

Supa

# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

**3300 Series**  
Affordable Solutions for Materials Testing

12. ÉVFOLYAM  
2. SZÁM  
2002.



  
**INSTRON**  
*The difference is measurable*

8 2401  
 TM 0638  
 137  
 153375  
 8 2401  
 TM 0638  
 19  
 K 625  
 TM 0790  
 1798  
 K 6252  
 TM 03574  
 16383  
 K 7161  
 TM E6  
 13781  
 K 7171  
 TM 882  
 11096



# ELEKTRO-OPTIKA Kft.

2030 Érd, Kaktusz u. 22.

Telefon: 06-23-520-077, Fax : 06-23-374-965,

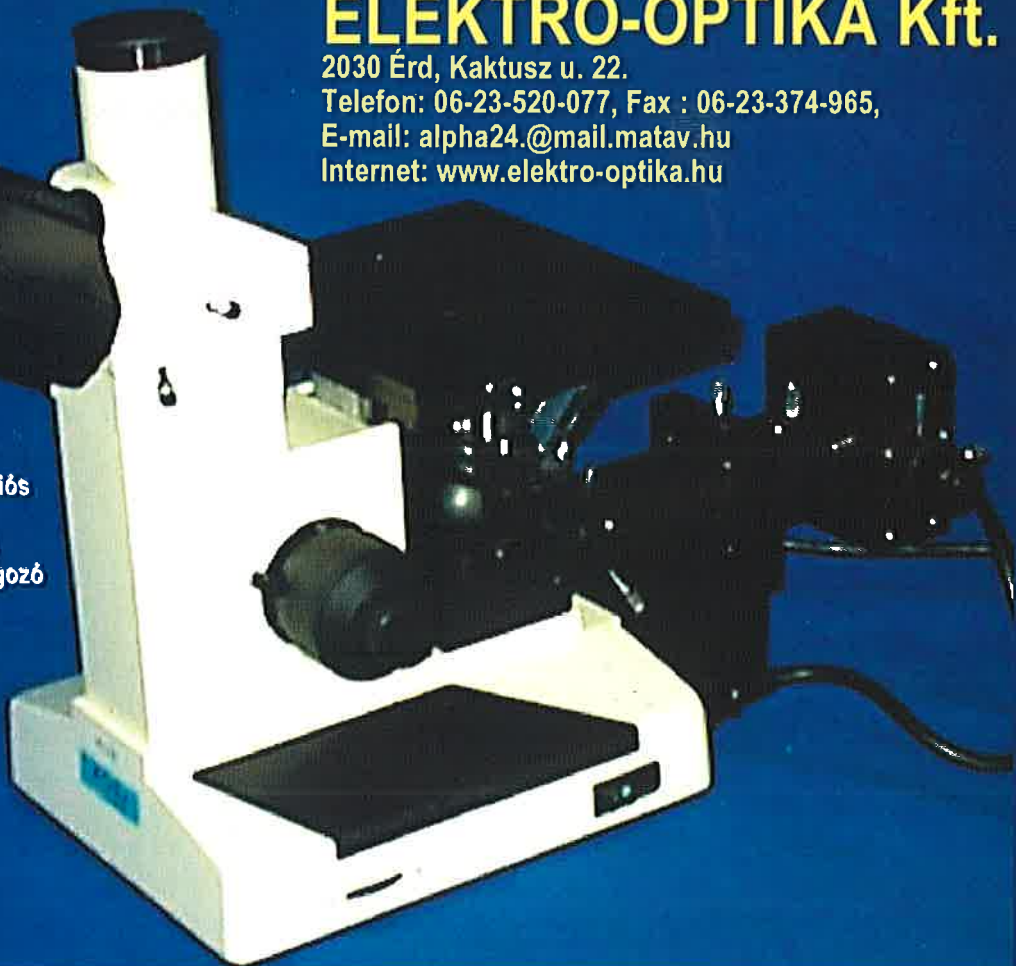
E-mail: alpha24@mail.matav.hu

Internet: www.elektro-optika.hu

## Kínálatunk:

Sztereo mikroszkópok, csiszolatvizsgáló és polarizációs mikroszkópok, képrögzítés számítógépből, vagy digitális fényképezőgépben, képfeldolgozó programok forgalmazása. Mikroszkópok helyszíni és szerviz javítása. Egyedi rendszerek tervezése és megvalósítása.

Az Elektro-Optika Kft. szakterületén az elsők között szerzett tevékenységéről ISO 9002 tanúsítást.



**KE-TECH**

Roncsolásmentes anyagvizsgáló eszközök forgalmazása, szervize és szakemberképzés



TUV CERT  
EN ISO 9002  
Tanúsítvány



A PAKSI  
ATOMERŐMŰ Rt.  
által minősített  
beszállító



A MAGYAR  
MINŐSÉG  
TÁRSASÁG  
által ellismert  
oktatóház



Akkreditált  
kalibráló  
laboratórium

502/0069

## PENETRÁCIÓS és MÁGNESES ANYAGVIZSGÁLAT

### Cél és felhasználási terület

A penetrációs eljárás, az olyan hibák jelzésére alkalmas, ahol az anyaghiba a felületre nyitott (például repedés, ráncok, pórusok, forrasztási, hegesztési, illesztési hibák).

A penetrációs eljárások elsősorban fémfelületek vizsgálatára szolgálnak, főleg a nem ferromágneses anyagok esetében alkalmazzák, de alkalmasak műanyagok vizsgálatára is, ha a vizsgálószer a vizsgálandó anyagot nem támadja meg.

A mágneses vizsgálatot szintén a felületre nyitott anyaghibák keresésére alkalmazzuk, de itt lehető-



ség van arra, hogy a felület alatt néhány mm-re lévő hibák is kimutathassuk. A mágneses vizsgálatok esetében, azonban szükség van valamilyen mágnesező berendezésre is.

Az általunk képviselt MR Chemie cég mind a penetrációs, mind a mágneses vizsgálatok területén teljeskörű szolgáltatást nyújt, mivel vizsgáló anyagokat és berendezéseket is tud szállítani, melyek megfelelnek az érvényes szabványoknak.

A vizsgálati anyagok magyar nyelvű Biztonsági Adatlappal, valamint Műbizonylattal rendelkeznek, melyek a nagyon fontos kén és halogéntartalom értékeit is tartalmazzák.

KE-TECH KFT.

1183. Budapest, Üllői út 470.

Tel.: 290-0151 Fax: 292-2159

E-mail: ketech@elender.hu,

Honlap: www.ketech.hu



## ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

### Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR Kft.** címén  
Budapest XII., Meredek u. 33.  
**1538 Budapest, Pf. 528.**  
Telefon: 319-4782  
Telefax: 319-2284  
E-mail: info@testor.hu  
Internet: www.testor.hu

Felelős szerkesztő:  
**dr. Lehofer Kornél**

A szerkesztőbizottság tagjai:  
**dr. Borbás Lajos**  
**Fücsök Ferenc**  
**dr. Havas István**  
**dr. Koczor Zoltán**  
**dr. Pólos László**  
**dr. Tóth László**

Kiadja:  
**TESTOR Kft.**

Felelős kiadó:  
**Szappanos György**  
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj a 2002. évre  
(1–4. szám): 2.240,- Ft  
Előfizethető közvetlenül a kiadónál  
a mellékelt űrlap felhasználásával.  
Hirdetések felvétele és kéziratok  
leadása a TESTOR Kft. címén.

Nyomda:

**KÁNAI NYOMDA KFT.**  
1225 Budapest,  
Kolozsvári utca 67.  
Felelős vezető: Kánai József

Előkészítés:

**PC-Print Bt.**  
Tel.: 205-6399, 204-3688  
E-mail: pcprint@chello.hu

**FIGYELEM!**  
**Le ne maradjon!**  
**Idejében fizessen elő!**

ISSN 1215–8410

## Olvasóink véleménye lapunkról

Szerkesztőbizottságunk kezdettől törekedett arra, hogy olvasóink véleményét messzemenően figyelembe vehesse lapszerkesztési munkájában. A vélemények megismeréséhez egyrészt időről időre fórumokat szervezünk önállóan vagy egyes szakmai rendezvényeinkhez kapcsolódva, amelyeken személyesen is találkozhatunk olvasóinkkal. Másrészt tájékoztatás-kérés céljából lapunkhoz kérdőívet is mellékelünk. Most ez utóbbiakra adott olvasói válaszokat foglaljuk össze, amelyek lényegében összhangban vannak a fórumainkon hallottakkal.

Lapunk rendszeres olvasói közül többen – az előfizetői létszámban kifejezve mintegy 15% – visszaküldték a kérdőívet. Köszönjük véleményüket, segítségüket!

Összesítve a válaszokat kiderül, hogy rendszeres olvasóink kétharmada a munkahelyén jut hozzá lapunkhoz, egyharmaduk pedig egyéni előfizető.

Lapunk tartalmi színvonalát olvasóink kétharmada kiválónak, egyharmada jónak ítéli. Hasonló arányú lapunk külalakjának megítélése is. Egyensúlyban van-e az elmélet és a gyakorlat? kérdéseinkre olvasóink 94%-a igennel válaszolt.

Olvasóink mindegyike kedveli az Anyagok és a Vizsgálati módszerek rovatot. Ez utóbbin belül az egyes témacsoportok olvasottsága: mechanikai vizsgálatok 62%, roncsolásmentes vizsgálatok 70% és a mérési módszerek 77%, és e témakörök bővítését olvasóink 69%-a javasolja. A fémek iránti érdeklődés túlsúlya ellenére a nemfémek anyagokról a válaszadók egyötöde szeretne többet olvasni. A Készülékek, berendezések rovatot olvasóink 62%-a kedveli, de egynegyedük bővítené ezt a témakört. Az Állapotellenőrzés, a Minőségbiztosítás, a Mérőföldkövek rovatok olvasottsága egyaránt 54%, a Szabványosításé 46%, a Szemle rovaté 25%, míg a más rovatokkal átfedésben is jelentkező Számítástechnika rovatot olvasóink egyharmada jelölte meg. A Műszeres analitikai rovat iránti érdeklődés pedig lényegében terjedelemarányos: 10%. Az állapotellenőrzési témakör bővítését olvasóink 38%-a, míg a minőségbiztosítását 15%-a igényli.

Ezek ismeretében már nem meglepő, hogy a lapunkban közöltek olvasóink többsége (94%) közvetlenül hasznosítani tudja: háromnegyedük a vizsgálati és állapotellenőrzési munkájához, egynegyedük a minőségbiztosítási feladatainak ellátásához, 38%-uk az oktatói munkájához is és 54%-uk a vizsgálóeszközök beszerzéséhez is. Ez utóbbi – a témakör igényes tartalmi bővítését is szorgalmazóakra tekintettel – pozitív üzenet a vizsgálóeszközöket forgalmazóknak, de hirdetőinknek is.

Megtisztelő számunkra, hogy olvasóink kizárólag elismerő és jobbitó szándékú véleménnyel vannak lapunkról. Ez megerősít bennünket lapszerkesztési elveinkben. Természetesen a témakörök és az egyes rovatok olvasóink által is kívánatosnak ítélt tartalmi és terjedelmi arányait csak legfeljebb éves szinten tudjuk megközelíteni, mivel egyes lapszámaink esetenként célszerűen vagy szükségszerűen kapcsolódnak időszakos rendezvényekhez vagy időszeri témákhoz. Továbbra is igényeljük véleményeiket csak úgy mint közlésre szánt cikkeiket, beszámolóikat és hirdetéseiket is!

*Szerkesszük együtt az Anyagvizsgálók Lapját!*

*Lehofer Kornél*  
felelős szerkesztő

**HELYZETKÉP – REVIEW – RUNDSCHAU***PROHÁSZKA János:*

Az anyagvizsgálat szerepe a gyártás- és gyártmányfejlesztésben

Role of the material testing in development of process and product

Rolle der Materialprüfung in Herstellungs- und Erzeugnisentwicklung

35

**VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN***Francesco BALDI:*

Műanyagok dinamikus törésmechanikai vizsgálata

Fracture mechanics in impact testing on plastics

Bruchmechanische Schlagversuche der Plastik

39

*CSAPÓ Péter:*

Növelt szilárdságú hegesztett acél repedésterjedési tulajdonságainak vizsgálata

Testing of crack propagation properties in welded high strength steel

Rißausbreitungsprüfung in geschweißter Hochfestigkeitsstahl

42

*DOBI György, JUNGHANS Éva:*

Szakítóvizsgálatok kisméretű próbatesteken

Tensile test on mini flat specimens

Zugversuch an Miniflachproben

45

*BALÁZS György:*

Új vizsgálati módszerek betonkutatásaim során

New testing methods for concrete during my research

Neue Prüfmethode für Beton in meine Forschungen

48

**KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN***TÓTH Péter:*

Instron 3300 sorozat: új, elektromechanikus szakítógépek család

Instron 3300 series: new electro-mechanical test machine family

Instron 3300 Serie: neue elektromechanische Prüfungsmaschine-Familie

55

**ANYAGOK - MATERIALS - MATERIALEN***KWAK Dong-Ho, MÉSZÁROS István:*

Antiferromágneses anyagokból készített vékony rétegek mágneses ellenállása és szerkezete

Magnetoresistance and structure of the antiferromagnetic thin layers

Magnetoresistenz und Struktur der antiferromagnetische Dünnsichten

56

**MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE - QUALITÄTSSICHERUNG***BENEDEK Béla:*

Ronszolásmentes anyagvizsgáló készülékek kalibrálása

Calibration of the NDT-instruments

Kalibration der ZfP-Geräte

59

**SZEMLE - REVIEW – RUNDSCHAU**

58, 60

**INTERNETFIGYELŐ – INTERNET MONITOR – INTERNET RUNDSCHAU**

61

**KÖNYVISMERTETÉS – BOOK REVIEW – BUCHBESPRECHUNG**

54, 62

**MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN***TÓTH László:*

A. G. A. Charpy (1865 – 1945)

63

**BESZÁMOLÓK – ACCOUNTS – BERICHTE***TÓTH László:*

Beszámoló a jubileumi Charpy-konferenciáról

Account about Charpy centenary conference

Bericht über Hunderterjahrfeier-Konferenz von Charpy

65

*LEHOFER Kornél:*

Fórum a műanyagok ütővizsgálatáról

Meeting about the impact test of plastics

Zusammenkunft über die Schlagprüfung von Kunststoffen

66

*CSEH-BOGNÁR Sándor:*

Szakmánk ifjú technikusainak versenye

National school emulation of the material technicians

National Studienwettbewerb der Materialtechniker

66

**SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMEN**

Új, érvényes nemzeti szabványok – New valid national standards – Neue gültige Nationalnormen

