ben általa kiadott „*Mathematikai Műszótár*” is.

Újabb matematikai szakterületek megjelenésének természetes velejárójaként szakszókincsünkben azóta is újabb és újabb műszavak honosodtak meg, hozzájárulva szakmai nyelvünk gazdagodásához.

#### Irodalom:

1. Apáczai Csere János : Magyar Enciklopédia; Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961.
2. Bolyai Farkas: Az arithmetica eleje; Marosvásárhely, 1830.
3. Bolyai Farkas: Az arithmeticanak, geometriának és fizikának eleje; Marosvásárhely, 1854.
4. Maróthi György: Arithmetica, vagy számvetésnek mestersége; Debrecen, 1763.
5. Oláh Anna – Zárug Péter Farkas: ... a két erdélyi géométer hagyatékának megőrzése; *Iskolakultúra*, 1996 / 9.
6. Sain Márton: Matematikatörténeti ABC; Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
7. Sebestyén Júlia, Donáth Árpád: Betekintés az évezredek homályába; *Matematikai Lapok*, XCIX (XLII) évf., 1994 / 6,7,8.
8. Sebestyén Júlia, Donáth Árpád: Első magyar nyelvű művek; *Diákévkönyv 1997*, Tinivár Kiadó, Kolozsvár, 1996,69.
9. Szénássy Barna: A magyarországi matematika története; Akadémiai kiadó, Budapest, 1970.
10. Weszely Tibor: Bolyai Farkas; Tudományos Könyvkiadó, Bukarest, 1974.

# Az állandómágneses hibrid léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlése

**Dr. Szász Csaba, Dr. Marschalko Richard, Székely Ambrus**  
Kolozsvári Műszaki Egyetem

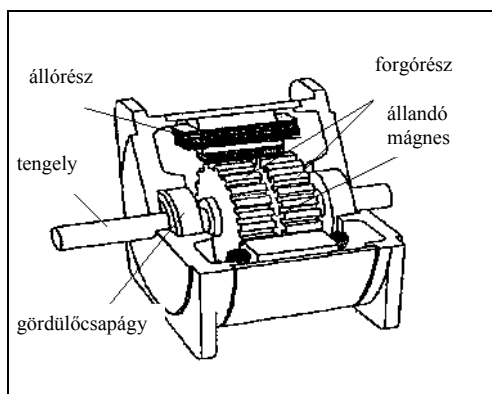
*A dolgozat az állandómágneses hibrid léptetőmotor új, egyszerűsített vektoriális vezérlési módszerét mutatja be. A kétfázisú hibrid léptetőmotor eddig ismert vektoriális vezérlésének rövid leírása után, az „egyszerűsített vektoriális vezérlés” új fogalmát vezeti be. A kísérletezésre használt léptetőmotor bemutatása után, a dolgozat ismerteti a laboratóriumban használt számítógépes vezérlőrendszer felépítését és annak működését. A valós idejű számítógépes vezérlés alatt beolvasott adatok feldolgozása után nyert diagramok szemléltetik az eddig elért eredményeket, és bizonyítják az új vezérlési módszer megalapozottságát.*

## Bevezetés

Ismert, hogy a léptetőmotorok alkalmazási területe általában a dinamikai szempontból kevésbé igényes villamos hajtások, amelyek esetében elégséges a nyílt hurokban történő vezérlés. Ezek a szervóhajtások viszonylag olcsók és kielégítő teljesítményt nyújtanak kis forgási sebességek esetében, vagy akkor, ha a léptetőmotor tengelyén kevésbé változik a terhelőnyomaték értéke. Már bizonyított, hogy az elektromos gépek vektoriális vezérlési elméletének alkalmazásával lehetséges a léptetőmotorok dinamikájának nagyméretű javítása. Ezáltal kivitelezhetőek olyan zárt hurokban történő léptetőmotor-vezérlőrendszerek, amelyek eleget tudnak tenni igényes dinamikai követelményeknek megfelelő ipari alkalmazásoknak [1].

## 1. Az állandómágneses hibrid léptetőmotor

A laboratóriumi kísérletezésre használt állandómágneses hibrid léptetőmotor elvi rajza az 1-es ábrán látható.



1. ábra, Az állandómágneses hibrid léptetőmotor felépítése

A motor főbb paraméterei a következők: két fázis, 8 állórész pólus, 5 fog pólusonként, 50 fog a forgórészen, 200 lépés/fordulat, nominális forgatónyomaték  $M_n=0.2\text{Nm}$ , nominális áram  $I_n=1\text{A/fázis}$ , állandómágnes fluxus  $\Psi_M=0.0044\text{Wb}$ . A motor tengelyére 1000 impulzus/fordulat felbontású inkrementális impulzusadó van rögzítve.

## 2. Az állandómágneses hibrid léptetőmotor vektoriális vezérlése

A léptetőmotor vektoriális vezérlésének alapelve a szinkrongépek elektromágneses nyomatékának a forgórészorientált rendszerben felírt egyenletén alapszik (az ismert jelöléseket használva) [2]:

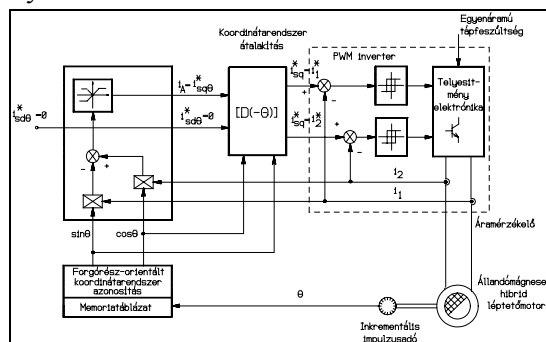
$$m_e = \frac{3}{2} p [\Psi_M i_{sq\theta} + (L_{sd} - L_{sq}) i_{sd\theta} i_{sq\theta}] \quad (1)$$

amely az előbbiekbem bemutatott mágneses hibrid léptetőmotor esetén ( $L_{sd}=L_{sq}$ ) a következőképpen alakul:

$$m_e = z_p \Psi_M i_{sq\theta} \quad (2)$$

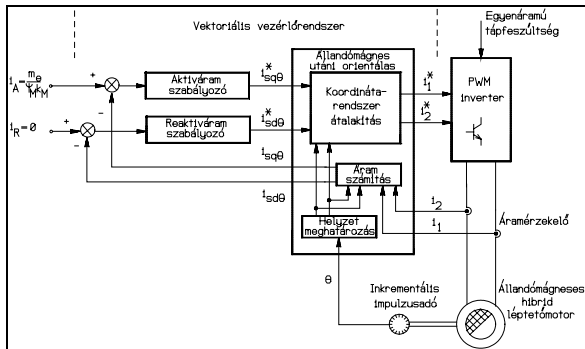
Ebből kifolyólag, az úgynevezett  $i_{sq\theta}$  „aktív áram” amplitúdóját az alkalmazásnak megfelelően kell generálni, az  $i_{sd\theta}$  „reaktív áramot” pedig zéróra állítani, és ennek megfelelően a légrés fluxus vektoramplitúdója állandó marad. A szabályozó áramkör pedig arra igyekszik hogy az „aktív áram” vektora merőleges maradjon a  $\Psi_M$  fluxus vektorára. Így a motor által kifejtett elektromágneses nyomaték maximális lesz. A fent leírt stratégia alapján működő vezérlőrendszer elvi rajza a 2-es látható.

Ennek a vektoriális vezérlőrendszernek viszont számos hátránya van: nincs lehetőség a motor sebességének, valamint a forgórész helyzetének a szabályozására, nem utolsósorban pedig, a vezérlőrendszernek bonyolult a hardware és software igénye.



2. ábra, Az állandómágneses hibrid léptetőmotor vektoriális vezérlőrendszere.

Megfelelő sebesség vagy nyomaték szabályozót beillesztve az aktív áram szabályozására, lehetségessé válik a vezérlőrendszer dinamikai paramétereinek a jelentős javítása [3]. Számítógépes szimulációk bizonyítják azt, hogy az új vezérlőrendszernek a legfőbb hátránya hogy a légrésben a fluxus változása jelentős két vezérlési ciklus között. A reaktív áram értékének zéróra rögzítése minden ciklus kezdetén nem bizonyul elégségesnek. Ennek a hátrálynak a kiküszöbölése érdekében született meg az állandómágneses léptetőmotor „teljes vektoriális vezérlésének” az ötlete. Az új vezérlőrendszer elvi rajza a 3-as ábrán látható.