67

**HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN**

67

**ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDAR OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER**

67, 68

# Az anyagvizsgálat szerepe a gyártás- és gyártmányfejlesztésben

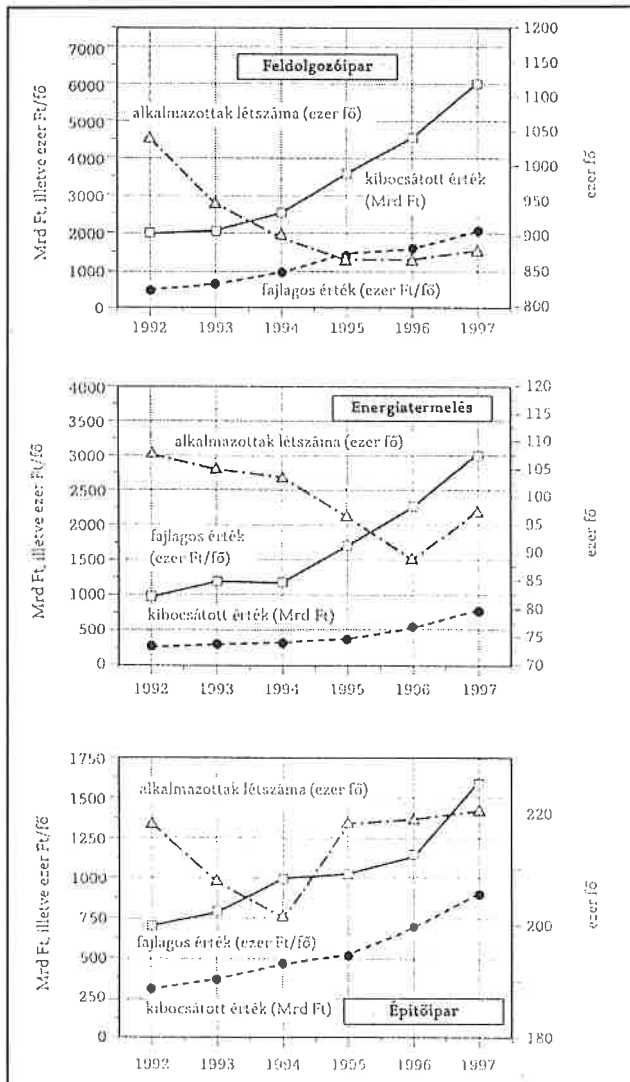
Prohászka János\*

Az anyagvizsgálat feladatát és szerepét az határozza meg, hogy milyen célt szolgál. Egy kohászati vállalatnál, pl. az esetek többségében az a feladata, hogy a késztermék jellemző tulajdonságait állapítsa meg. Ez általában az anyag kémiai összetételének és mechanikai tulajdonságainak a mérésére szorítkozik. Az anyagot felhasználó vállalatnál rendszerint ugyanezeket a méréseket végzik el, kiegészítve azokat néhány olyan speciális méréssel, melyek az adott termék előírt tulajdonságai megkövetelnek. A termelést irányítók a megismert eredmények alapján döntenek el, hogy a szóban forgó anyag, milyen termék, (termékek) előállítására alkalmas, és azt milyen technológiai eljárásokkal lehet az előírt alakú, méretű és tulajdonságú terméknek hasznosítani. A technológiai eljárás többféle is lehet, de azt a kiinduló és a késztermék tulajdonságainak az ismeretében, valamint a rendelkezésre álló technológiai műveleteknek a tulajdonságokat megváltoztató hatásait figyelembe véve kell eldönteni, amiben az anyagvizsgálatnak minden említett lépésben meghatározó szerepe van.

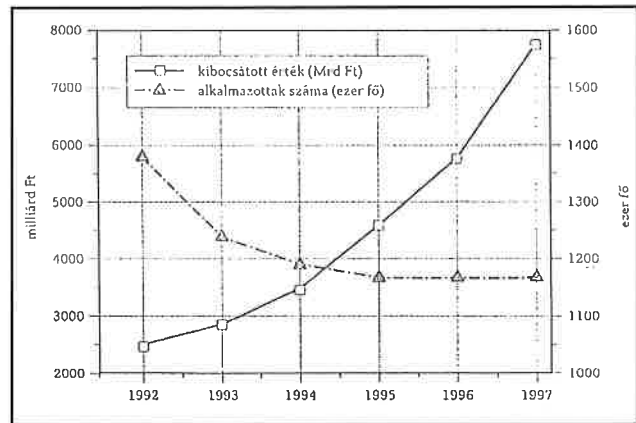
A termelésnek, egy adott időben jól bevált feltételeit, azonban az idő

során rendszeresen változtatni kell, mert a piaci verseny során a termékek jelentős része helyett, a piacokon újabb, az addig beváltnál jobb, vagy olcsóbb, vagy egyszerre jobb és olcsóbb versenytárs jelenik meg. Ez a termékek előállítására és fejlesztésére szakadatlanul, és mindenhol jellemző változás valamennyi termelőnél kikényszeríti mind a termékeknek, mind a gyártásnak a fejlesztését. Az állítás igazolására álljon itt néhány ábra.

Az 1. ábra mutatja néhány hazai termelési ágazat fejlődési jellegzetességét. Minden iparág hasonló abban, hogy a megtermelt érték az idő függvényében fokozatosan nő, a termelésben résztvevők létszámának csökkenése mellett. A 2. ábra azt szemlélteti, hogy milyen a teljes magyar iparnak a fejlődése az adott időszakokra. Az a néhány év, amire az 1. és 2. ábra áttekintést ad, a hazai termelésnek egy átmeneti szakasza, és fel lehetne vetni, hogy az csak a magyar gazdaságra vonatkozik, és nem általánosan jellemző. A bemutatott jellegzetességek azonban, nem csak a magyar, hanem valamennyi termelő vállalatnak jellemző vonásai. Ennek az általános vonásnak a bemutatására álljon itt két nemzetközi nagyvállalatnak néhány adata, melyek országaiban stabil a társadalmi rend, és ahol az elmúlt időszakban nem volt olyan óriási társadalmi és gazdasági változás, mint hazánkban.

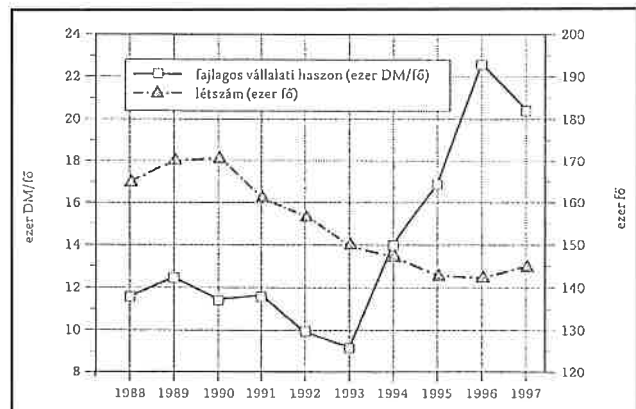


1. ábra. Néhány hazai termelési ág jellemzőinek változása az idő függvényében.



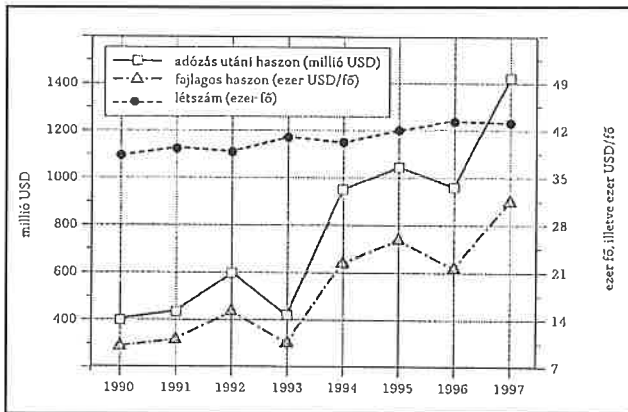
2. ábra. A magyar ipar fejlődésének tendenciája

A 3. ábra a Bayer A.G. pénzügyi adatait, és alkalmazottaik számát mutatja be egy adott időtartományra. A 4. ábra pedig a Gillette cég termelésének néhány gazdasági jellemzőit szemlélteti. Az természetes, hogy a jellemzők hasonló változásokat mutatnak az idő függvényében. Azt azonban érdemes kiemelni, hogy pl. a Bayer vállalatnál tíz év alatt, a fajlagos, az egy főre jutó termelési haszon közel a duplájára nőtt, addig



3. ábra. A Bayer A.G. cég termelési adatai

\*akadémikus, az MTA rendes tagja



4. ábra. A Gillette cég termelési adatai

az alkalmazotti létszám majdnem egy harmadával csökkent. A hasonló jellemzők a Gillette-nél azt szemléltetik, hogy ott ugyan a létszám nem csökkent, hanem nőtt, mintegy 10–12 %-kal, de ugyanakkor a vállalati haszon megháromszorozódott.

Ezt a néhány ábrát annak az igazolására mutattuk be, hogy a termelést szakadatlanul fejleszteni kell azoknak a vállalatoknak, melyek a piacon létezni akarnak. Az ábrákból ugyan a gyártmányfejlesztésre lehet csak következtetni, de tapasztalatból tudjuk, hogy a termékek minőségét is állandón fejlesztik. Utalunk itt arra, hogy a gépkocsigyártásban egy-egy terméktípus alkatrészeinek a pótlására csak néhány évig vállal garanciát a termelő, mert a típusait rendszeresen újabbakkal cseréli ki, a közönség kívánságainak megfelelően módosított jellemzőkkel. Ezekben a minőségjavításokban jelentős szerep jut az anyagvizsgálatra. Hivatkozhatunk itt arra is, amit szinte mindenki rendszeresen észlel, hogy milyen mértékben változnak az elektronikus eszközök (rádió, tv, számítástechnikai egységek stb.) minőségi mutatói, vagy pl. az utakat egyre nagyobb tömegben ellepő közlekedési eszközök.

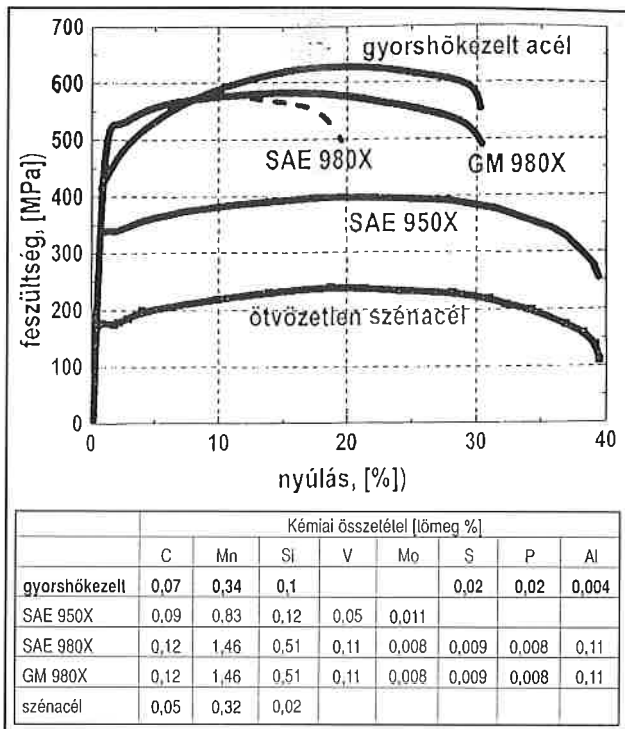
A példák azt mutatják, hogy a termelésben mind a termék, mind a gyártástechnológia folyamatos fejlesztése megy végbe és ez nemcsak elképzelhetetlen az anyagvizsgálat nélkül, hanem azt a termelés fejlesztésével egyre több és fontosabb szerepkörrel látja el.

A késztermékek minőségi jellemzőinek száma azok színétől, alakjától, méretétől, súlyától és számos egyéb, a vásárló ízlésétől is függő tényezők halmaza. Ezeket egy dolgozat kapcsán nehéz összefoglalni. A termék használhatóságának azonban az egyik legfontosabb jellemzője a felhasznált anyag minőségjavítása.

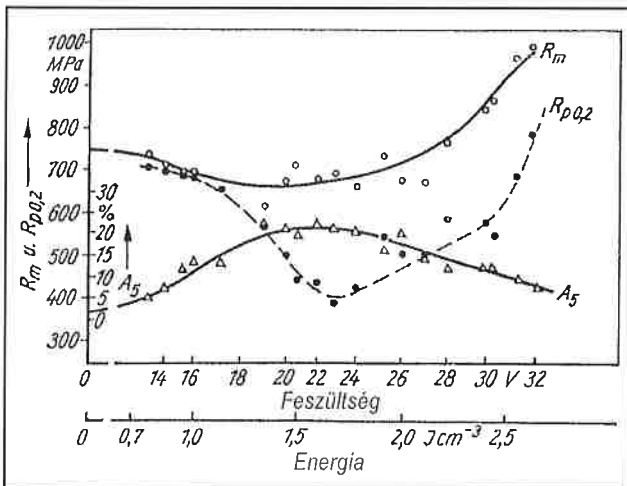
A fémek és ötvözetek javításának egyik legfontosabb tényezője az anyagszerkezeti ismeretanyag növekedése. Ez megmutatkozik abban, hogy egyrészt állandóan új kémiai összetételű és velük fokozatosan javuló anyagok kerülnek előállításra és felhasználásra, másrészt pedig a már gyártott anyagoknak az előállítási technológiájukat változtatva javulnak az anyagok tulajdonságai, aminek fejlesztése és eredményessége nem képzelhető el az állandó anyagvizsgálat nélkül.

Az 5. ábra azt szemlélteti néhány közel azonos összetételű, vagy nagyon kis összetételbeli eltéréstől anyag szakítódiagrammjaival, hogy azok tulajdonságai milyen mértékben változtathatók, sokszor egyszerű technológiai művelettel. A „gyors hőkezelt” és a „szénacél” jelű anyagok összetételét az egyszerű analitikai eljárások szerint azonosnak kell tekinteni, és ennek ellenére tulajdonságaik jelentősen eltérnek. A lényeges különbséget az okozza, hogy a gyors hőkezelt acélt, elektromos hevítéssel a rajta átvett árammal 3 s alatt ausztenites szerkezetűvé hevítettük, majd vízben hűtöttük. Ennek az eredménye az, hogy az így kezelt acéloknak a szilárdsági mutatói közel a háromszorosára nőttek, nagyon kismértékű képlékenység-csökkenés mellett. Az SAE 980X és a GM 980 jelű acélok összetétele szintén megegyezik, de a GM 980 jelűt az ún. dual phase szerkezettel állították elő biztosítva azt, hogy a szilárdsági mutatók mellett a GM 980 jelű acél alakíthatósága jelentősen javult. Az SAE 950 kémiai összetételben tér el a többitől és az összetétel változásának a lehetőségét mutatja az anyagi tulajdonságoknak a változtatására.

A 6. ábra olyan mérésorozat eredményét szemlélteti egy eredetileg



5. ábra. Az anyagok fejlődésének bemutatása acélon



6. ábra. A gyors hőkezelt technológia hatása az előzetesen hidegen alakított acélhuzal szilárdságára

hidegen alakított, majd gyors hőkezelt acélon, amit különböző villamos energiával hevítettünk 3 s-ig, majd vízben hűtöttünk. Az ábra jól szemlélteti, hogy még az azonos összetételű és kiindulási szerkezetű anyagoknak a tulajdonságait is milyen széles tartományban lehet változtatni a technológiai paraméterek módosításával. Ezt különösen azokra az anyagokra lehet könnyen és jól hasznosítani, melyekben a hőmérséklet változtatásának a hatására fázisátalakulás megy végbe. Ez a két lehetőség, a kémiai összetétel és a technológia változtatása szintén jelentős szerepet ró az anyagvizsgálatra.

Az anyagvizsgálatnak a szerepét a termék- és gyártásfejlesztésben csak akkor tudjuk mérlegelni, ha szemügyre vesszük a két említett terület, a gyártás- és a gyártmányfejlesztés céljait, mert az anyagvizsgálatnak is ugyanazokat a célokat kell szolgálni, mint a termelésnek. A termék- és gyártmányfejlesztésnek két célja van. Az egyik és – ami gazdasági feltételek között – talán a fontosabb, hogy a termelés gazdaságossága növekedjék, a másik cél pedig az, hogy a termékek egyre jobban szolgálják az életminőség színvonalának az emelését, mert csak ezen keresztül valósulhat meg a termelés növekvő haszna. Itt azért meg kell említeni azt is, hogy vannak a társadalomnak olyan feladatai is (oktatás,

egészségi ellátás, honvédelem stb.), melyeknél a gazdaságossági kérdés háttérbe szorult.

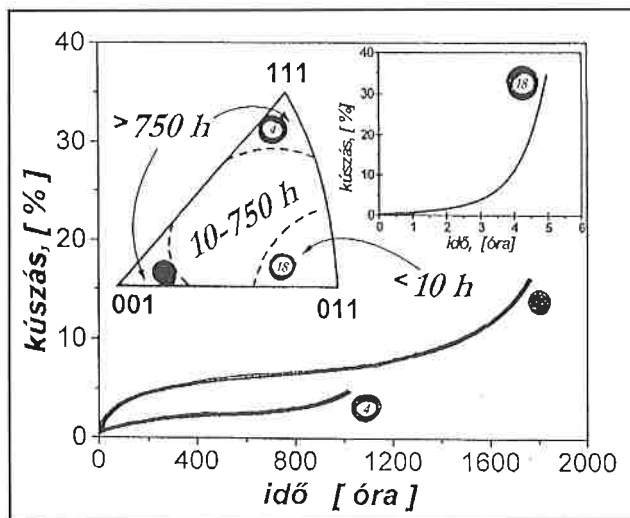
Az anyagvizsgálat akkor tölti be szerepét a termék- és gyártmányfejlesztésben, ha hozzájárul a termelés említett két céljának minél eredményesebb megvalósításához. A fejlesztés azonban egy nagyon összetett, rendkívül bonyolult feladat. Ennek ellenére a mérnöki ismeretanyag mai fejlettségi fokán gyakorlatilag minden társadalmi igény megoldható. Ezt igazolják azok az eredmények többek között, amit a világűr kutatásával kapcsolatban a tudomány és a technológia elért. A technológiához természetesen hozzá kell érteni az anyagvizsgálatot is. Csak a rendelkezésre álló pénzügyi feltételek okoznak gondot és jelentenek akadályt a további műszaki alkotások megvalósításában.

A termelés növekedésével és a termékekkel szemben támasztott egyre szigorodó minőségi követelményével az anyagvizsgálat bevonult a termelő üzemekbe és a felhasználói területekre. A technológia tulajdonságot változtató hatása miatt, bizonyos termékek anyagi tulajdonságait, már a megmunkáló gépek mellett vizsgálni kell. Ilyenek többek között az atomerőmű alkatrészek, az erőművek néhány berendezése, a gázturbinák kvázi egykristályból készített lapátjai stb.

Ismeretes, pl., hogy korábban a Ni alapú szuperötvözetek, melyeket nagy hőmérsékletű felhasználásra fejlesztettek ki, az utóbbi időben jelentős fejlesztésen mentek át. Ennek eredményeként olyan gázturbinában hasznosítják a belőlük készült lapátokat, melyek üzemi hőmérséklete ma már meghaladja a 1200 Celsius-fokot. A fejlesztés fő anyagszerkezeti eredménye az volt, hogy a korábban szilárd oldatú szerkezetű szuperötvözeteket ötvözéssel kiválósosan keményíthetővé változtatták. Ma ezek a szuperötvözetek  $Ni_3Al$  összetételű és a szilárd oldattal azonos, felületen középpontos köbös szerkezetű kiválásokat tartalmaznak.

Látszólag ellentmond a kiválásokat tartalmazó ötvözet nagy hőmérsékletű felhasználása annak a sokszor bizonyított tapasztalatnak, hogy a kiválás nagy hőmérsékleten eldurvulnak, aminek következtében az ötvözet szilárdsága csökken. Ennek elhárítására a kiválások növekedését okozó többlet szabadentalpia értéket, amit a szilárd oldat és a kiválás közötti fázishatárok okoznak, a minimálisra csökkentették azzal, hogy a  $Ni_3Al$  kiválásoknak a rácsparaméterét ötvözéssel olyan méretűre változtatták, mint amilyen a szilárd oldaté. Ezzel csökkent az  $\Delta G$ , a fázishatárok által okozott szabadentalpia többlet, ami a fázisok eldurvulásának hajtóereje. A két fázis azonos kristályszerkezete és rácsparamétere miatt a kiválások eldurvulásának a sebessége nagyon lecsökkent, mert ilyen feltételek mellett koherens határ választja el a két fázist egymástól.

További szilárdságnövekedést okozott az, hogy olyan dermedési technológiát dolgoztak ki, ami a lapátok szilárd oldatú fázisát egykristályokként állítja elő. Így olyan orientációjú lapátokat gyártanak, melyek a legjobban megfelelnek a turbinalapátok terhelésével szembeni ellenállásnak. A 7. ábra azonos kémiai összetételű, de eltérő orientációjú, Ni alapú szuperötvözet kúszási görbéit mutatja. A diagrammokról egy-



7. ábra. A Ni alapú ötvözetek egykristályainak kúszásgörbéi a különböző irányú alakváltozások függvényében

értelműen kiderül, hogy jelentős eltérések adódnak az eltérő orientációjú próbatestek alakváltozására. A 18 jelű próbatest már 2-3 óra után, a kúszás harmadik, gyorsuló szakaszába lép, míg a 4 orientációjú próbatest 800, a 16 orientációjú pedig csak 1200 óra után kezd gyorsulva nyúlni.

Az eddigiekből az derül ki, hogy pl. a turbinalapátoknál a kémiai összetétel mellett ellenőrizni kell a szilárd oldat orientációját és a kiválások méretét is. Ez az anyagvizsgálatnak további, olyan feladatának a kibővítését jelenti, amit korábban csak a kutatásnál vettek figyelembe. Azonban ehhez hasonló kibővített feladatot jelent az atomerőművekben a nagyenergiájú részecskék (neutronok, elektronok, protonok stb.) besugárzása által okozott anyagszerkezeti károsodás ellenőrzése anyagvizsgálattal. Meg lehet említeni a hőerőművekben is a csövezetek szerkezetváltozása által okozott elhasználódást. Az ilyen és ehhez hasonló feladatok az anyagvizsgálat egyre több és nagyobb szakismeretet igénylő, a termelésben igénybevett szerepének a kiterjedésével kell számolni.

A termékek fejlesztésével bővült azoknak a berendezéseknek a használata, melyek meghibásodása emberi életek elvesztésével és nagy károkkal jár. Csak utalunk a Csernobili-katasztrófára és arra, hogy ma, a nagy, több mint 300 utast szállító repülőgépek leszállás nélkül jutnak el Londonból Tokióba. Ezeknek a berendezéseknek az alkatrészeit a legszigorúbb anyagvizsgálatnak vetik alá, hogy a balesetek elkerüljék.

Felvetődik a kérdés, hogy mi az oka annak, hogy pontosan betartott, minden technológiai lépésen nagy gonddal készített és ellenőrzött alkatrészek tulajdonságai szórnak? Így pl. az azonos technológiával készített egykristály próbatestek között előfordul, hogy van olyan, mely két, vagy több kristallitból áll. Ezeket természetesen a további gyártásból ki kell emelni. A jónak, a kitűnőnek minősített alkatrészek tulajdonságai is szórnak. A szórás bizonyos mértékig csökkenthető, de teljesen nem szüntethető meg. Ugyanez vonatkozik a számunkra sokkal fontosabb, az ember mindennapi életéhez szükséges és javuló termékek fejlesztett termelése során felvetődő feladatok megoldásánál is. Van azonban egy jelenlegi ismereteinkkel áthidalhatatlan nehézség, ami az anyagok tulajdonságainak a szórásából adódik. Ennek az oka az, hogy mai ismereteink szerint nem tudunk azonos termodinamikai állapotú anyagokat előállítani. Az azonos termodinamikai állapotú anyagoknak ugyanis nem lenne szórása. A termodinamika szerint, az azonos termodinamikai állapotú anyagok azonos tulajdonságúak. Nézzük meg röviden ezt a problémát két próbatesten, mint termodinamikai rendszereken szabadentalpiájuk állapotfüggvényének mérlegelésével. Tegyük fel, hogy a két próbatest termodinamikai állapota egyenlő. Ennek a két próbatestnek a G szabadentalpia függvényére azt írhatjuk, hogy:

$$G_1 = U_1 - TS_1 + P_1V_1 = U_2 - TS_2 + P_2V_2 = G_2$$

Itt  $U$  a belső energiát,  $S$  az entrópiát  $P$  a nyomást (feszültséget)  $V$  a fajtérfogatot jelenti, az indexbe írt számok az 1 ill. 2 jelű próbatestre utalnak. A felírt egyenlőség teljesülését és két próbatest egyenlő szabadentalpiáját elérni – legalábbis elvben – nem nehéz megvalósítani, amint azt a következő gondolat kísérlettel megpróbáljuk igazolni. Gondolatban vegyünk két azonos összetételű próbatestet. Az egyiket, az 1 jelűt, melegítsük az olvadáspontja közelébe  $T$  hőmérsékletre, majd gyorsan hűtsük vissza szobahőmérsékletre. Az így kezelt próbatestben közel azonos lesz a ponthibák koncentrációja, mint ami az egyensúlyi mennyiségűnek megfelel  $T$  hőmérsékleten, amit az alábbi egyenlet ad meg:

$$n = Ne^{-\frac{Q}{kT}}$$

ahol  $n$  a  $T$  hőmérsékleten az egyensúlyi üres rácshelyek száma,  $N$  a próbatest valamennyi rácspontjainak száma,  $Q$  egy üres rácshely keletkezési energiája és  $k$  a Boltzmann-állandó. Ezeknek a többlet üres helyeknek a hatására a próbatest szabadentalpiája megnőtt  $\Delta G$  értékkel.

A másik a 2 jelű próbatest szabadentalpiáját növeljük meg ugyanazzal a  $\Delta G$  szabadentalpia értékkel, de képlékeny alakítással. A képlékeny alakítás által okozott többlet diszlokációk hatására nő meg a szabadentalpia. A két művelet után a két próbatest szabadentalpiája ismét egyenlő lesz, de senki sem gondolja azt, hogy tulajdonságaik azonosak lesznek. Az azonos tulajdonságot a szabadentalpiának az azonosága és nem az egyenlősége biztosítja. Ez pedig azt jelenti, hogy mindkét darabban mindenféle kristályhiba-koncentrációnak azonosnak kell lenni. Ezen kívül, mindegyik hibának ugyanolyan kölcsönhatásúnak kell lenni a többiekkel. A darabok mérete pontosan meg kell, hogy egyezzen, de



ez sem elég, mert pl. a felületet képező kristallitok felületi energiája is anizotróp tulajdonság, orientációfüggő, az pedig nyilván elképzelhetetlen, hogy minden kristallitfelület, ami a próbatest felületét képezi azonos nagyságú és orientációjú. A sort még oldalakon keresztül lehetne folytatni, hogy milyen sok mikroszerkezeti feltételnek kellene teljesülnie, hogy a munkadarabok tulajdonságai és velük termodinamikai állapotuk szórásmentes legyen.

A fenti termodinamikai érvelés fontossága igazolja azt a tényt, hogy ma az atomerőművekben, a repülőgépekben, a gázturbinákban és számos helyen, főleg ahol emberéletek, vagy nagy értékek kerülhetnek veszélybe, az alkatrészeket meghatározott üzemidő után gondos anyagvizsgálatnak kell alávetni, és az elhasználdott darabokat ki kell cserélni. Mindennek az oka az, hogy az alkatrész használatbavételének  $t = 0$  időpontjában a mért tulajdonságok a  $G_0$  termodinamikai állapotnak felelnek meg. A beépített darabok bizonyos szóráson belül ugyan megfelelnek a nagyon szigorú előírásoknak, azonban a használat során a termodinamika által meghatározott szerkezet- és tulajdonság-változások mennek végbe. Ezek a szerkezetváltozások mind olyanok, hogy az al-

katrész szabadentalpiáját csökkentik, mert minden testben – adott termodinamikai feltételek mellett – csak olyan változások mehetnek végbe, melyek a rendszer stabilitását növelik, vagyis a szabadentalpiát csökkentik, és ez természetesen a tulajdonságok változását okozza.

Ebből következik az a követelmény, hogy az alkatrészeket meghatározott használati idő után ellenőrizni kell. Ez főleg a nagyenergiájú részecskével besugárzott anyagokra és az olyan alkatrészekre vonatkoznak, melyeket nagyobb hőmérsékleteken működtetnek és/vagy időben változó terhelésnek tesznek ki.

Az alkatrészek szerkezetében végbemenő változásokra áttekintő képet ad az adott anyagra vonatkozó *alakváltozási mechanizmusok térképe* (deformation-mechanism map). A 8. ábra mutatja az alumínium, az ólom és a volfrám alakváltozási mechanizmusainak térképeit. A térképeknek a vízszintes alsó tengelyein a  $T/T_{op}$  homológ hőmérséklet, a tényleges és az olvadáspont kelvinben kifejezett hőmérsékleteinek a hányadosa, a felső vízszintes tengelyeken pedig az adott hőmérsékletek °C-ban kifejezett értékei olvashatók le. A baloldali függőleges tengelyen a normalizált csúszatófeszültség, a terhelő csúszatófeszültségnek és a csúszató rugalmassági modulusnak a hányadosa, a jobboldali függőleges tengelyen pedig a tényleges csúszatófeszültség van skálázva  $MN/m^2$  egységekben.