3. ábra

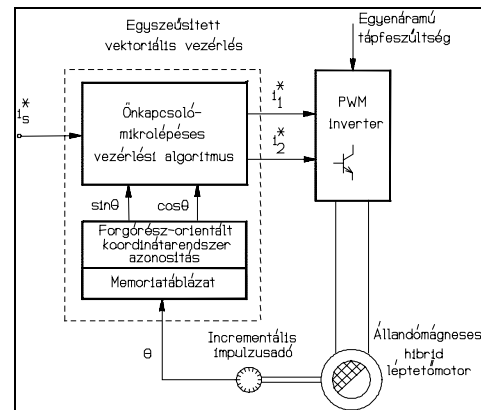
*Az állandómágneses hibrid léptetőmotor teljes vektoriális vezérlőrendszere.*

A két visszacsatolási hurok létezése a motor számára jó dinamikai paramétereket biztosít, viszont ez a vezérlési stratégia túl bonyolultnak és gazdaságtalannak bizonyul e kis teljesítményű léptetőmotor esetében.

### 3. Az új, egyszerűsített vektoriális vezérlés stratégiája

Régóta ismert a léptetőmotor két hagyományos vezérlési módszere: a mikrolépéses, valamint az elektronikusan önszabályozott vezérlés. A mikrolépéses vezérlés esetében az állórészben folyó áramot úgy változtatjuk, hogy lehetségessé váljon a motor mechanikai lépésének a felosztása több, úgynevezett „mikrolépésre”, ezáltal megnövelve a forgórész mozgásának a felbontását. Az elektronikusan önszabályozó vezérlés pedig elvben nem más, mint az állórészben folyó áram fázorjának irányítása a forgórész minden mechanikai lépése után. Ez a vezérlési módszer könnyen megvalósítható a korszerű PWM inverterek segítségével. Figyelembe véve a fent említett két vezérlési módszert, lehetségessé válik az úgynevezett „önszabályozó mikrolépéses” vezérlési mód fogalmának bevezetése. Ebben az esetben az állórészben folyó áram vektora a forgórész helyzete után van irányítva nemcsak minden mechanikai lépés, hanem minden mikrolépés után. Figyelembe véve azt, hogy az állandómágneses hibrid léptetőmotor esetében a forgórész helyzete tulajdonképpen az állandó-

mágnes vektorának a helyzete is, ezt a módszert a léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlésnek is lehet nevezni [4]. Az új vezérlési módszer elvi rajza a 4-es ábrán látható.



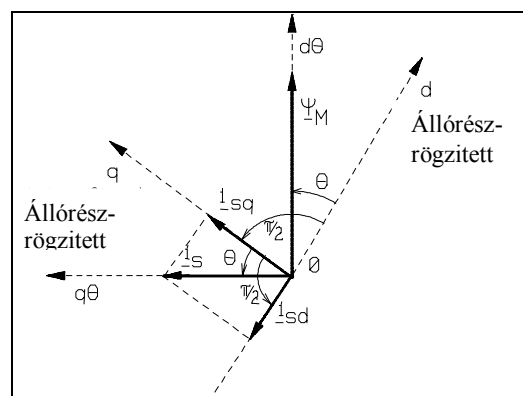
4. ábra

*Az állandómágneses hibrid léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlése.*

Nagyfelbontású inkrementális impulzusadó esetében az állórészben folyó áram vektorának az irányításában előálló hibák elhanyagolhatóak. A kísérletre használt kétfázisú állandómágneses hibrid léptetőmotor esetében csak a forgórész helyzetének a trigonometriai függvényeit, valamint a két fázis-áram értékeit kell valós időben feldolgozni a számítógép segítségével. Ennek megfelelően generálódik a PWM inverter bemenetére a megfelelő két referencia áram értéke:

$$\begin{aligned} i_1^* &= i_{sq}^* = i_s^* \cos \theta \\ i_2^* &= i_{sd}^* = -i_s^* \sin \theta \end{aligned} \quad (3)$$

Az 5-ös ábrán bemutatott fázor-diagram egyszerűen szemlélteti az előbb bemutatott vezérlési stratégiát.

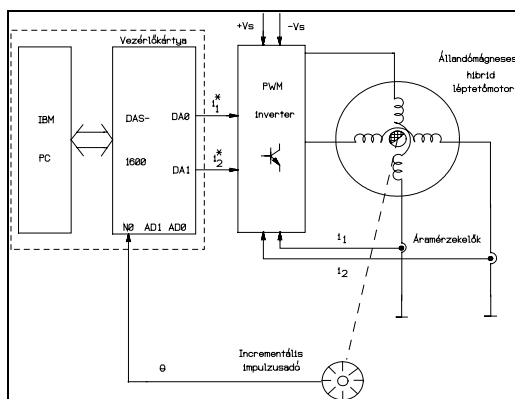


5. ábra, *Az egyszerűsített vektoriális vezérlés fázor-diagramja.*

Az állandómágneses hibrid léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlőrendszerének a matematikai modellezése és Matlab környezetben történő szimulálása után kapott eredmények a dolgozat végén, a laboratóriumban mért eredmények mellett vannak bemutatva.

#### 4. A kísérleti vektoriális vezérlőrendszer felépítése

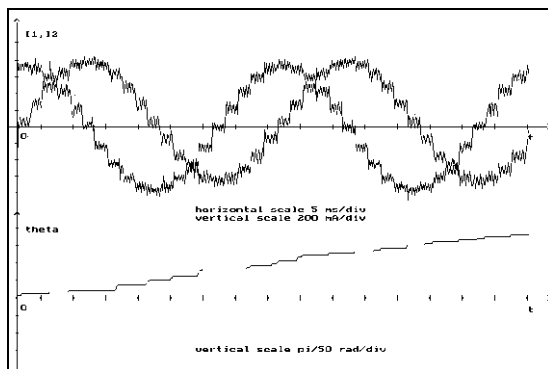
Az állandómágneses hibrid léptetőmotor vektoriális vezérlőrendszere alapján véve az IBM-személyi számítógépbe beillesztett, Keithley MetraByte DAS-1600-as típusú vezérlőkártyára épül (6. ábra). A léptetőmotort egy aszinkron, áramforrás típusú PWM inverter táplálja, mely úgy van megtervezve hogy lehetővé teszi bármely áramforma létrehozását a motor tekercseiben. Az inverter magas PWM frekvencián működik, a tápfeszültségét pedig 30 -120V között lehet változtatni, a követelményeknek megfelelően. A számítógép beolvassa a forgórész helyzetére vonatkozó információt, majd az önszabályozó-mikrolépéses algoritmus alapján, a két referencia áramot ( $i_1^*$ ,  $i_2^*$ ) fogja generálni az inverter bemeneteire.



6. ábra, A kísérleti vektoriális vezérlőrendszer

#### 5. Kísérleti eredmények

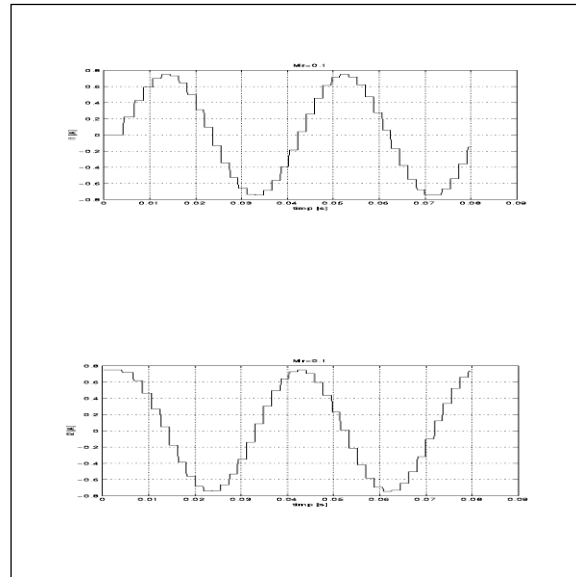
A laboratóriumban elért kísérleti eredmények az új vektoriális vezérlési módszer segítségével szabályozott léptetőmotor működését szemléltetik. A 7-es ábra az  $i_1^*$  és  $i_2^*$  fázisáramok, valamint a forgórész helyzetének a változását mutatja be. Az ábrán jól észrevehetőek a léptetőmotor mikrolépései (egy lépés megfelel 5 mikrolépésnek), minden mikrolépés után az  $i_1^*$  és  $i_2^*$  fázisáramok úgy vannak generálva hogy az állórészben levő aktív áram vektora merőleges legyen az állandómágnes fluxusának vektorára.