A három anyag térképe ugyanazokat a jellegzetességeket mutatja és nagyon hasonló, ami többek között azt jelenti, hogy az alumínium és a volfrám, pl. 0,7 homológ hőmérsékleten  $10^4$  normalizált csúszatófeszültségű terhelés mellett hasonlóan viselkednek. Bennük ugyanaz az alakváltoztató mechanizmus, a diszlokációs kúszás megy végbe. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy míg az alumínium tényleges hőmérséklete 400 °C, addig a volfrámé 2600 °C a 0,7 homológ hőmérsékleten.

Az alakváltozási térképek mutatják, hogy az alkatrészek terhelése során milyen mechanizmusok működnek, és azok szerkezetváltozásokat okoznak, amik tulajdonság-változásokra vezetnek. Ezeknek a változásoknak az oka az, hogy az alkatrészeket bizonyos terhelési idő után az eredetitől eltérő tulajdonságúak és ezért újra nagyon gondos ellenőrzésnek kell azokat kiténni, és az elhasználdottakat ki kell cserélni. Az ilyen ellenőrzések miatt az anyagvizsgálat feladata is megnőtt, és sok esetben, pl. a repülőgépeknél a méréseket a repülőtereken végzik el.

A fentiekben néhány problémát vettem fel az anyagvizsgálat egyre szélesedő területen végzendő feladatairól, szerepeiről. Természetesen egy ilyen áttekintés mindig tartalmazhat kihagyásokat, elhanyagolásokat. Mindenesetre azt kell tudomásul vennünk, hogy a termelés fejlődése szakadatlanul folyik, és az utóbbi évek eredményeiből és törekvéseiből arra következtethetünk nagy bizonyossággal, hogy az anyagvizsgálat feladatai és szerepei a fejlesztésben az általános fejlődésnél gyorsabban nőnek, mint a termelésé. Erre utal az, hogy a termelésnek elsősorban a nagyobb feladatai azok, melyek foglalkoztatják a társadalmat és azon keresztül a kutatókat, az anyagvizsgálókat és a termelőket.

**Összefoglalva az anyagvizsgálat szerepeit az alábbiak a legjellemzőbbek:**

Az anyagvizsgálat eredményeire a termelés fokozottan és egyre fokozottabban támaszkodik.

Az anyagvizsgálat ma már mindenhol szerephez jut, ahol anyagot és termékeket használnak, megmunkálnak, vesznek és eladnak.

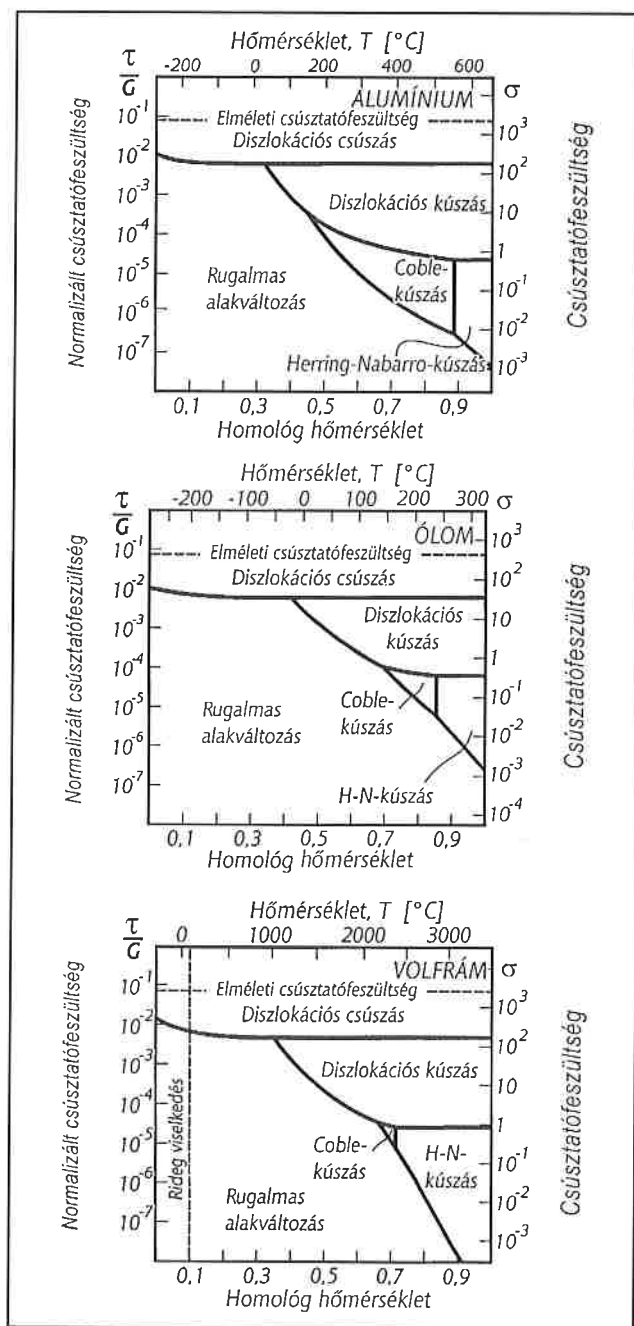
Az anyagvizsgálat szerepe egyre szélesebb területeken válik meghatározóvá, mert a tömeggyártással nem lehet – vagy nagyon költséges – mindenhol, minden darabot ellenőrizni. Szerepét kap a statisztikus ellenőrzés.

Az anyagvizsgálat kivételes szerepet kap azokon a helyeken, ahol a használat közbeni terhelés az alkatrészek tulajdonságait oly mértékben változtathatja meg, ami a további felhasználást veszélyessé teszi.

Az anyagvizsgálat egyre szigorúbb és lehetőleg mindenre kiterjedő ellenőrző és fejlesztést segítő tevékenységgé válik.

Az anyagvizsgálat eszközrendszerének növekvő igénye, nagy változásokat hozott a használandó berendezésekben és további fejlesztésre készíti az anyagvizsgáló berendezéseket tervező és gyártó vállalatokat.

Az anyagvizsgálat szoros kapcsolatban az anyagtudománnyal, az általános és egyre bővülő mérnöki ismeretanyagnak szerves része.



8. ábra. Három fém alakváltozási mechanizmusának a térképe.



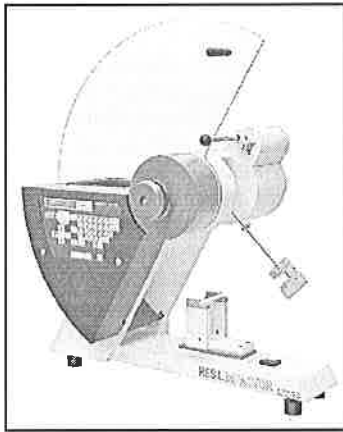
# Műanyagok dinamikus törésmechanikai vizsgálata

Francesco Baldi\*

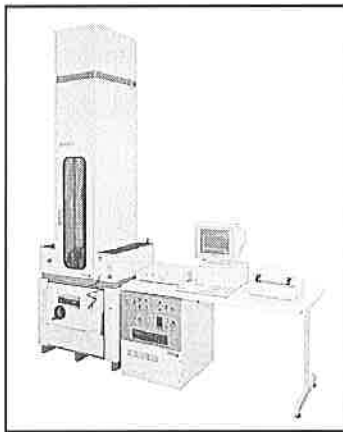
## Bevezetés

A műanyagok valamely nagy terhelési sebességhez tartozó jellegzője különböző vizsgálattal írható le. Ezeket a módszerek azért fejlesztették ki, hogy a tervezéshez megfelelő adatokat kapjanak. Szerepük a folyamatok tanulmányozásában igen jelentős és a kvalitatív elemzéstől a legkorszerűbb törésmechanikai vizsgálatokig terjed.

Az ingás ütőmű bizonyára a világon a legelterjedtebb eszköz az ütővizsgálatokhoz. A Ceast ingás ütőművekkel (1. ábra) Charpy- és Izod-féle ütve hajlító és ütve szakító vizsgálatok is végezhetőek műszerezetten vagy a nélkül széles hőmérséklet-tartományban.



1. ábra. A Ceast Resil Impactor ingás ütőmű



2. ábra. A Ceast Fractovis ejtősúlyos ütőmű

Felfogásunk szerint az ütőgép energiasebessége mindenkor elegendő kell legyen a próbatest (az alkatrész) töréséhez. Ezért az ingás ütőműveknél nagyobb sebességű műszerezett ütővizsgálatokra is szükség van, melyekhez ejtősúlyos berendezéseket kell használnunk, például a késztermékek vizsgálatához. A Ceast ejtősúlyos berendezésekkel (2. ábra) – amely műszerezetten, kéttengelyű ütő-igénybevételre is alkalmas – az ingás ütőművön elvégezhetőekkel azonos vizsgálatok is elvégezhetőek.

A tervezéshez szükséges adatokat szolgáltató vizsgálatok közül azok a legjelentősebbek, amelyek kisméretű próbatestek laboratóriumi vizsgálatával a végfelhasználási állapotra engednek következtetni. Ugyanis számos szerkezeti elem van üzemszerűen ütésnek kitéve. Műanyagból készítik például az autók lökhárítóját, keréktárcsa-védőjét, hátsó ajtáját. Az ilyen alkatrészek tervezésekor, mivel az alakja már meghatározott (pl. a formatervező által), a kérdés az: milyen anyagot válasszunk, amely az ütésnek a legjobban ellenáll? Műanyagok impulzív terhelésviselő képessége is függ – a vizsgálati módszereken kívül – az igénybevétel hőmérsékletétől, sebességétől és a feszültségi állapottól, azaz a próbatest vagy az alkatrész alakjától, méreteitől és az ún. bemetszésektől. És mivel a próbatest (alkatrész) rugalmassága nem az anyag belső tulajdonsága, ezért a vizsgálati adatok összehasonlíthatósága miatt az ütővizsgálatokat szabványok (pl.: ISO 179, ISO 180) szerint kell elvégezni.

Számos minőségi eljárás szolgáltat a tervezéshez információkat az ütővizsgálattal nyert adatok feldolgozásával [1]. Ezek egyike azon a tényen alapul, hogy a műszerezett ütési technológia alkalmas módszer az ütésre adott válasz kiértékelésére. Ezen eljárás szerint a próbatesteken kiértékelt ütési adatok egy K állandó arányossági tényezővel az alkat-

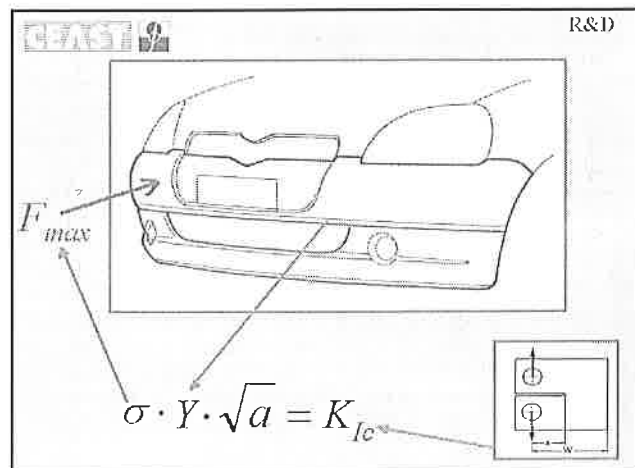
részre is átvihető. A K tényezőt pedig összehasonlító ütővizsgálattal határozzák meg, felhasználva az a tanulmányozandó anyagból készített próbatesteken és alkatrészen elvégzett törésvizsgálattal kapott eredményeket. A K tényező ismeretében a továbbiakban az alkatrész végfelhasználási állapotára a próbatestes vizsgálat alapján tervezési becslést végezhető.

Az említett eljárás nagyon érdekes, de gyakorlatilag a valós alkatrész vizsgálatán alapszik. Helyette, a lineárisan rugalmas törésmechanika legkorszerűbb módszerén alapuló eljárással [4], meghatározhatjuk az anyag törési szívósságát – mint az anyag belső tulajdonságát – jellemző két mennyiséget: a  $K_{IC}$  kritikus feszültségintenzitási tényező értékét és a  $G_{IC}$  fajlagos energia-felszabadulás kritikus értékét. Ez a két mennyiség a leghasználhatóbb adat az alkatrész tervezéséhez.

Az alkalmazott eljárást, amellyel meglehetősen nagy terhelési sebességgel határozzuk meg az anyagok törési szívósságát, a szerkezetek épségével foglalkozó európai társaság, az ESIS (European Structural Integrity Society) TC4 műszaki bizottsága (Technical Committee 4: Polymers, Adhesives and Composites – műanyagok, ragasztók, társított anyagok) fejlesztette ki [2, 3]. Ez az eljárás, 1 m/s ütési sebességgel, ISO szabvánnyá válik.

A WLEFMHR szoftvert a Ceast abból a célból fejlesztette ki, hogy a műszerezett ütővizsgálat eredményei tovább elemezhetőek legyenek, és az elvégzett mérések minősége sokkal jobb legyen. Ez a szoftver a kutatási-fejlesztési ipari osztályok és intézetek számára fontos eszköz a korszerű elemzéshez. A Ceast, amely aktív tagja az ESIS CT4 bizottságának, használta ezt az eljárást műanyagok törési szívósságának meghatározásához tanácsadói minőségében a jellemző alkalmazások kifejlesztése érdekében.

A 3. ábra vázlatosan szemlélteti a  $K_{IC}$  használatát: az ESIS vizsgálati eljárásával meghatározható – laboratóriumi segítséggel – a  $K_{IC}$  (vagy a  $G_{IC}$ ), majd ismerve az alkatrész alakját (geometriáját), feszültségállapotát (az ütőterhelés jellemző támadáspontját) és az alkatrész támaszait, meghatározható (végeeselemes módszerrel) az  $F_{max}$  erő. A  $K_{IC}$  ismeretén alapuló elemzés tekinthető manapság a legkorszerűbbnek, amellyel a műanyag alkatrészek végfelhasználási törési tulajdonságai becsülhetőek.



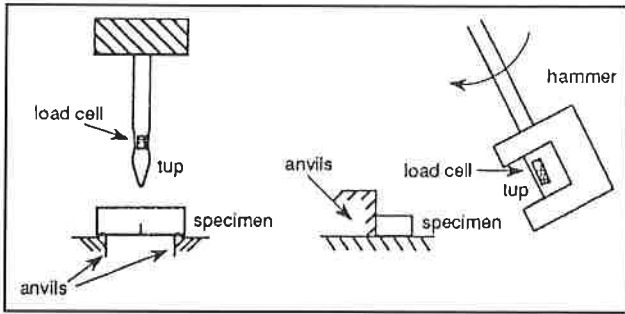
3. ábra. A  $K_{IC}$  alkalmazása a tervezéshez

## Vizsgálóberendezés

A műanyagok törési szívósságának meghatározása érdekében különféle vizsgálatokat kell elvégezni az ESIS-eljárás szerint.

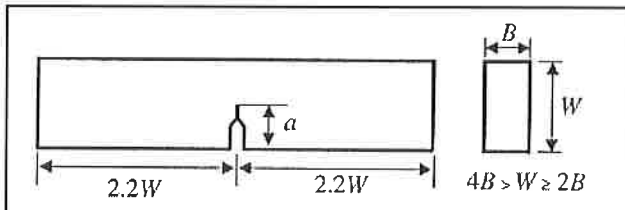
A vizsgálóberendezés ütőgép, mégpedig vagy ingás ütőmű (pl. Ceast Resil Impactor), vagy ejtődárdás ütőmű (pl. Ceast Fractovis).

\* Ceast SpA, Via Airauda 12, 10044 Pianezza (To), Olaszország



4. ábra. Az ütőgépek felszereltsége [5]

Mindkét berendezéssel elvégezhető az ütővizsgálat 1 m/s sebességgel az ESIS-eljárás igényei szerint, de ehhez speciális satut kell felszerelni. A szükséges vizsgálati elrendezés (4. ábra) hasonló a Charpy-féle ütővizsgálathoz. A vizsgálandó próbatestet (5. ábra) hárompontos hajlítópróba (SENB). A használandó vizsgálati eljárás szerint nem lehet eleve meghatározni a próbatest jellemző méreteit; ezek magától az anyagtól függenek, és ezeket az eljárás folyamán oly módon kell módosítani, hogy a következőkben részletezett feltételek teljesüljenek. Ez az oka annak, hogy a vizsgálógépet fel kell szerelni a különböző méretű próbatestek befogására alkalmas satuval.



5. ábra. A használandó SENB próbatest [2]

A törélelemzéshez a próbatesteket be kell metszeni, mégpedig – a szokásos Charpy-vizsgálattól eltérően – nagyon éles, repedésszerű be-metszés szükséges.

A vizsgálóberendezést műszerezett ütőfejjel kell felszerelni. Az ütőfejbe beépített mérőeszköz nyúlásmérő bélyeges vagy piezoelektromos rendszerű, amely a működő erőt folyamatosan méri, ezért mérésadatgyűjtőre is szükség van. Erre a célra fejlesztette ki a Ceast a DAS 8000 típusjelű mérésadatgyűjtő-rendszert (6. ábra), amely az ütési eseményre vonatkozó nyolc jelet 1 MHz frekvenciával szimultán gyűjti. A

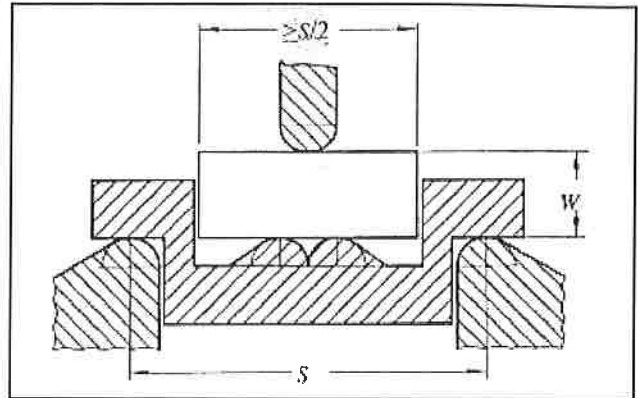


6. ábra. A Ceast DAS 8000 adatgyűjtő rendszere

DAS 8000 rendszert a D8EXTWIN szoftver vezérli, valamint kezeli és elemzi a begyűjtött adatokat, és megjeleníti az  $F = F(t)$  erő-idő görbét. Felhasználva a műszerezett ütés elméleti összefüggéseit [6], számítható az ütési folyamatot jellemző függvények: az ütőtest  $v = v(t)$  sebessége,  $d = d(t)$  elmozdulása, valamint az  $E = E(t)$  elnyelt energia. Ez a szoftver – amely Windows környezetben dolgozik – szolgáltatja az elvégzett vizsgálat eredményeit, de a további vizsgálatokhoz adattárolóként is használható.

Az ESIS-eljárás szerint az anyagra jellemző  $G_C$  vizsgálat közbeni méréséhez egy bemetszeten próbatesten is műszerezett ütővizsgálatot kell végezni, azonos sebességgel, a 7. ábra szerinti elrendezésben. Ennek, az ESIS által energiakorrekciósnak nevezett vizsgálatnak az eredményét ( $U_{COR}$ ) a törési energia kiszámításánál veszik figyelembe.

A pontos értékeléshez az is szükséges, hogy az  $F = F(t)$  görbe ingadozásait korlátozzuk. Az ESIS-eljárás feltételezi a mechanikai csillapítás, a próbatest és az ütőtest közé helyezett, ún. lágy párna alkalmazását, amely lehet vékony kenőcs- vagy nagy viszkozitású zsírréteg.

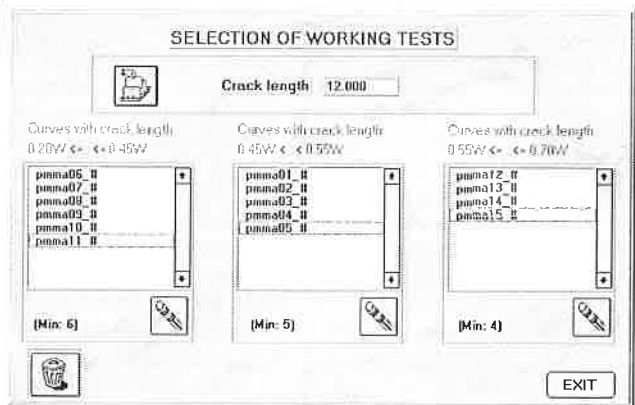


7. ábra. Az energiakorrekciós vizsgálat elrendezése – SENB alakzat [3]

## A WLEFMHR szoftver

Ezt a szoftvert – amely Windows környezetben dolgozik – a Ceast fejlesztette ki az ESIS-eljáráshoz, mégpedig a  $K_{IC}$  kritikus feszültségintenzitási tényező és a  $G_{IC}$  kritikus fajlagos energia-felszabadulás anyagjellemzők meghatározása céljából. A szoftver bemenete az elemzendő anyagra jellemző módon elvégzett műszerezett törésvizsgálat (a következőkben részletezett) sorozat adatai. A kezelő által irányított program kidolgozza az eredményt, és szolgáltatja az anyag törési szívósságára jellemző  $K_{IC}$  és  $G_{IC}$  értékeket.

A szoftver kezeli a paraméter-készletet (a próbatestek méretei, az ütés kezdeti sebessége) és a műszerezett ütővizsgálat közben mért, a D8EXTWIN adattárolós szoftverből nyert adatokat. A WLEFMHR szoftverrel végrehajtott vizsgálatok adatait – az egyszer beadott program szerint – a szoftver értékeli, majd három különböző csoportba osztja az  $a/W$  viszony szerint, ahol  $a$  a próbatest névleges repedéshossza (8. ábra).



8. ábra. A WLEFMHR-be elemzésre bevitt vizsgálati adatok

## A $K_{IC}$ kiértékelése

Az ESIS-eljárás alkalmazása legalább öt ismétlést igényel. Ezeket a vizsgálatokat olyan próbatesteken kell elvégezni, amelyekre fennáll:  $0,45 \leq a/W \leq 0,55$ .

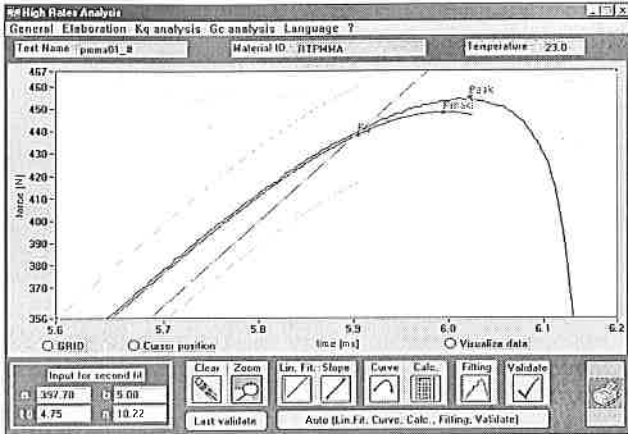
Ezeket a vizsgálatokat egyszer beadva a WLEFMHR szoftver minden egyes vizsgálatból meghatározza az egyezményes törési szívósság  $K_{IC}$  értéket, amelyeket majd felhasznál a  $K_{IC}$  meghatározásához.

Az ESIS-eljárás szerint a  $K_{IC}$  meghatározásának első lépése a függvényillesztés a műszerezett vizsgálat felvett  $F = F(t)$  görbére. Az illesztési függvény:

$$P(t) = a \cdot (t - t_0) - b \cdot (t - t_0)^n \quad (1)$$

ahol  $a$ ,  $b$ ,  $t_0$  és  $n$  (pozitív) illesztési paraméterek.

A 9. ábra mutatja a valós  $F = F(t)$  görbét és a WLEFMHR szoftverrel ráillesztett  $P = P(t)$  függvényt. A görbeillesztés céljából a kezelő az  $F = F(t)$  görbén azonosítja a bekezdő egyenes szakaszt (az ún. Hooke-egyenest – a szerkesztő) és kijelöli annak végpontját az elsődleges



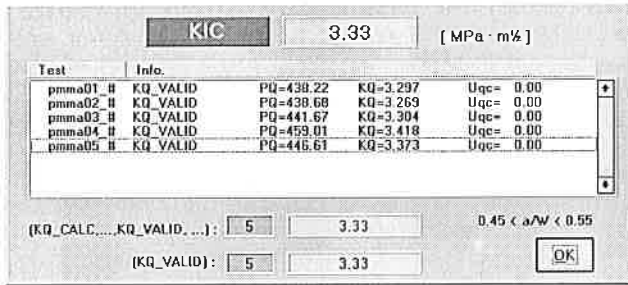
9. ábra. A mért  $F = F(t)$  és az illesztett  $P = P(t)$  görbék a WLEFMHR-ben

illesztés elvégzéséhez. A szoftver kiszámolja a mért értékekre legjobban illeszkedő függvény paramétereit. Az operátor ezeket a paramétereket megváltoztathatja.

A valós görbére illesztett virtuális  $P = P(t)$  függvény csökkenve eltér. A következő lépés a törés kezdetéhez tartozó  $P_Q$  pont kijelölése úgy (a Hook-egyenesnél 5%-kal nagyobb meredekségű egyenessel – a szerkesztő), hogy a hozzárendelhető  $P(t)$  érték ne térjen el jelentősen a valós  $F(t)$  értékétől.

A  $P_Q$  pont szolgál a  $K_Q$  érték meghatározásához, amelyet mint ideiglenes értéket még ellenőrizni kell linearitásra és a méret-követelményekre az ESIS-eljárás szerint. A linearitás azért kell ellenőrizni, hogy igazoljuk: a görbe menete megfelel „az instabilitást megelőzően megindult stabil repedésnövekedésnek”. A méretet pedig azért kell ellenőrizni, hogy igazoljuk: a vizsgált próbatest  $B$  vastagsága elegendő-e a síkbeli alakváltozás állapot kialakulásához, és a  $(W - a)$  érték pedig a túlzó képlékenység elkerüléséhez. Bemenő adatként ellenőrizni kell – az eltört próbatesten mérve – a repedés hosszának valós értékét is. Továbbá, meg kell állapítani egytengelyű húzással az anyag folyáshatárát, mégpedig megfelelő vizsgálattal úgy, hogy a folyás kezdetéig eltelt idő  $\pm 20\%$ -kal térhet el a törés kezdetéig (a  $P_Q$  pont eléréséig) eltelt időtől.

Ha a szükséges feltételek meglétét igazoltuk, akkor a  $K_Q$  értékeket a szoftver  $K_{IC}$  értékeként kezeli és kiszámítja (legalább öt vizsgálat alapján) azok számtani középértékét (10. ábra).



10. ábra. A  $K_{IC}$  kiértékelés a WLEFMHR-ben

### A $G_{IC}$ kiértékelése

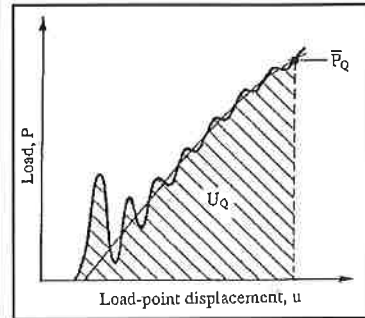
A kiértékeléshez legalább tizenöt érvényes meghatározást kell elvégezni. Ehhez olyan próbatesteket kell megvizsgálni, amelyeknél az eredeti repedés hossza a  $0,20 \leq a/W \leq 0,70$  tartományon belül változik. Ez magába foglalhatja a  $K_{IC}$  kiértékeléshez felhasznált öt próbatestet is. Azt ajánlják, hogy a maradék tíz próbatest közül hatnál az eredeti repedés hossza a  $0,20 \leq a/W \leq 0,45$  értékhatárok között, négyenél pedig  $0,55 \leq a/W \leq 0,70$  között legyen.

Az ESIS-eljárás szerint a  $G_{IC}$  közvetlenül meghatározható a valódi  $U$  törési energiából, amely a terhelés-elmozdulás görbe  $P_Q$  pontjáig integrálással meghatározott  $U_Q$  energia az ún. parazita energiával korrigált értéke. A fajlagos energia-felszabadulás kritikus értéke:

$$G_{IC} = \frac{U}{B \cdot W \cdot \Phi} \quad (2)$$

ahol  $B$  és  $W$  a próbatest 5. ábra szerinti mérete, és  $\Phi$  az energiatényező [4], amely az  $a/W$  viszony függvénye.

A parazita energia, amelyre utaltunk, két csoportra osztható, és számításba vételük módja különböző.