7. ábra. A fázisáramok és a forgórész helyzetének változása ( $I_s^* = 0.75A$ )

A diagramról leolvasható az, hogy abban az esetben ha a generált referencia-áram amplitúdója 0.75A (a terhelőnyomaték értéke  $M_n=0.1Nm$ ), akkor a motor sebessége 100 lépés/s, ami pontosan 500 mikrolépés/s-nak felel meg.

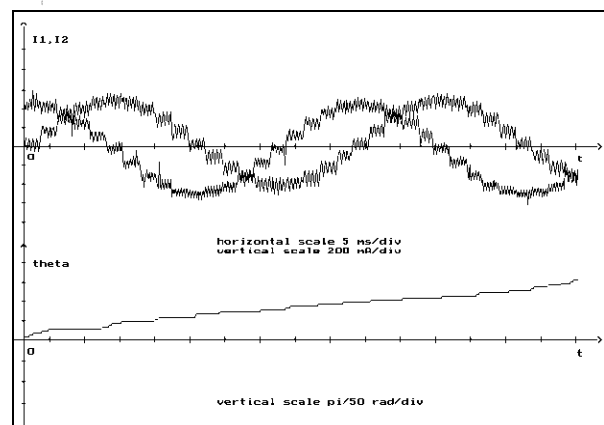
Az előbbi eredményeket össze lehet hasonlítani a 8-as ábrán bemutatott, Matlab szimulációs program segítségével kapott eredményekkel, melyek ugyanazok a körülmények között követik a léptetőmotor fázisáramainak a változását.



8. ábra

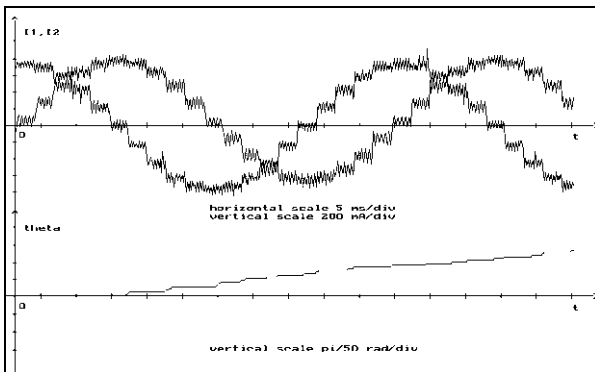
A fázisáramok változása a Matlab szimulációs program esetében ( $I_s^* = 0.75A$ )

A 9-es ábra ugyanazoknak a mennyiségeknek a változását szemlélteti, abban az esetben ha a terhelőnyomaték értéke nem változik, de a referencia-áram értéke 0.45A-re csökken. Ebben az esetben a léptetőmotor sebessége 80 lépés/s-ra, vagyis 400 mikrolépés/s-ra csökken.

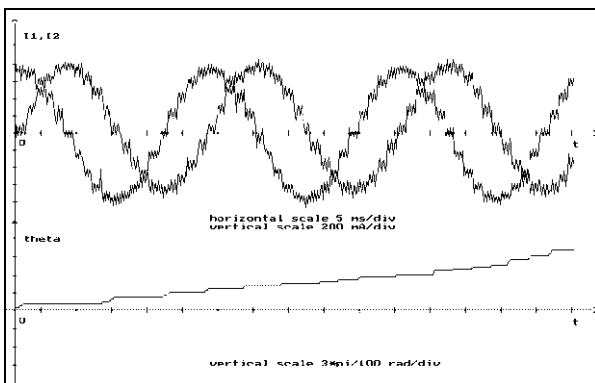


9. ábra. A fázisáramok és a forgórész helyzetének változása ( $I_s^* = 0.45A$ )

A 10 és 11-es ábrák a terhelőnyomaték változásának a hatását szemléltetik, abban az esetben ha a referenciaáramot 0.75A állandó értéken tartjuk. Észrevehető az, hogy a terhelőnyomaték csökkentésével a léptetőmotor sebessége megnő.



10. ábra. A fázisáramok és a forgórész helyzetének a változása ( $M_n = 0.1Nm$ )



11. ábra. A fázisáramok és a forgórész helyzetének változása ( $M_n = 0.8Nm$ )

## 6. Következtetések

A dolgozat a kétfázisú állandómágneses hibrid léptetőmotor egy hatékony és könnyen kivitelezhető, új vektoriális vezérlési módszerét mutatja be. Röviden ismerteti a mikrolépéses-önszabályozó vezérlési stratégia alapelvét, majd erre alapozva, bevezeti az egyszerűsített vektoriális vezérlés fogalmát. A kísérleti eredmények azt bizonyítják, hogy az új módszer a motor számára hatékony vezérlést biztosít.

## Szakirodalom

1. Marschalko R., Szász Cs., Trifa V., Székely A. – Implementing of a vector controlled PM-hybrid stepping motor servodrive. PEMC'98 International Conference, Praga, 1998 (CD-ROM registration).
2. Kelemen Á., Imecs Mária - Vector Control of AC Drives, Volume 2, Ecriture Publisher, Budapest, Hungary, 1993.
3. Szász Cs. – Doktori disszertáció, Kolozsvár, Románia, 1999.
4. A. – Experimenting of a simplified vector control system with PM-hybrid stepping motor. PCIM'99 International Conference, Nürnberg

# Anyagszáritás mikrohullámmal

Szőcs Katalin

Kolozsvár

## A mikrohullámú száritás alapjai

A mikrohullám elektromágneses hullám akár csak a fény. Hullámhossza 1 mm és 1 m között, frekvenciája 300 MHz és 300 GHz között változik. Az elektromágneses hullámok, időben változó elektromos és mágneses tereként definiálhatók. Hullámhossz, illetve frekvencia szerinti sorbaállításuk pedig az elektromágneses spektrumot alkotja. (1. ábra). Az elektromágneses hullámok teljes hullámhossz tartományokban képesek energiatovábbításra, ezért száritásra elméletileg bármely intervallum használható. Ismeretes, hogy az elektromágneses spektrum használatát szigorú nemzetközi előírások szabályozzák. Gyakorlatilag száritási célokra a rádiófrekvenciás (RF) és a mikrohullámok (MH) tartománya jöhet számításba.

### 1. ábra, Az elektromágneses hullámok spektruma

A mikrohullámú vízelvonást elvileg az teszi lehetővé, hogy a száritandó anyagban levő víz elsőrendű dielektrikum, amelyben az elektromos energia egy része hővé alakul, ami alkalmas a termékek főlöleges tartalmának eltávolítására. A száradást meghatározó dielektrikus tulajdonságok az anyagi- és a folyamatjellemzők interakciójának eredményeként alakulnak, így a folyamat a klasszikus hő- és anyagátviteli elmélettel nehezen írható le. (1) A külső elektromos tér a dielektrikum belsejében úgy módosul, hogy két pontszerű töltés egymásra kisebb erővel hat, mint vákuumban. Következésképpen a térerősség csökken. A mikrohullámú tér esetében a körfrekvencia nagy értéke miatt a veszteségszög tangense ( $\text{tg}\delta$ ) a dielektrikus állandó valós ( $\epsilon'$ ) és képzetes ( $\epsilon''$ ) részének hányadosaként definiálható:

$$\text{tg}\delta = \epsilon''/\epsilon'$$

A veszteségszög a dielektrikum egyik alapvető fontosságú anyagi jellemzője, meghatározása csak mérésrel lehetséges. Ugyancsak mérésrel határoz-

zák meg a dielektrikumot alkotó anyag relatív dielektrikus állandóját is ( $\epsilon_r$ ). A szemcsés termékek dielektrikus állandója az

$$\epsilon_r = \Phi(f, w, \theta, \rho)$$

függvénnyel jellemezhető (2), ahol  $f$  a frekvencia,  $w$  a termék víztartalma,  $\theta$  az anyag hőmérséklete,  $\rho$  pedig a halmazsűrűsége. A nagyfrekvenciás melegítés szempontjából a  $\delta$  és az  $\epsilon_r$  elkülönítése a végeredményt tekintve nem szükségszerű, ezért a két tényező szorzataként meghatározott

$$k = \epsilon_r \cdot \text{tg}\delta$$

veszteség tényezőt szokás használni.