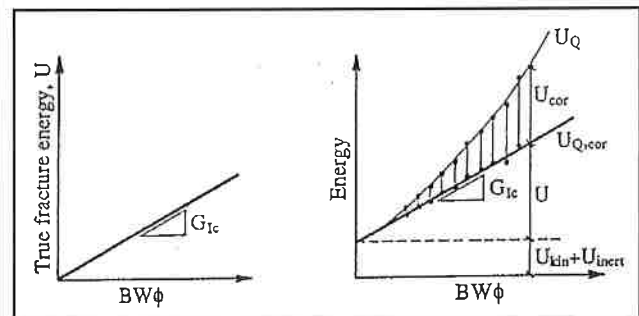


11. ábra. Az  $U_Q$  energia meghatározás az  $F = F(t)$  görbéből [3]

meghatározott érték a hamis  $U_{cor}$  energia. Ennek ismeretében minden egyes próbatestre meghatározható a korrigált  $U_{Q,cor}$  érték a (3) egyenlettel:

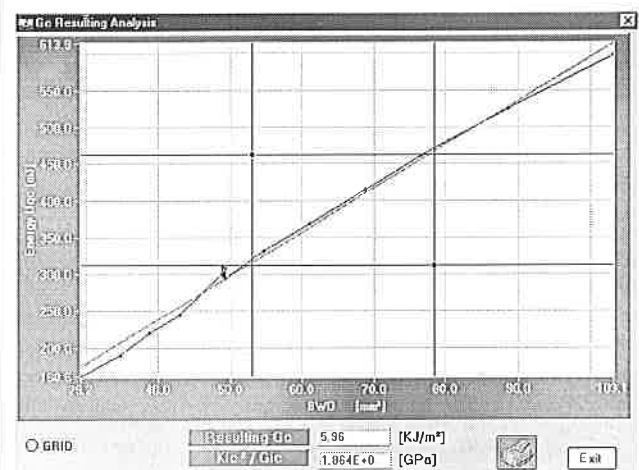
$$U_{Q,cor} = U_Q - U_{cor} \quad (3)$$

A hamis energiák második csoportja, amelyet számításba kell venni, a mozgó próbatest és a gyorsuló próbatest keltette inercia erők kinetikai energiáinak az összege. Ez az energiatöbblet – a vizsgálat-sorozaton belül – állandó, független az egyes próbatestektől és az  $a/W$  aránytól. Az eljárás szerint, a  $G_{IC}$  kiértékelése (a 2. egyenlet szerint) az  $U_{Q,cor} - (BW\Phi)$  egyenes meredeksége (lásd a 12. ábrát).



12. ábra. A  $G_{IC}$  meghatározása az ESIS-eljárás szerint [3]

A WLEFMHR szoftver elvégzi ezt az összetett elemzést, és a  $G_{IC}$  meghatározása céljából előállítja az  $U_{Q,cor} - (BW\Phi)$  egyenest (13. ábra).



13. ábra. A  $G_{IC}$  meghatározása a WLEFMHR szoftverrel



## Következtetések, megjegyzések

G. Charpy 1901-ben publikálta [7] első előadását az anyagok ütővizsgálatáról. Az eltelt száz évben számos kutatási eredmény és tanulmány látott napvilágot a különböző anyagokra. Mint a bevezetőben hangsúlyoztuk, a műanyagok ütővizsgálatával nyert eredményeket számos tényező jelentősen befolyásolja. E tényezők között a vizsgált test geometriájától függő rugalmassága a legfőbb kényszere az ütővizsgálati eredmények tervezési célú felhasználásának. A valós szerkezeti elem különleges külső igénybevétel hatása közbeni viselkedésének tanulmányozásához a mérnököknek az anyag belső, az elem alakjától független, tulajdonságainak (pl. a rugalmassági modulus) ismeretére van szükségük. Az anyag – vonatkozó szabványok szerint meghatározott – rugalmassága nem belső tulajdonsága magának az anyagnak. Hosszú idő óta használják már és nagyon fontos az anyag jellemzésére az ütőszerű terhelés, mivel ez az egyetlen olyan adat a műanyag „azonosító kártyáján”, amely pótolhatatlan az anyagok kiválasztásához és összehasonlításához. Az ütés elemzésén alapuló törésmechanika, amely a WLEFMHR szoftvernek is az alapja, mérnöki eszközt kíván adni a valós szerkezeti elem viselkedésének a megértéséhez. A  $K_{IC}$  vagy a  $G_{IC}$  ismerete a jellemző hőmérsékleten kitölti a rést az anyag rugalmassága és a tervezési adatigény között.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Prof. A. Pavon úrnak (Politecnico di Milano – Milánó – Olaszország) a WLEFMHR szoftver kifejlesztéséhez nyújtott segítségével. Megkülönböztetett tisztelet illeti Dott. M. Grosso urat (ügyvezető igazgató – Ceast SpA, Pianezza (To), Olaszország), hogy bízott az ütés legkorszerűbb fejlesztésében és folyamatosan támogatta

a WLEFMHR szoftver ipari kifejlesztése (ellenőrzés, piacositás) során a Ceast K+F tevékenységét.

## Irodalom

- [1] P. E. Reed: Impact testing of plastics for design. Department of Materials, Queen Mary College, London
- [2] J. G. Williams: KIC and GC at slow speeds for polymers; in Fracture Mechanics Testing Methods for Polymers and Composites, edited by D. R. Moor, A. Pavan, J. G. Williams, published by Elsevier, Oxford (2001), pp. 11–26.
- [3] A. Pavan: Determination of fracture toughness (KIC and GIC) at moderately high loading rates; in Fracture Mechanic Testing Methods for Polymers and Composites, edited by D. R. Moor, A. Pavan, J. G. Williams, published by Elsevier, Oxford (2001), pp. 27–58.
- [4] J. G. Williams: Fracture Mechanics of Polymers, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1984
- [5] A. Pavan, S. Draghi: Further experimental analysis of the dynamic effects occurring in three-point bending fracture testing at moderately high loading rates (1 m/s) and their simulation using an ad hoc mass-spring-dashpot model; in Fracture of Polymers, Composites and Adhesives, edited by J. G. Williams, A. Pavon published by Elsevier, Oxford (200), pp. 347–361
- [6] ISO 179-2:1997, Plastics – Determination of Charpy impact properties – part 2: Instrumented impact test
- [7] G. Charpy: Essay on Metals Impact Bend Test of Notched Bars (reprint from 1901), Pendulum Impact Testing: A Century of Progress, ASTM STP 1830, T. A. Siewert and M. P. Manahan, Sr., Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA (2000), pp. 46–69.

Lektorálta és fordította: Lehofer Kornél

# Növelt szilárdságú hegesztett acél repedésterjedési tulajdonságainak vizsgálata

Csapó Péter\*

*Hegesztett szerkezeteink, azaz a varratok és azok közvetlen környezete tartalmaz bizonyos mennyiségű belső anyagfolytonossági hiányt, mely a törés veszélyét fokozza. Az egyszerűbb törésmechanikai elméletekkel az egytengelyű statikus és fáradásos igénybevételek okozta tönkremeneteleket viszonylag jól tudjuk kezelni. A gondot az okozza, hogy a hibák orientációja véletlenszerű, a terhelés pedig összetett. Ezt a gondolatot folytatva végeztem négyponos, aszimmetrikusan terhelt hegesztett próbatesteken repedésterjedési vizsgálatokat.*

## Bevezetés

Szerkezeteink törési okai még mindig 70–80%-ban kifáradásra vezethetők vissza, annak ellenére, hogy régóta kiemelten vizsgáljuk a jelenséget. Az anyag viselkedését eleinte ismétlődő igénybevétel hatására a Wöhler-görbe alapján meghatározható tartamszilárdsággal és kifáradási határral jellemeztük, majd vizsgáltuk a próbatest feszültségi állapotának (feszültséggyűjtő hely) és a feszültség időbeli lefolyásának ( $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ ) hatását. Számos – időben elhúzódó – méréssel meghatározhatjuk azon biztonsági diagramokat, melyekről elmondható az, hogy ha a szerkezet méretezésénél kiszámított statikus feszültség és a rászuperponált váltakozó feszültség által meghatározott pont a biztonsági terület belsejébe esik, akkor a két feszültség eredője törést még nem okozhat. Hegesztett szerkezeteink, azaz a varratok és azok közvetlen környezete tartalmaz bizonyos mennyiségű belső anyagfolytonossági hiányt, mely a törés veszélyét fokozza. A törésmechanika klasszikus esetben abból indul ki, hogy a repedés vagy az azt valamilyen formában kiváltó ok (diszlokációtörődés, rideg fázis stb.) már eleve megtalálható

az anyagban vagy pedig a gyártás (hegesztés, hőkezelés stb.) illetve az üzemelés alatt keletkezik.

A hegesztett kötésben lévő hibák veszélyességét leegyszerűsítve a lekerekítési sugaruk alapján értékeljük, tehát legveszélyesebbnek a két-méretű, síkszerű hibák, azaz a repedések tekinthetők. Egy adott szerkezet esetén fontos a hibák méretváltozásának (pl. fáradásos repedésterjedés révén) figyelemmel kísérése, a repedésterjedési folyamat megismerése, illetve a repedésterjedési sebesség meghatározása mind az anyagban, mind pedig a hegesztett kötésben. Ezt az is indokolja, hogy a repedések elsősorban a varratban, illetve annak környezetében jelentkeznek. A repedések terjedése a ridegtörés kockázatának jelentős növekedését eredményezi, s így a hegesztett szerkezet statikus és kifáradási tulajdonságait is drasztikusan csökkenti.

A klasszikusnak számító egytengelyű statikus – mint például a „tiszt” húzás, nyomás, hajlítás, csavarás – és fáradásos igénybevételeket, az „egyszerűbb” törésmechanikai elméletekkel viszonylag jól tudjuk kezelni, azaz a méretezéseknél, illetve az élettartambecsléseknél az ilyen igénybevételek nem jelenthetnek problémát [1]. A gondot az okozza, hogy ezen egyszerűbb elméletek egy adott egytengelyű igénybevételi típus mellett rendszerint homogén, izotróp anyagot tételeznek fel, illetve speciális helyzetű repedésekkel, eltérésekkel foglalkoznak, holott a hegesztett kötésekben, illetve azok közvetlen környezetében létrejövő hibák orientációja véletlenszerű, a terhelés pedig többtengelyű, összetett.

A terhelés irányával tetszőleges nagyságú  $\Theta$  szöget bezáró repedés esetére statikus és ciklikus igénybevételekre G. C. Sih bevezette az alakváltozási energiasűrűséget, mely a különböző  $a_j$  együtthatókkal, illetve a  $K_j$  feszültségintenzitási tényezőkkel az alábbi módon írható le:

$$S = a_{11} \cdot K_1^2 + 2a_{12} \cdot K_1 \cdot K_{11} + a_{22} \cdot K_{11}^2 + a_{33} \cdot K_{111}^2$$

Az alakváltozási energiasűrűség tényező (S) a törési szívóssággal

\*hegesztési főmérnök, AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt., H 1211 Budapest, Gyepsor u. 1., H-1751 Budapest Pf.:114, 277-49-01, agmimech@axelero.hu

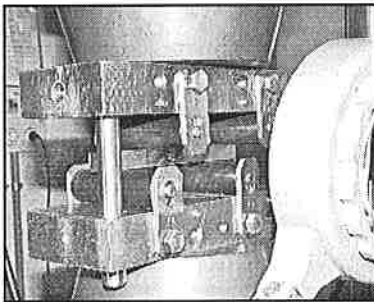
(K) ellentétben a repedésterjedés irányáról (repedés elhajlás), valamint a repedés esetleges elágazásairól is tájékoztat. A Sih által bevezetett ciklikus alakváltozási energiasűrűséggel az alábbi módon határozható meg a repedésterjedés sebessége is [2, 3]:

$$\frac{da}{dN} = B \cdot \Delta S^m$$

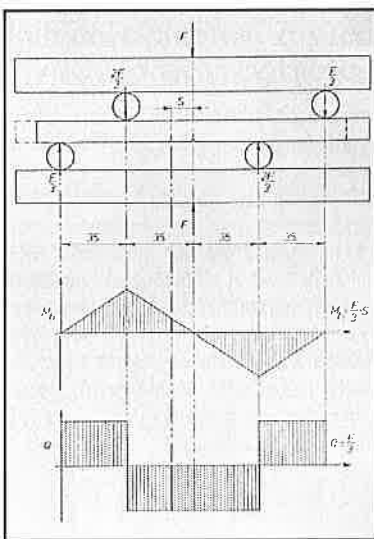
Vizsgálataim során ezen összefüggést felhasználva határoztam meg a repedésterjedés sebességét többtengelyű ciklikus igénybevétel esetére, tekintettel arra, hogy így a valósághoz legközelebb álló eredményt kaphattam.

### Repedésterjedési vizsgálatok

A repedésterjedési vizsgálatokhoz az iparban egyre népszerűbb növelt szilárdságú, hegeszthető, finomszemcsés szerkezeti acélból gyártott lemez (QStE 690 TM, lemezvastagság = 15 mm) tompavarratos kötést használtam, mely fogyóelektródás aktív védőgáz (135) eljárással, 1,2 mm átmérőjű X70 IG huzallal, M21 védőgáz melletti többsoros hegesztéssel készült. Az eljárás az MSZ EN 288-3:1998 számú szabvány által előírt roncsolásmentes, illetve statikus és dinamikus igénybevételű roncsolásos vizsgálatok eredményei alapján megfelelőnek bizonyult.



1. számú fényképfelvétel négypontos aszimmetrikusan terhelt próbatétel vizsgálati elrendezése



1. ábra. A négypontos aszimmetrikusan terhelt próbatétel igénybevételi ábrái

A repedésterjedési vizsgálatok elvégzéséhez az alapanyagból, illetve a varrat vonalára merőlegesen (keresztirányban) a hegesztett kötésből 5 – 5 darab V-bemetszésű próbatestet munkáltunk ki, mely a hegesztés esetén a varrat tengelyébe eső korona oldali bemetszést jelentett. A próbatesteket hárompontos hajlítás alkalmazásával előrepszetttem, majd egy speciális készülék segítségével négypontos aszimmetrikus terhelésű vizsgálat-sort hajtottam végre, öt, különböző aszimmetria-tényezőjű (R = F<sub>min</sub>/F<sub>max</sub> = 0,1-től 0,5-ig) igénybevétellel. A vizsgálati elrendezést mutatja az 1. számú fényképfelvétel.

Az összetett igénybevétel során hajlítás és nyírás, azaz az I. és II. repedéskinyílási mód egyszerre lépett fel (1. ábra).