Az iparszerűen megvalósított mikrohullámú száritáskor az alkalmazott frekvencia rendszerint állandó. A száritás hatékonysága elvileg úgy növelhető, ha az energia behatolási mélysége a szemcsék egyenértékű sugarával azonos. Ebben az esetben az anyag belső hőmérséklete magasabb mint a felületi, így a diffúziós és a termodiffúziós gradiens azonos irányúvá válik, a vízleadás sebessége fokozódik.

A száradó anyag veszteségtényezőjének értékét két más jellemző határozza meg. Ez az ionikus vezetés és a dipoláris rotáció. Amikor bizonyos nedvességtartalommal rendelkező anyag kerül elektromágneses térbe az egyébként rendezetlen vízdipólok az elektromágneses mező irányába rendeződnek. Egy kétlépcsős energiaátalakító folyamat játszódik le. Először az elektromos tér energiája alakul át a mozgó ionok kinetikai energiájává, majd többszörös ütközés folytán az ionok kinetikai energiája hővé alakul.

A víztartalmú anyagok elektromos permittivitása a rádiófrekvenciás tartományban elsősorban az elektromos vezetőképesség függvénye. A mikrohullámú tartományban a dipoláris rotáció játszik meghatározó szerepet. A dielektrikus jellemzők változására jelentős hatással van a termék nedvességtartalma is (3). A nedvességtartalom növekedésével hatványozottan nő a dielektrikus állandó értéke is.

A mikrohullám olyan áramkörrel gerjeszhető, amelyben ellenállás ( $L$ ) és kapacitás ( $C$ ) található. Ha két ilyen áramkört egy bizonyos  $D$  távolságra szerelnek fel, oszcillátorként viselkedik. Az alapkritérium, amivel a mikrohullám-gerjesztő megkülönböztethető más kis hullámhosszú generátortól, a gerjesztett hullám hossza ( $\lambda$ ) és az áramkör konduktorai közti távolság ( $D$ ) aránya. Amikor a két érték közeli, ( $D \sim \lambda$ ), akkor mikrohullámú gerjesztőről beszélünk. Az ilyen áramkör paraméterei pontosan osztottak és a hullámok tovaterjedése irányítható. Ha  $\lambda \gg D$  az áramkörök sűrítettek, a gerjesz-

tett hullámok egymást kioltják, tovaterjedésük nem észlelhető, illetve az áramkör feszültsége nem változik a konduktor hosszában. Ez a tartomány a geometriai optikáé.

A magnetron egy jellegzetes mikrohullámgerjesztő oszcillátor. Azon mikrohullámokat, melyeknél  $\lambda \sim D$  egytengelyű árnyékolt vezetékkel jól vezethetünk. Létezik egyszálás és kétszálás egytengelyű kábel is, melyek fémszálból készülnek. Ismeretesek az úgynevezett optikai szálak, melyeken az igen kis hullámhosszú és nagy frekvenciájú hullámokat lehet továbbítani. Az ebben a tartományban található hullámhossz már milliméternél kisebb, frekvenciája meghaladja a 400 THz-et. Ezek már látható mikrohullámok, infravörös színűek.

Felhasználási területüket illetően a mikrohullámok a nagyobb távolságra sugárzó rádióadóknál felbecsülhetetlen értékkel bírnak. Irányítócsővel tovaküldik majd antennákkal és erősítőkkel felfogják. A műholdon közvetített TV-program sugárzás is mikrohullámokkal történik.

A biológia és az orvostudomány területén is alkalmazást nyert a mikrohullám a szövetek vezetőképességének, a vér dielektromos állandójának a mérésénél. A fizika területén a mikrohullám nélkülözhetetlen a részecske gyorsítóknál. A technikában a mikrohullámot széles körben alkalmazzák. Mérőműszereknél a méret, sebesség, anyagminőség, nedvesség mérésénél. A konyhában használt mikrohullámos sütő 0,9–2,45 GHz frekvenciájú hullámokkal működik.

A mikrohullámok tartós hatása esetén idegrendszeri panaszok, fáradtság, rossz közérzet, fejfájás, aluszékonyság, memóriazavar, vérnyomáscsökkenés, alacsony pulzusszám figyelhető meg. A vérkolineszterázsszintje és a vérlemezkék száma csökken, a fehérvérsejtek elszaporodnak. Mikrohullámú sugárzások hatására a szívritmust szabályozó készülékek működésképtelenné válnak.

### **Kísérleti eredmények**

Kísérleteink célja a mikrohullám használatának vizsgálata anyagok szárítására, a folyamatosan működő szárító sebességének meghatározása textíliák, kerámiák, magok szárításánál. A hagyományos szárítási eljárások során a nedvesség először az anyag külső felületéről párolog el. Az így keletkezett viszonylagosan száraz felület következtében gyakran helyi túlmelegedés és mechanikai sérülés lép fel, a textilgöngyölegek felülete túlszárad, míg a belsejük nedves marad. Az egyenetlen szárítás a kerámiái termékek és a fémöntésnél használt magok vagy formák minőségének romlásához vezet. A mikrohullámú vízelvonás egyik nagy előnye, hogy az általa generált hőmérséklet teljesen más nedveseloszlást idéz elő a száradó anyagban. Mivel a diffúziós tényező a hőmérséklet exponenciális

függvénye, a diffúziós nedvességáram sokkal nagyobb az anyag belsejében mint a felületi rétegekben. Az anyag belseje felé haladva a nedvességgradiens csökkenni fog a gyorsan növekvő diffuzivitás miatt. E folyamat eredményeként a nedvességcsökkenés a halmaz teljes keresztmetszetére vonatkoztatva sokkal egyenletesebb lesz, mint a konvektív hagyományos száradási folyamatban.

### *2. ábra*

#### *A mikrohullámmal működő folyamatos szárító*

Kísérleteinkhez a 2. ábrán látható helyileg készített folyamatos működtetésű szalagszárítót használtuk. A sorban elhelyezett három rezgéskeltő induktor kapacitása egyenként 2,5 kW, a frekvencia 2375 MHz, az áramfeszültség 380 V. A szárító belső kamrájának méretei: 700x600x2000 mm. A szalagszárító sebessége szabályozható, az induktorok vízhűtésesek, a keletkezett párat elszívjuk. A szárító asztalkáját és választófalaikat bakelites formázókeverékkel vontuk be, hogy minél jobban szigeteljük a fémkeretet. A szárítás határfokának a növelésére a 2 cm-es bakelites szigetelést 5 cm vastagságúra növeltük. Így helyeztük rá az asztalkákra a kerámiái termékeket, a textil göngyölegeket és a nyers bedöngölt formákat, melyeket öntésnél az öntvényüreges kiképzéséhez használnak. A szárítás sebességét növelte, ha az asztalkára magasabb halomba raktuk az anyagot, a szárítandó anyagtól függetlenül. (3. ábra)

### *3. ábra A szárítás elvi vázlata:*

- 1 - a szárító asztalkája*
- 2 - a mikrohullám induktorai*
- 3 - a szárítandó anyag*

A legelső sorban elhelyezett, az asztalka lapján fekvő darabok hosszabb szárítási időt igényeltek. Ezt a jelenséget a fémkeret zavaró hatásának tulaj-



donítottuk, mely a bakelites szigetelés növelése után sem tűnt el teljesen. A felrakás nem okozott gondot a textilgöngyölegeknél, de annál nagyobb problémák elé állított a kerámiáknál és a magkeverékeknél. A fonalak szárításánál a tekercesléshez használt csövek és tárcsák biztosították a felrakáshoz szükséges szilárdságot ahhoz, hogy a göngyölegek megőrizzék eredeti alakjukat. A szárítás hatásfokának a növeléséért el kell kerülni a fémcsövek és fémtárcsák használatát. Ilyen esetben göngyölegtartónak csakis kerámia vagy pvc termékek használhatók. A kerámiatermékek egyenletesen és gyorsan száríthatók, ha a nyers szilárdságuk halombarakásra megfelelő. Ahhoz, hogy a rakásban felette levő súlyát kibírja alakváltozás nélkül, szükség esetén előszárítást kell végezni. Esetenként megoldandó probléma a folyamatos szárítoszalag sebességének beállítása a szárítandó anyag nedvességének és pórusosságának függvényében. A 2. ábrán látható berendezés szekerének minimális sebessége 0,1 m/percenként. A vékonyabb fonálból készült göngyölegeknél és a vastagabb falú kerámiatermékeknél ez a sebesség is igen nagyra bizonyult, mivel ezek nehezebben száradnak. Ilyen esetben a szárítandó anyagot két vagy több körforgás idejére a konvektor asztalkáján hagytuk. Már az első kísérleteknél kiderült, hogy a pórusosabb, a nagyobb gázáteresztéssel rendelkező anyagok gyorsabban száradnak.

Célul tűztük ki a szárítás idejének meghatározását a szárítandó anyag minősége és pórusossága függvényében. A pórusosság mérésére az öntőiparban kaptunk megfelelő műszereket. A formázókeverék ellenőrző műszereivel mértük a nedvességen és gázáteresztésen kívül a szárítandó keverékek szilárdságának változását is. Kísérleteinkhez olyan keverékeket használtunk, melyeknél kovahomokot vizes közegben összekevertünk különböző kötőanyaggal. A homokszemcsék összefogásához csakis vízzel kötő anyagokat használtunk, mint a bentonit, agyag, vízüveg, dextrin, keményítő. A kapott keveréket formákba vagy magszekrényekbe döngöltük, ezáltal különböző alakú idomokat és a mérésekhez szükséges próbapálcákat kaptunk. A kísérleti darabok pórusosságának változtatásáért különböző szemcsenagyságú kovahomokkal dolgoztunk. (1. táblázat)

A kapott próbatesteket a szárító asztalkájára helyeztük és mértük a minták hajlítoszilárdságának

változását a szárítási idő növelésével. A minták szilárdságának mérési eredményei sokkal pontosabbak voltak, mint a nedvességméréseké, valószínű a meglévő műszerek miatt. Egy keverék szilárdsága mindaddig nő, amíg a száradás tart egy vízalapú kötőanyagnál. Miután a keverék megszáradt, szilárdsága nem változik. A tanulmányozott kötőanyagok közül a vízüveg kölcsönöz legnagyobb szilárdságot a mintáknak (4. ábra). A mérési eredmények nagy szórása a mechanikai szilárdságok mérési módjából és a homok granulációjának változásából adódik. A 4. ábrán látható, hogy a szükséges szárítási idő valamivel több, mint tíz perc. Itt érdemes megemlítenünk, hogy a hagyományos elektromos kemencékben való szárítás 4–6 órát vesz igénybe.

#### 4. ábra

#### *A bedöngölt formák hajlítoszilárdságának változása a szárítási idővel*

Ismeretes, hogy a vízüveg nyers állapotban csak kis szilárdságot kölcsönöz a keverékeknek, mely a formából való kivételét is megnehezíti, vagy lehetlenné teszi, különösen nagyobb granulációjú homok jelenlétében. Ahhoz, hogy a kapott formákat és mintákat a szárító asztalkáján halomba lehessen rakni, a szilárdság növeléséért a vízüveges keverékekhez agyagot is adagoltunk. A 6% vízüveget és

Szemcsenagyság, maradék a szitán, %-ban													
Sorszám	1,6	0,8	0,63	0,40	0,32	0,20	0,16	0,10	0,063	T	M50 mm	E %	L %
1.	0,20	0,56	1,00	20,52	41,48	31,16	3,80	1,24	0,04	-	0,35	70	0,61
2.	0,64	7,72	3,44	7,92	14,88	27,24	10,12	15,36	9,2	3,48	0,25	40	0,72
3.	-	0,32	0,36	2,24	4,48	30,32	26,2	25,12	8,72	2,24	0,18	55	1,1

*1. táblázat, A kovahomok jellemzői*

3% agyagot tartalmazó keverék megfelelően bizonyult. Ezzel a mennyiségű kötőanyaggal több keveréket készítettünk különböző granulációjú homok felhasználásával, és mértük a hajlító szilárdság változását a száradás alatt. A kapott mérési eredményeket az 5. ábra szemlélteti.

#### 5. ábra

*A száradási sebesség függ a formák pórusosságától, illetve a keverékhez használt homok granulációjától*

- 1 - 0,35 mm-es közepes szemcsenagyság
- 2 - 0,25 mm-es közepes szemcsenagyság
- 3 - 0,18 mm-es közepes szemcsenagyság

Az 1. görbe a nagyobb szemcsenagyságú - M50 035 - homoknak felel meg, a 3. a görbe a legfinomabb homoknak. A keverékek jellemzői nyers állapotban a 2. táblázatban található. Az apróbb szemcséjű homok pórusossága kisebb, csak 73 gázáteresztési egység, és a belőle készült darabok lassabban száradnak. A kísérleteket 2–5% nedvességet tartalmazó keverékekkel végeztük.

A 6% nátriumszilikátot és 3% agyagot tartalmazó nyers keverék jellemzői			
Sorszám	Gázáteresztő képesség cm <sup>3</sup> /perc	Nedvesség %	Nyomószilárdság daN/cm <sup>2</sup>
1.	310	2,4	0,21
2.	205	2,3	0,30
3.	73	2,4	0,70

#### 2. táblázat

A kisebb nedvességű minták hamarabb száradtak, ezért igyekeztünk a vízadagolást minél jobban lecsökkenteni. A kerámiai termékek nedvessége jóval nagyobb mint az öntödékben használt formáké. Általában 8–15% között mozog. Ezért a szárításukhoz szükséges idő is hosszabb, mind a hagyományos szárítási eljárásoknál, mind mikrohullámmal. A mikrohullámú szárítón a formázókeveréket 10–20 percig kell tartanunk, a kerámiákat pedig 1–2 órát ahhoz, hogy megszáradjanak. A textil

göngyölegeknél a szárítási idő nagymértékben függ a szál vastagságától és a göngyöleg tömegétől. Általában ezeknél is 1–2 órai szárítás szükséges a mikrohullámú induktor alatt, míg a hagyományos szárítási módok 24–48 órát igényelnek. A mikrohullámmal való szárítás jelentős időmegtakarítással jár, de legnagyobb előnye a száradás egyenletessége.

Kísérletsorozatunkat egy gyakorlat szülte követelmény miatt más irányban kellett folytatnunk. A vízalapú kötőanyagok többé-kevésbé higroszkópos. Tárolás során a belőlük készült félkész termékek a levegőből nedvességet vesznek föl, szilárdságuk egyre csökken. A darabok tárolhatósága egy gyártási eljárással olykor igen fontos gazdasági követelmény. A textiliparban ez valamivel kevesebb gondot okoz, mint a kerámia- vagy fémiparban. Célul tűztük ki egy kevésbé higroszkópos keverék kidolgozását. Többféle megszáritott keveréket nedves időben napokig fedél alatt raktározunk. A 6. ábra a több nap utáni higroszkópos nedvességméréseinket szemlélteti.

#### 6. ábra

*A levegőből felvett higroszkopikus nedvesség nő a tárolás ideje alatt*

Látható, hogy az agyaggal és bentonittal kötött formák tárolása a legproblémásabb. Az agyag növeli a vízüveges keverékek higroszkópusságát is. A lenolajjal és keményítővel készített keverék a legjobban tárolható, akár több hétig is. Próbálkozásaink igazolták azt a szakirodalomban található feltételezést, hogy a mikrohullám rezgéseltető hatása vizes közegben könnyebben érvényesül, míg a nagy molekulájú nem polarizálható folyadékokra nem hat. Szakkörökben ismeretes, hogy a lenolajas keverékbe 2% száradó olajat és 2% keményítőt vagy dextrint használnak ahhoz, hogy a formák szárítás után a célnak megfelelő szilárdságot nyerjenek. Egy ilyen összetételű keverék gyakorlatilag mikrohullámmal nem szárítható csak a hagyományos hőátadással működő elektromos kemencékben. A cél érdekében a száradó olaj egy részét vízzel helyettesítettük, növeltük a keményítő hozzáadást. A keverékhez adagolt víznek köszönhetően a mikrohullám

hatása kezd érvényesülni. Az optimális vízadag meghatározásáért keveréksorozatot készítettünk a kötőanyag és vízmennyiség változtatásával. Mértük a keverékek nyers nyomószilárdságát a formázhatóság becslése érdekében és a szárítás utáni hajlítószilárdságot a szárítás hatása és a kötőképesség ellenőrzésére. A kapott mérési eredményeket a 7. ábra szemlélteti.