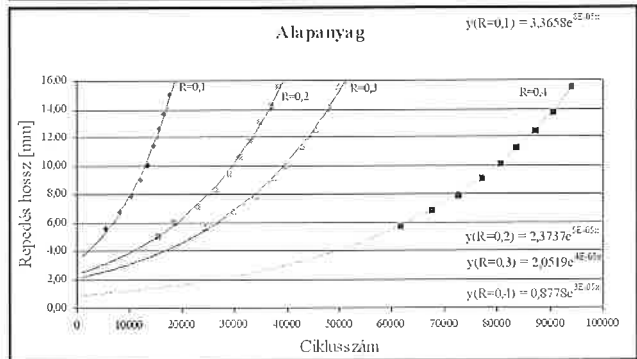
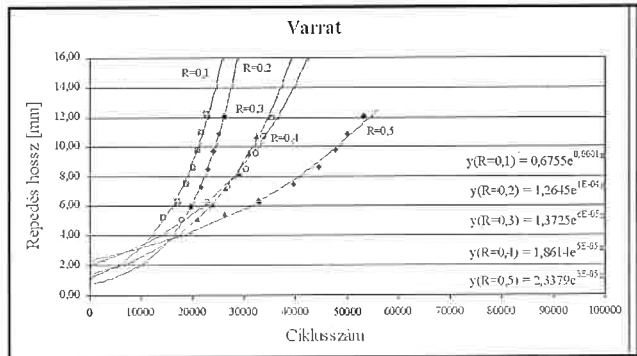
Ezen igénybevételek hatására a repedés terjedése során elhajlik, azaz az aszimmetriát létrehozó kezdeti eltolás (15 mm) értéke és vele együtt a hajlítónyomaték is változik.

### A vizsgálatok eredménye

A Sih-féle repedésterjedési egyenletet logaritmizálva az alábbi összefüggést kapjuk:

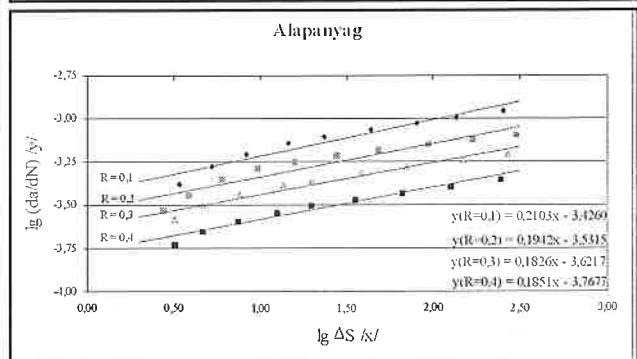
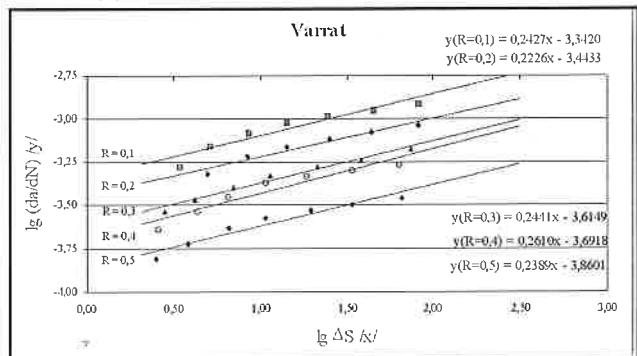
$$\lg(da/dN) = \lg B + m \cdot \lg(\Delta S)$$

A fáradásos vizsgálatok során felvehetőek a repedéshossz-ciklusszám (a – N) görbék, melyekből kitűnik, hogy azonos igénybevétel mellett a varratból kimunkált próbatestekben a repedésterjedés gyorsabb (2. és 3. ábra).



2. és 3. ábra. Repedés terjedése a ciklusszám függvényében különböző aszimmetria tényezők mellett

A görbék egyenletei, illetve a terhelések alapján a  $\Delta S$  ciklikus alakváltozási energiasűrűség tényező értékei számolhatóak, így felvehető az  $\lg(da/dN) - \lg \Delta S$  diagramok (4. és 5. ábra).



4. és 5. ábra. Az alapanyag és a varrat  $\lg(da/dN) - \lg \Delta S$  diagramjai különböző aszimmetria tényezők mellett

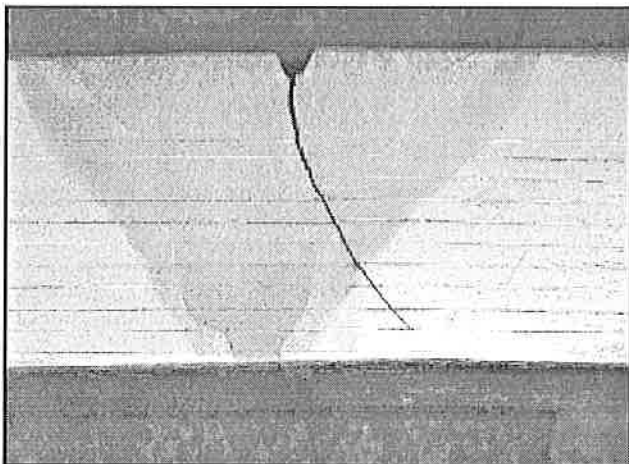
Lineáris regresszióval a Sih-féle egyenlet B és m paraméterei könnyedén meghatározhatók, melyek a következők:

Aszimmetria tényező	Varrat		Alapanyag	
	$B[x10^{-4}]$	m	$B[x10^{-4}]$	m
R = 0,1	4,54	0,243	3,75	0,210
R = 0,2	3,60	0,223	2,94	0,194
R = 0,3	2,49	0,244	2,39	0,183
R = 0,4	2,03	0,261	1,71	0,185
R = 0,5	1,38	0,239	-	-

## Értékelés

A repedés terjedése a varratban gyorsabb, mert míg az alapanyag szövetszerkezete viszonylag homogén, addig a többsoros tompavarrat szövetszerkezetének soronkénti sugaras jellege bizonyos irányitottságot ad a repedésnek, illetve összetett igénybevételnél a repedés elhajlásának. Ez jelentősen megkönnyítheti a repedésterjedést, megnövelve annak sebességét. Ebből az következik, hogy a varrat felépítése, a sorok elrendezése fontos lehet egy fáradásos igénybevételnek kitett szerkezeti elem élettartamát illetően [4].

A varratból kimunkált próbatestek esetén a repedés elhajlása során mindhárom szövetszerkezeti zónán áthaladt (2. és 3. számú fényképfelvétel). Nem mellékes, hogy míg az ömledék sugaras jellegű, tehát a repedésterjedés szempontjából is irányított, addig a hőhatásövezet, illetve az alapanyag homogénebb szerkezetűnek mondható, így a különböző zónákban változik a repedésterjedés sebessége.



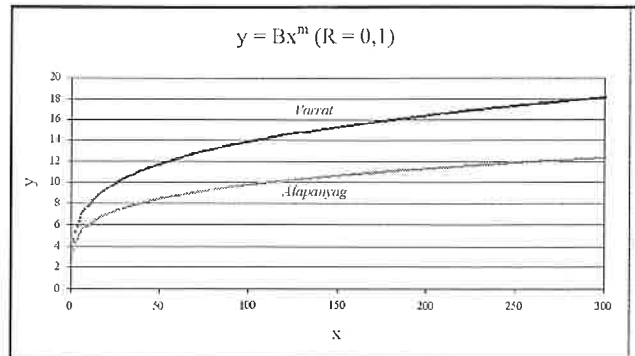
2. és 3. számú fényképfelvétel  
Repedéselhajlás a próbatest makroszkópi képén

A meghatározott Sih-paraméterek az anyagra, illetve a különböző zónákra jellemző adatok, így egy adott terhelési szint mellett összehasonlíthatóvá válnak az egyes repedésterjedési tulajdonságok. Az össze-

hasonlítás legkönnyebben úgy hajtható végre, hogy ha a Sih- egyenletet hatványfüggvényként ábrázoljuk, azaz:

$$y = Bx^m$$

A legkedvezőtlenebb terhelési szinthez (R = 0,1) tartozó B és m paramétereket behelyettesítve a 6. ábrán látható görbéket kapjuk.



6. ábra. Az R=0,1 terhelési szinthez tartozó hatványfüggvény

A görbékkel látható, hogy a varrat repedésterjedés szempontjából sokkal veszélyesebb, mint az alapanyag, így tervezésnél, élettartambecslésnél a varrat tulajdonságai kell hogy mérvadóak legyenek. Ezt az is indokoltá teszi, hogy rendszerint a varratban és környékén találhatók a repedések, illetve a síkszerű hibák.

A legkedvezőtlenebb terhelési szintnél (R = 0,1) az alábbiak szerint alakul az alapanyag és a varrat repedésterjedési sebessége összetett igénybevétel esetén:

Ciklikus alakváltozási energiasűrűség $\Delta S$ [N/mm]	Repedésterjedés sebessége $(da/dN) \times 10^{-4}$	Százalékos eltérés $\frac{(da/dN)_{Varrat}}{(da/dN)_{Alapanyag}} \cdot 100$
10	6,05	7,94 + 31 %
20	7,00	9,40 + 34 %
30	7,62	10,38 + 36 %
40	8,09	11,13 + 38 %
50	8,48	11,75 + 39 %

Az eredményekből kitűnik, hogy jellemző alakváltozási energiasűrűségek mellett a repedés – azonos terhelési szint esetén – a varratban kb. 35%-kal gyorsabban terjed, mint az alapanyagban.

## Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok eredményei azt igazolják, hogy egy szabványos módon megfelelően minősített varrat többtengelyű fáradásos igénybevétel hatására lehet jelentősen rosszabb repedésterjedés szempontjából, mint az alapanyag. Indokolt esetben – a nagyobb biztonság érdekében – a hegesztett szerkezetek élettartambecslésénél a valóságos terhelési viszonyokat leginkább megközelítő (többtengelyű) igénybevételek alkalmazásával szükséges az alapanyag és a varrat repedésterjedési tulajdonságainak összehasonlítása.

## Irodalom

- [1] Blumenauer-Pusch: Műszaki törésmechanika, Budapest 1987.
- [2] G. C. Sih – B. M. Barthelemy: Mixed mode fatigue crack growth predictions, Engineering Fracture Mechanics 1980.
- [3] T. Yokobori. – I. Maekawa – A. T. Yokobori – K. Sato: A new methodology for the study of fracture criterion for the notched or cracked specimen under mixed modes I. and II., Proceedings of an International Symposium on absorbed specific energy and/or strain energy density criterion, Budapest 1980.
- [4] Csapó Péter: Növelt szilárdságú hegesztett acél repedésterjedési tulajdonságainak vizsgálata, BME hegesztő szakmérnöki diplomamunka, Budapest 2001.



# Szakítóvizsgálatok kisméretű próbatesten

Dobi György<sup>1)</sup> – Junghans Éva<sup>2)</sup>

## Bevezetés

Napjaink modern hegesztési technológiáival készített varratok és hőhatásövezeteik igen keskeny méretűek. Az ilyen varratok, varratanyagok szilárdsági jellemzőinek a meghatározása, például szakítóvizsgálattal, nagyon sok nehézséggel jár. Viszont a kötés viselkedésének a számítógépes szimulációjánál a szakítóvizsgálatok eredményeit, illetve magát az alakváltozás–feszültség görbékét közvetlenül felhasználják. Ezért is nagyon fontos a komplett feszültség–nyúlás diagramok regisztrálása. Hiszen keménységméréssel csupán minőségi és nem mennyiségi információkat kaphatunk, amelyekből a különféle tulajdonságok becslése átszámításokkal csak közelítő információk, amelyeket általában nem lehet a véges elemes számításoknál közvetlenül felhasználni. Ebből az következik, hogy szakítóvizsgálatot kell végrehajtani, és pedig kisméretű próbatesten, próbatesteken.

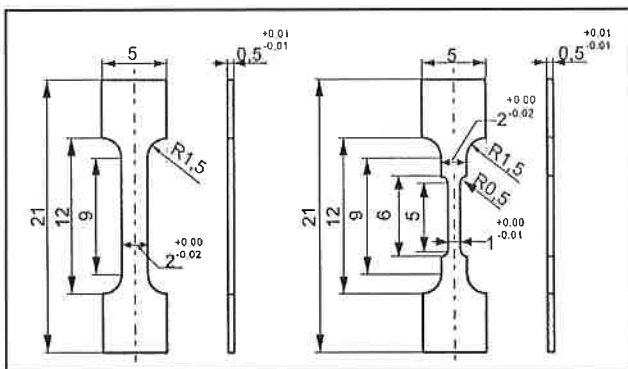
Nem csupán a hegesztett varratok vizsgálatához szükséges kisméretű próbatesteket használni. Ezek nagyon jól használhatók a kárelemek elemzésénél is, hisz ekkor általában nincs elegendő anyag szabványos, nagy próbatestek kimunkálására [1,2]. Az atomerőműi, neutron-sugárzásnak kitett szerkezeti elemek mechanikai tulajdonságainak meghatározása [3,4,5] ugyancsak kedvezőbb kisméretű próbatesteken, mivel egyrészt kevesebb anyagot kell kivenni és megmunkálni, másrészt a próbatest összkativitása kisebb és így nem olyan veszélyes a környezetre.

A tulajdonságokváltozás gradienseinek meghatározására is előnyösen lehet használni az igen kis méretű szakítópróbatesteket, például a hőhatásövezetekben (hegesztett varratoknál), a plattírozott szerkezeteken, vagy a hőkezelt daraboknál, ahol a tulajdonságok a felülettől a darab közepéig változnak (pl. felületi hőkezeléseknél, mint cementálás, nitridálás stb.).

## Minipróbatestek, a próbatestek kivágása és vizsgálata

Az 1. ábra két különböző típusú minipróbatest jellemző méreteit szemlélteti [1,2]. Többnyire az első típusút használják, amelynek fő méretei a következők: szélessége 2 mm, vastagsága 0,5 mm, hossza pedig 21 mm. A második típusú minipróbatest szélessége és vastagsága is kisebb. Mindkettőnél a vastagság kismértékben változhat, de figyelni kell az elvékonyodás okozta megmunkálási és vizsgálati problémákra.

Hogy honnan vesszük, honnan vágjuk ki a minipróbatesteket az attól



1. ábra

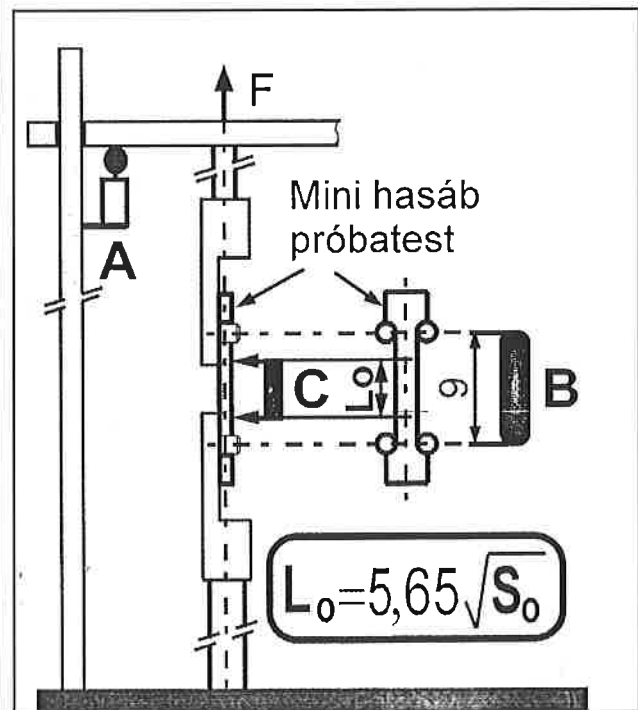
1) Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Németország  
2) TÜV-Nord, Hamburg, Németország

függ, hogy mi a feladatunk és hogy mit szeretnénk meghatározni. Ezeket majd példákkal fogjuk illusztrálni.