#### 7. ábra

*Az 1% lenolajat és a 3% dextringet tartalmazó keverék szilárdságának változása a keverék nedvességével*

$\tau_h$  - hajlítószilárdság szárítás után

$\tau_{ny}$  - nyomószilárdság nyers állapotban

A formák szárítás utáni szilárdsága nő a vízadagolás növelésével állandó olaj- és keményítő-adagolás mellett. A forma nedvességének növekedésével viszont nő a szárításhoz szükséges idő. A formázáshoz szükséges nyers nyomószilárdság viszont 3%-os nedvesség fölött csökkenő irányt vesz fel és ezzel egyidőben a formázás mind nehezebbé válik a keverék tapadási hajlamának növekedésével. Ez a tapadás a formaszekrény oldalához 2,5% nedvességen felül mind erőteljesebben megnyilvánul, mely a minőség romlásához és a termés csökkenéséhez vezet. Ami a tárolhatóságot és a szárítás utáni szilárdságot illeti a legjobb eredményeket a következő összetételű keverékekkel kaptuk: 1–1,5% lenolaj, 3% dextrin vagy keményítő és 2–3% nedvesség. A keverékhez adagolt víznek köszönhetően a bedöngölt formák mikrohullámmal száríthatók, de a nagy molekulájú szerves olaj jelenléte miatt a szárításhoz szükséges idő hosszabb, mint a vízüveggel kötött keveréknél (8. ábra).

A vízüveges vagy agyagos keverékből készült idomok szárítási ideje pórúsosságuk szerint 15–25 perc, míg a lenolajos keverékkel 30–40 perc. Az így kapott formák jól tárolhatók annak ellenére, hogy szilárdságuk valamivel kisebb mint a vízüveges bedöngölt keverékeké. A tárolhatóság növekedésével pedig nő a termelés gazdaságossága.

A kapott eredményekből az a következtetés vonható le, hogy a mikrohullám előnyösen használható kerámiatermékek, textilgöngyölegek és formázókeverékek szárítására. Sokkal egyenletesebb és gyorsabb szárítást biztosít mint a hagyományos hő- vagy elektromos energiával működő szárítók. A szárítás sebessége 5–10-szeresen nő, és az eljárás könnyen automatizált rendszerre fejleszthető. A szárítás sebessége függ a szárítandó anyagtól, annak nedvességétől, szemcsézetétől vagy pórúsosságától.

#### 8. ábra

*A mikrohullámmal való szárítás ideje függ a keverék összetételétől*

#### Bibliográfia

1. Beke J.: *A mikrohullámú gabonaszárítás alapjai*, Mezőgazdasági Technika, 1997, július, 2–5 o.
2. Sembery P.: *Mezőgazdasági szemes és szálás anyagok dielektromos jellemzői*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979.
3. Nelson S.V.: *A mathematic mode for estimating the dielectric constant of hard red winter wheat*, Transaction of ASAE, St. Joseph, 1985, 2, 234–238

# Híg sóoldatok transzport folyamatainak gyorsítása ultrahanggal

Veress Éva, Pethő Károly  
Kolozsvár

## Összefoglalás

Különböző ideig (5, 10, 15 percig) ultrahang besugárzásának kitett 0,1 N-os elektrolit oldatot ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  iontartalmú) agar gélbe futtatunk, melybe előzőleg ezüst nitrátot vittünk be. Mértük az ionok diffúziós sebességét, kiszámítottuk a gélbe diffundált anyag mennyiségét, meghatároztuk az elektromos vezetőképességet, a diffúziós állandót. Mérési adatainkat az ultrahanggal nem kezelt kontroll próbával hasonlítottuk össze. Eredményeink azt mutatták, hogy ultrahang besugárzás hatására a kationok diffúziójának sebessége, a gélbe diffundált anyagok mennyisége, az oldatok elektromos vezetőképessége és a diffúziós állandója a besugárzási idővel nő, a kontroll próbákhoz viszonyítva.

## Bevezetés

A diffúziós folyamatok ultrahanggal történő gyorsítása évtizedek óta intenzív kutatási terület. Az elvégzett kísérletekben féligáteresztő hártván, vagy gélrudakban vizsgálták a transzport folyamatokat, valamennyi esetben úgy, hogy az egész diffúziós rendszert ultrahang hatásának tették ki (4, 5, 6, 7).

Jelen kísérlet két szempontból is eltér ezektől. Egyrészt nem az egész diffúziós rendszert, hanem annak egyik összetevőjét, az elektrolit oldatokat tettük ki ultrahang hatásának, másrészt új izzószeret ismertetünk a gélrudakba vándorló ionok mennyiségi meghatározására.

Kísérleteinket agar-agar géllal végeztük, mivel ennek szerkezete jól modellezi a protoplazmáét. Sajátos fonalas szerkezete viszonylag nagy mennyiségű híg sóoldatot képes befogadni, ahol a diffúziós folyamatok végbemennek.

Kísérleteinkben új megfontolás az, hogy a kiindulási anyagokat úgy válogattuk össze, hogy a csapadék a gélben képződjön, s ezáltal az iontranszport a keletkezett csapadék továbbhaladásával nyomon követhető. Az agar gélben az ionok diffúziója megközelítőleg olyan törvényszerűségek szerint megy végbe mint vizes oldatokban, vagy az élőrendszerekben.

## Anyag és módszer

Kísérleteinkhez 0,1 N sóoldatokat: lítiumkloridot ( $\text{LiCl}$ ), nátriumkloridot ( $\text{NaCl}$ ) és káliumkloridot ( $\text{KCl}$ ) használtunk. Az agar gél elkészítése folyamán ezüstnitrát oldatot adagoltunk

a gélhez. A gélbe diffundált ionok csapadékot képeznek. A keletkezett csapadék nagysága és a csapadékoszlop elmozdulása felvilágosítást ad a diffúziós folyamatokról.

Az ultrahanggal kezelt és nem kezelt sóoldatok esetén mértük a gélben keletkezett csapadékoszlop magasságát, elmozdulását, meghatároztuk a gélbe diffundált ionok mennyiségét, diffúziós állandóját.

## A gélrudak elkészítésének módja

Desztillált vízben, vízfürdős melegítéssel agar gélt oldottunk és 1,8%-os koncentrációt alakítottunk ki. Szűrés után ehhez  $10 \text{ cm}^3$  ezüstnitrát oldatot töltöttünk, majd milliméteres beosztású westergreen pipettába szívtuk fel, melyeket függőleges irányba, alul felül befogva állványba rögzítettük és a fotokémiai reakciók megakadályozása érdekében 24 órára sötétbe helyeztük.

## A sóoldatok ultrahang kezelése

A frissen készített 0,1 N-os lítiumklorid, nátriumklorid és káliumklorid oldatokat 1 MHz frekvenciájú,  $1 \text{ W/cm}^2$  erősségű, folyamatosan keltett ultrahang besugárzásának vetettük alá. Az ultrahang kezelésre mindig ugyanazt az üveg-edényt használtuk, melyet a rezgő fejtől 55 mm távolságra helyeztünk el. Az ultrahang nyaláb alulról felfelé azaz a nehézségi erő ellenébe irányul. Ultrahang besugárzás alatt a mintákat hűtőköpeny segítségével  $16,0,5^\circ\text{C}$ -on tartottuk.

A milliméteres beosztású pipettákban a már megszilárdult gél fölé azonos mennyiségű ( $1-1 \text{ cm}^3$ ) ultrahanggal kezelt és nem kezelt sóoldatot rétegeztünk. Az ultrahanggal besugárzott minták egymástól a kezelési időben különböztek (5, 10, 15 perc). Mértük a gélben keletkezett csapadék felülről lefelé történő elmozdulását, három órán keresztül és 20 percenként. A csapadékoszlop méreteiből valamint a kiinduló anyagok mennyiségéből számítottuk ki a gélbe diffundált ionok tömegét. A csapadékoszlop hossznövekedése és időbeni elmozdulása a diffúzió sebességéről ad felvilágosítást.

Az eredményeket összehasonlítottuk az ultrahanggal nem besugárzott sóoldatok esetén mért diffúziós értékekkel.

Meghatároztuk a sóoldatok elektromos vezetőképességét, magyar gyártmányú, Radelkis OK 10211 típusú konduktométerrel  $22,0,5^\circ\text{C}$ -os hő-

mérsékleten. A diffúziós együtthatót előző közleményünkben leírt képlettel határoztuk meg (8).

### Az eredmények értékelése

A gél fölé helyezett sóoldatok ionjai, melyeket előzőleg ultrahanggal sugároztunk be, a gélbe diffundálnak, amelyet a keletkezett csapadékoszlop növekedésével és időbeni elmozdulásával követünk figyelemmel. A gélbe diffundált ionok mennyisége, diffúziós sebessége nemcsak időben változik, hanem a vizsgált kationok szerint. Az ultrahanggal kezelt próbák diffúziós értékei mindig felülmúlták a kontroll próbákét. Az 1. ábra tömegének a gél feletti sóoldatban történő  $K^+$  ionok csökkenését mutatjuk be (felső görbe) valamint a  $K^+$  ionok mennyiségi növekedését (alsó görbe). Amint az ábrából is kitűnik a diffúzió sebessége nő, különösen az első órában (alsó görbe).

#### 1. ábra.

*A gél feletti sóoldatban található  $K^+$  ionok mennyiségi csökkenése (felső görbe) és a gélben történő növekedése (alsó görbe) három óráig tartó diffúzió alatt:  $m$  -  $K^+$  ionok tömege,  $mg$   $t$  - diffúziós idő*

Jól érvényesül eleinte a nagyobb diffúziós sebesség, mely a második órától kezdve kisebb mértékű ugyan, de a 3 órás mérés alatt még nem kerül át az összes ion a gélbe. Méréseink azt mutatták, hogy ez csak 72 óra után következik be.

A gélbe diffundált ionok esetén a legkisebb diffúziós sebességet a lítiumnál mértünk. A 2. ábrán lítiumkloridból a gélbe diffundált csapadékoszlop magasságának növekedését tüntettük fel (függőleges tengely) a diffúziós időtartam növekedésével (vízszintes tengely) a három felső görbe az 15, 10 és 5 percig ultrahanggal kezelt próbák mérési adatait tartalmazza, melyet az ultrahanggal nem kezelt mintával hasonlítottunk össze (alsó görbe). Amint az ábrából kitűnik mindenik kezelési idő felülmúlja a kontrollpróbáét ami a csapadékoszlop növekedésé-

ből nyomon követhető. A növekedés arányos az ultrahang besugárzási idő növekedésével, vagyis a legnagyobb a 15 percig kezelt sóoldatok esetén. Azt is kiemeljük, hogy az 5 és 10 percig kezelt minták közötti különbségek nagyobbak mint a 10 és 15 perces kezelési időnél mért értékek.

#### 2. ábra.

*Az 5, 10 és 15 percig ultrahanggal kezelt lítium kloridból valamint a kontroll mintából a gélbe diffundált ionok által kialakított csapadékoszlop magasságának időbeni növekedése.  $d$  - magasság (mm)  $t$  - diffúziós időtartam (min) 15', 10', 5'-percig ultrahanggal besugárzott minták, 0' - kontroll próba (melyet előzetesen nem kezeltünk ultrahanggal)*

#### 3. ábra.

*Az 5, 10 és 15 percig ultrahanggal besugárzott kálium-kloridból, valamint a kontroll próbából (ultrahanggal nem besugárzott kálium klorid oldat) a gélben található  $K^+$  ionok mennyiségének időbeni növekedése.  $m$  - tömeg (mg)  $t$  - diffúziós időtartam (min) 15', 10', és 5' percig ultrahanggal besugárzott ionok, 0' - kontroll minta*

A diffúziós sebesség az általunk vizsgált sóoldatoknál a kálium ionok esetén a legnagyobbak. Éppen ezért a 3. ábrán az különböző ideig ultrahanggal besugárzott (5, 10, 15 perc) káliumklorid oldatokból a gélbe diffundált ionok mennyiségének ( $m = \text{mg}$ ) időbeni változását mutatjuk be a diffúziós időtartam függvényében ( $t = \text{min.}$ ). Ezúttal is és még hangsúlyozottabban mindenik ultrahanggal kezelt próba felülmúlta a kontrollét. Az 5 és 10 percig ultrahanggal besugárzott minták diffúziós folyamatai közti különbségek nagyobbak mint 10 és 15 közöttiek. Az általunk vizsgált három elektrolit oldatból kiáramló ionok diffúziós folyamatai közti különbséget jól szemlélteti a 4. ábra, melyen a gélbe áramlott kationok mennyiségét tüntettük fel ( $m = \text{mg}$ ) a diffúziós idő függvényében ( $t = \text{min.}$ ). A görbék az ultrahanggal 10 percig besugárzott mintákat és a kontrollpróba mérési adatait ábrázolják. A görbe-párok felülről lefelé haladva a kálium, a nátrium és a lítium ionok gélbe diffundált mennyiségére vonatkoznak. Az ábra igen jól szemlélteti a kálium ionok diffúziós értékei jóval felülmúlják a nátrium ionokét. A legkisebb a diffúziós sebessége a lítium ionoknak.

#### 4. ábra.

*Az előzetesen 10 percig ultrahanggal besugárzott és a gélbe diffundált kálium, nátrium és lítium ionok mennyiségének a növekedése a kontroll mintához viszonyítva (0)  $m$  - tömeg (mg)  $t$  - diffúziós időtartam (min)*

*$K^+$  ionok felső két görbe*

*$Na^+$  ionok középső két görbe*

*$Li^+$  ionok alsó két görbe*

A vezetőképesség mérések is ezt a megállapítást igazolták. A káliumklorid oldatok elektromos vezetőképességének növekedése felülmúlta a nátriumklorid és a lítiumklorid vezető képességének értékeit a kezelt és nem kezelt mintáknál egyaránt. A káliumklorid oldatok elektromos vezető-

képességének mérési adataiból készített grafikont a kezelt és nem kezelt próbáknál az 5. ábrán mutatjuk be. Az elektromos vezetőképesség ( $Q = \text{ms}$ ) a gélrudakból a desztillált vízbe diffundált ionok növekedésének arányában nő a különböző kezelési idő és a kontroll mintáknál. Ez is az eddig tapasztalt sémát követi, legnagyobb a vezetőképesség értéke a 15 percig kezelt és a gélrudakba diffundált, majd onnan a desztillált vízbe áramlott kálium ionok esetén, és a legkisebb a kontroll próbánál (0').

#### 5. ábra.

*Az előzően 5, 10 és 15 percig ultrahanggal kezelt káliumklorid oldatok elektromos vezetőképessége a kontroll mintákhoz viszonyítva*

*$Q$  – elektromos vezetőképesség (ms)*

*$t$  – diffúziós időtartam (min)*

*15', 10' és 5 percig ultrahanggal besugárzott próbák*

*0' kontroll minták*

Ha megfigyeljük a mért értékeket, észrevehetjük, hogy az első 10 percben mind a négy görbe meredeken emelkedik, majd 5 perc után lassúbb lineáris tendenciájú növekedést mutatnak.

A diffúziós együtthatók értékeit a 6. ábrán mutatjuk be, mindhárom sóoldat esetén. A diffúziós együtthatók értékei fokozatos növekedést mutatnak az ultrahang besugárzási idővel. Ez esetben is a káliumkloridnál mértük a legnagyobb és a lítiumkloridnál a legkisebb értéket. A nátriumklorid köztes helyet foglalt el.

### 6. ábra

Az előzően 5, 10, 15 percig ultrahanggal besugárzott káliumklorid, nátriumklorid és lítiumklorid oldatok diffúziós együtthatójának a növekedése.

$D$  – diffúziós együttható ( $105 \times \text{cm}^2/5$ )

$t$  – áztatási idő (min)

### Az eredmények értékelése

Méréseink igazolták, hogy elegendő a diffúziós rendszer egyetlen összetevőjének az ultrahang kezelése ahhoz, hogy a kationok diffúziós folyamatainak növekedését nyomon követhessük.

Az általunk tanulmányozott 0,1 N sóoldatok esetén mind az ultrahanggal besugárzott mind pedig a kontroll próbák diffúziós folyamatainak növekedése a lítiumtól a nátriumon keresztül a kálium felé tart. A híg vizes oldatok ionjainak mozgási sebessége az ionok hidratációs fokától (számától) függ, amit jól jellemez a hidratációs ion sugár ( $r$ ), melynek értékeit az általunk vizsgált kationok

esetén feltüntetjük a kristályos ion sugár ( $r$ ) értékével együtt (2). Tehát az elektrolit oldatok komponenseinek mozgási sebessége az ionok hidratációs fokától (számától) függ, melyet elsősorban a kationok vegyértéke határoz meg. Egyenlő vegyértékű kationok esetén a hidratáció az ionsugártól függ, valamint az elektronok rétegvasságától. Minél nagyobb a kristályos ionsugár, annál kisebb az ionok által megkötött vízburok, vagyis a hidratációs ionsugár. Monovalens ionok esetén a diffúzió sebessége kisebb azoknál a kationoknál, amelynek vízburka nagy, vagyis a lítiumnál, a hidratációs ion sugara  $r = 3,82 \text{ \AA}$  és kristályos ion sugara kicsi  $r = 0,60 \text{ \AA}$ . A kálium ionoknál, ahol a hidratációs ion sugár kisebb  $r = 3,31 \text{ \AA}$  és a kristályos ionsugár nagyobb  $r = 1,33 \text{ \AA}$  nagyobb a diffúzió sebessége. A nátriumion diffúzió sebesség szempontjából köztes helyet foglal el, amint azt az adatok is tükrözik  $r = 0,95 \text{ \AA}$  és  $r = 3,58 \text{ \AA}$ . Feltételezhető, hogy az ultrahang megváltoztatja az ionok hidratációs fokát az oldószer és az ionok között kialakuló kölcsönhatást. Valószínűnek tűnik, hogy az ionok hidratációs állapotában bekövetkezett változás befolyásolja azok mozgékonyágát. Az irodalmi utalásokhoz hasonlóan véleményünk szerint a diffúziós hatás növeléséhez az ultrahang kavitációs hatása, valamint a sugárnyomás is hozzájárul (4,5). Ezt igazolják előző kísérleteink eredményei is (7).

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás költségeinek fedezését részben a *Domus Hungarica Scientiarum et Artium pályázat biztosította.*

### Irodalom

1. Fodor F., Veress É.: (1985) Ultrahang a biológiában és az orvostudományban. Tud. és Encik. Kiadó, Bukarest
2. Coway B., E., (1981) Ionic hydration in Chemistry and Biophysics. Elsev. Sci. Pub. Comp. Amsterdam, Oxford, New-York
3. Györgyi S., Györgyi I-Edelényi, Tölgyesi F., Kardos Zs. (1981) The Role of Ion Hydration in the Biological Effect of Alkali Cations. In Interaction of Water in Ionic and Non Ionic Hydrates Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
4. Magurlis, M. D.: (1993). On mechanism of Chemical and Physicochemical Action of Cavitation Ultrasonics. Int Symp. Wien 317
5. Tamás Gy., Tarnóczy T.: (1955). Hártyák áteresztőképességének megváltoztatása ultrahang hatására. Magyar Fiz. Folyóirat. 3. 543–552
6. Tamás Gy., Rontó Gy. (1963). Eljárás a diffúziós együttható meghatározására agar agar gélrudak segítségével. Magyar Fiz. Folyóirat, 11, 613–615.
7. Veress É.: (1993) The Action of Ultrasound of transport Processes. 11th Int. Biophys. Congr. Budapest, July 25–30, 234.
8. Veress É., Pethő K., Tarba C. (1995) Enhancement of the Diffusion Processes in Agar Gel following the ultrasonic pretreatment of certain Chloride Salts. Studia Univ. Babeş-Bolyai, Physica, XL. 1, 81–89

## A Műszaki Szemléről Magyarországon SÍNEK VILÁGA 1999/2 – 103

Üdvözljük laptársunkat, a Kolozsvárott megjelent Műszaki Szemlét

1998. év második felében jelent meg az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) lapja, a Műszaki Szemle.

A lap megjelenésének indokait híven kifejezi a szerkesztőbizottság elnökének, Dr. Köllő Gábornak az előszavából vett alábbi részlet:

"Az erdélyi szellemiség, amely szerves része az egyetemes magyar kultúrának, a kisebbségi sors mostoha körülményei között is igyekezett és igyekszik megőrizni nemzeti értékeit, megtartani önazonosságát. Ennek egyik legfontosabb feltétele a magyar nyelv ápolása és megőrzése.

Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság - EMT - , amely a 89-es fordulat után felvállalta az erdélyi magyar nemzeti kisebbség teljes értékű megmaradásáért: a magyar műszaki szaknyelv ápolását, a műszaki és természettudományos értelmiség tevékenységének összefogását, információkkal való ellátását. Ennek érdekében elengedhetetlennek véljük egy műszaki tudományos folyóirat kiadását és az e köré csoportosuló műhely fenntartását.

Az eddigi tevékenység figyelembevételével úgy érzem, hogy az EMT az erdélyi tudományos életben olyan súllyal rendelkezik, olyan szellemi potenciális tartalékok állnak mögötte, amely biztosíték egy színvonalas műszaki és természettudományos lap fenntartásához."

Dr. Köllő Gábor a Műszaki Szemle első számának előszavát Erdély nagy szülöttjének Bolyai Jánosnak az üzenetével fejezte be. Álljanak ezen kis ismertető végén is ezek a magyar nemzethez intézett figyelmeztető szavak:

"már most nem durva erővel: hanem műveltséggel kell ügyekezniünk ki-tűnni s lehet nem csak elérniünk, hanem el is hagynunk más, már rég-óta messze előre rugaszkodó nemzeteket, azoknak dicső példát adván..."

A Műszaki Szemle negyedévenként jelenik meg, hattagú szerkesztő bizottság és az EMT adja ki. Első évfolyamának 1. és 2. száma egy füzetben jelent meg és tíz cikket tartalmaz a műszaki tudományok legkülönbözőbb területéről, a vasút, a hídépítés, a villamosság, a gépészet, a matematika köréből.

Olvasóinkat elsősorban a közlekedési és közlekedéscikkek érdeklik, így ezekből adunk bővebb ismertetőt.

Dr. Köllő Gábor egyetemi docens: *A klasszikus vasút jövője* című írásában a vasút jelenlegi helyzetével, fejlesztésével foglalkozik. Bemutatja a Nemzetközi Vasútegylet terveit az európai vasút-

hálózat fejlesztéséről, valamint a vasútfejlesztés romániai lehetőségeit. Részletesen tárgyalja a romániai nagysebességű vasúthálózat létesítésének akadályait, nemcsak a jelenlegi és a közeljövő anyagi lehetőségeit, hanem a meglévő domb és hegyvidéki vasutak nyomvonalának geometriai kötöttségeit is.

Jancsó Árpád mérnök: *Bega-hidak Temesváron* címmel azt a nagy munkát ismerteti, amelyet a század első évtizedében a gyors ütemben fejlődő Temesvár város rendezése érdekében végeztek. Ennek a munkának a keretében 1906. és 1909. között a városban 2,5 km hosszban új burkolt medret készítettek a Bega részére és felette új hidakat építettek. Közülük a legnevezetesebb a Mihailich Győző műegyetemi tanár által tervezett 38,4 m nyílású Ligeti úti vasbeton híd, amelyet a Melosco betonipari cég készített el. Mihailich Győzőnek ez volt az első nagyobb szabású vasbeton hídja. A híd szerkezeti megoldásával, esztétikus kialakításával bekerült a hídépítés történelemkönyvébe. A 90 évvel ezelőtt 1909-ben forgalomba helyezett híd ma is használatban van.

A cikk a továbbiakban két másik nevezetes építmény, a Püspök-híd, a Hunyadi-híd építését részletezi.

Telegdiné Csetri Klára: "A hídépítő Maderspach Károly (1791-1849)" című tanulmányában a szabadságharcban is résztvevő mérnök életét és munkásságának eredeti és kiemelkedő alkotásait, három kovácsoltvas vonóláncos híd építését (Csuka patak, Cserna és Temes feletti hidak), valamint az 1838-ban az "Állandó híd a Dunán Buda és Pest között" címmel kiírt pályázatra beadott és második díjat nyert terv részleteit ismerteti.

A Műszaki Szemle további cikkei: Dr. Bíró Károly, Bíró Zoltán: A villamos gépek forgórész-helyzetének meghatározása

Dr. Gyenge Csaba, Dr. Kerekes László, Dezső Gábor: A Frenet-féle triéder alkalmazása evolvens csavarfelületek gyártásánál

Kaucsár Márton - Mikroprocesszoros váltakozó áramú teljesítményszabályozás

Dr. Kerekes László, Dohanyák Zsolt: Ipari varrógépek konstrukciós FMEA vizsgálata

Dr. Kiss Elemér: Bolyai János kéziratának rejtett matematikai kincsei

Dr. Murádin Katalin: Gondolatok templomaink bútorairól

Dr. Puskás Ferenc: Új lehetőség: a krio-elektronika

Érdeklődéssel várjuk kolozsvári műszaki laptársunk következő számait és kívánjuk, hogy hosszú időn keresztül tudja betölteni az első szám előszavában meghatározott hivatását.

**Dr. Horváth Ferenc**