A próbatestek kicsiny méretei miatt vizsgálati problémák léphetnek fel. Az első nehézség a próbatest befogása. Sokféle módszert elemeztek, amelyek jobb és rosszabb tapasztalatokkal jártak. Eleinte a próbatesteket fejben szorították meg. Ennek nagy hátránya abban volt, hogy csavarás–hajlítás veszélye lépett fel amikor a szorítócsavarokat meghúzták.

Később a próbatesteket nyakban akasztották fel olyan befogófejbe, amelybe a próbatest geometriáját szikraforgácsolással munkálták bele. Ezen módszernek a hátránya az, hogy a próbatestek befogófejének kimunkálásakor igen kis méret- és alakúréseket kellett előírni. E tény igen megdrágította a próbatestek előállítását. Az újabb módszer a próbatestek négy szegecsen felakasztott befogása. Ezen változat leglényegesebb előny az, hogy a próbatest befogása egyszerű és gyors. Ami e változatnál nagyon fontos, sok hely van a vizsgálatnál alkalmazott mérőeszközök elhelyezésére.

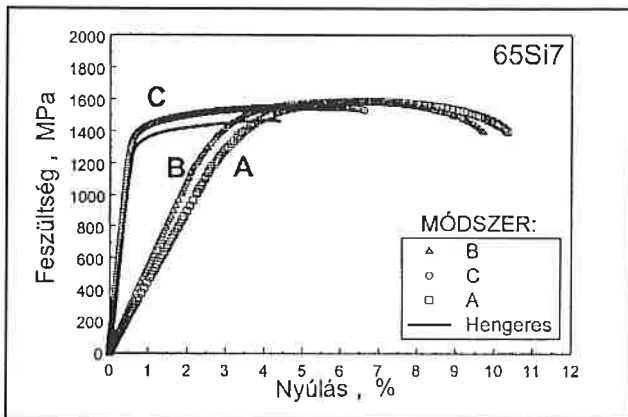
A második nehézség a nyúlásmérési módszer pontossága. A 2. ábra a négy szegecsekre felakasztással befogott minipróbatestet szemlélteti és bemutatja A, B és C jelzéssel a nyúlásmérés lehetőségeit [6,7]. Az A lehetőség a szakítógép keresztfejének elmozdulásával mérni a nyúlást a próbatesttől távolabb. A B-vel jelzett lehetőség az, hogy a nyúlásmérő



2. ábra

eszközt a próbatest befogójába szereljük be, és így a mérés a próbatesthez közelebb valósul meg [8]. A C-vel jelölt módszer az ún. közvetlen nyúlásmérés a próbatesten, mégpedig a próbatest felületére erősített speciális nyúlásmérő eszközzel. Így szabványos méréseket tudunk végezni [9], és betartjuk az  $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$  követelményt, ahol az  $S_0$  a próbatest vizsgálat előtti keresztmetszete.

Néhány vizsgálati eredmény a 3. ábrán látható. Összehasonlítás érdekében feltüntettük a hengeres szakítópróbatesten kapott diagramot is, amikor a nyúlást közvetlenül a próbatesten mértük. Nagyon jól láthatók a különbségek. A C típusú mérés gyakorlatilag egybeesik a szabványos, ún. nagyméretű próbatesten mért eredményekkel. A másik két mérés-



3. ábra

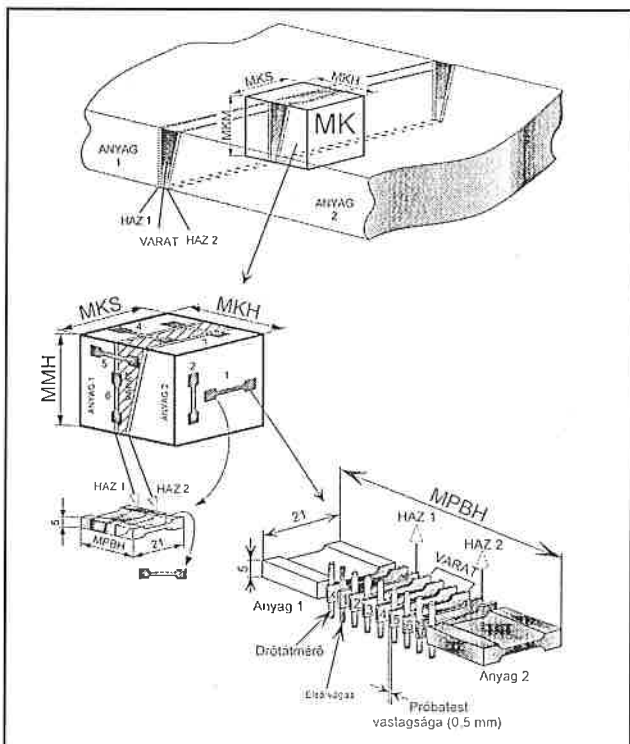
technika (A és B) jelentősen eltérő adatokat szolgáltat a szabványos hengeres próbatesten mértekhez képest. Az eltérések jellegéből az következik, hogy az A és B technikával a kisméretű próbatesteken mért rugalmassági modulus számottevően kisebb, mint a szabványos próbatesteken mért érték. Tehát a bemutatott C nyúlásmérési technikával korrekt eredményeket nyerhetünk.

## Példák és vizsgálati lehetőségek

### A hegesztési varratok vizsgálata

A hegesztés technológiája, a varrat geometriája, az anyag vastagsága együttesen hatnak a kötés tulajdonságaira, teherbíráására. Ezeket, mint kiinduló adatokat kell figyelembe venni a vizsgálandó próbatestek geometriájának és vizsgálati technikájának tervezésénél. Ha nincs elegendő anyag a szabványos próbatestek kimunkálására, akkor kisméretű próbatesteket kell alkalmazni. A 4. ábra olyan vizsgálati lehetőséget szemléltet, amikor két anyagból összehegesztett darabot kell megvizsgálni, [6,7].

A két különféle, vagy a két azonos anyagból összehegesztett szalagból a pontosan meghatározott helyről egy ún. minihasáb (MK) vágunk ki, 4a. ábra, amelynek méretei meghatározottak: magassága (MKM) – ez lehet akár a szalag vastagsága is –, a szélessége (MKS) és



4. ábra

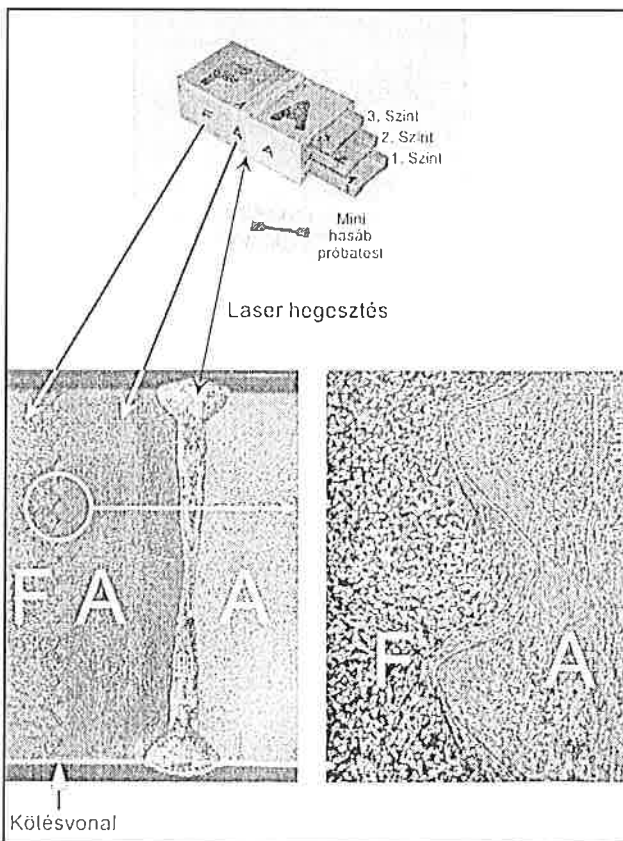
a hossza (MKH). A hasáb kimunkálásának pozíciója nagyon fontos, mert a rajta mért tulajdonságok csak ezen keresztül köthetők magához a szalaghoz. Egy ilyen minihasáb maratással meghatározható a varrat helye és megmérhető a varrat és a hőhatásövezet szélessége a korona és gyökoldalon. Ennek ismeretében a 4b. ábra szerint kijelölhető a szilárdsági tulajdonságok meghatározásának kívánt iránya, amely mentén szikraforgácsolással kimunkálható a minipróbatestek blokkja (MPBH). Ennek hossza megegyezik a minihasáb hosszával. A ábrán bemutatott példa az 1 jelű irányú próbatestek kimunkálását ábrázolja.

Az első próbatest kivágásának helye megegyezik azon helyvel, ahol a tulajdonságokra kíváncsiak vagyunk, pl. a varrat közepe. Természetesen a kivágás iránya is nagyon fontos, aszerint, hogy pl. a hossz- vagy a keresztirányú jellemzőket kívánjuk-e meghatározni. A 4c. ábra szemlélteti a minipróbatest-blokk ún. „szalámszerű” darabolásának egyes lépéseit. Nagyon fontos, hogy milyen húzalátmérővel dolgozunk a szikraforgácsolás során, mert ettől függ hogy milyen közelről kerül ki egymás mellől két minipróbatest, azaz a tulajdonságok milyen gradienst lehet meghatározni. Ugyancsak nagyon fontos betartani a szikraforgácsolás technológiai paramétereit. Ezeket úgy kell megválasztani, hogy azok ne legyenek hatással a vizsgálati eredményekre, azaz a felület égése ne következzen be, esetleges felhevülése ne okozzon szövetszerkezeti változásokat stb. Az így kimunkált minipróbatestek felületeit finom köszörüléssel vagy pedig polírozással (elektorpolírozás) munkájuk meg és készítsük elő a vizsgálathoz.

A leírt folyamatok kisebb-nagyobb eltérésekkel azonosak, bármilyen típusú minipróbatest elkészítésekor. Kihangsúlyozandó, hogy a pontos és reprodukálható eredmények érdekében a technológia betartásával nagyon gondosan kell a minipróbatesteket kimunkálni és a vizsgálathoz előkészíteni.

### Robbantásos hegesztéssel előállított plattírozott réteg

Minipróbatestekkel ellenőrizhető és értékelhető a plattírozás minősége, és a réteg tulajdonságainak gradiense is meghatározható. A plattírozást többnyire vastag falú nyomástartó edényeknél használják, azaz a néhány milliméternyi rozsdamentes acélt (ausztenit) vastag falú, ferrites (ferrit-perlites) acélra plattírozzák. Ebből adódóan a kötés kör-



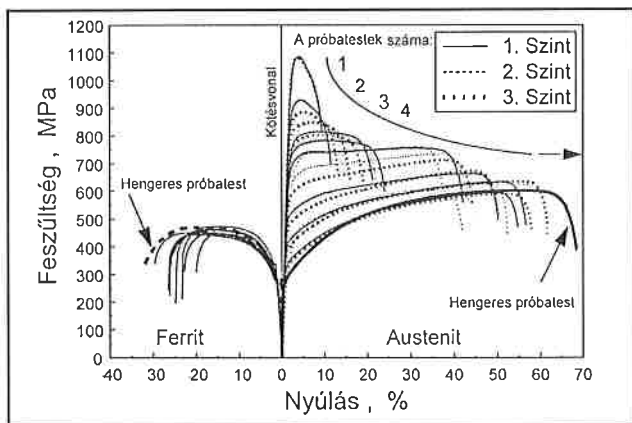
5. ábra

nyezete jelentősen eltérő tulajdonságú lesz. A relatíve kicsiny vastagság miatt a plattírozott réteg tulajdonságai nagyon fontosak, mert ezen réteg van kitéve a legintenzívebb terhelésnek (hőmérséklet-változás, besugárzás, kémiai hatás stb.). A minipróbatetekeken végzett vizsgálatok lehetővé teszik a plattírozás technológiai paramétereinek optimalizálását, az előállított plattírozott réteg tulajdonság-gradienseinek a meghatározását.

Egy ilyen példát szemléltet az 5a. ábra. A 20 mm vastag ferrites (F) acélra robbantásos hegesztéssel 5 mm vastag rozsdamentes, auszteni-tes acél (A) van felhegesztve [10]. A vizsgálatok érdekében az A oldalra ugyan olyan minőségű A acél van lézer-hegesztéssel ráhegesztve. Erre azért van szükség, hogy a törésmechanikai vizsgálatokat is el lehessen végezni hajlító-próbatetekeken, és pedig a plattírozott rétegben és a varrat kötővonalán is. A robbantásos hegesztés alakját és jellegzetes szövetszerkezetét az 5b. és az 5c. ábra mutatja. A varrat kötővonalára nem egy egyenes vonal, hanem hullámos a robbantási hullámok irányában. Szépen lehet látni a plattírozott réteg (auszteni-tes acél) szemcséinek deformálódását. A legnagyobb deformációk a kötővonalon vannak. Az auszteni-tes rétegben, annak kisebb folyáshatára miatt, a deformációk nagyobbak és mélyebbek, mint a ferrites acélban. Ezen különbségek nyilvánvalóan jelentkeznek majd a tulajdonságok gradienseiben is (a keménységi, a szilárdsági és a hőtani tulajdonságokban).

Egy ilyen módon elkészített lemezből minihaszábot vágunk ki. Méreteit az 5a. ábra mutatja. A miniblokkból, annak három különféle rétegből minipróbatetest-blokkokat munkáltunk ki. Minden réteg egy vizsgálat-sorozatot ábrázol. A sorozatok közötti különbség abban van, hogy a kivágott próbateteknek a varrat kötővonalától mért távolsága változott. Az első sorozatnál a minipróbatetest közepe (a minipróbatetest vastagságának a fele) a varrat kötővonalán volt. A következő két rétegnél pedig a minipróbatetest közepe a kötővonalától távolodott. A vizsgálati eredményeket, a feszültség-alakváltozási diagramokat a 6. ábra szemlélteti.

A kötés auszteni-tes felén a gradiens hatások nagyon jól láthatók, hisz a varrat kötővonalának környékén a szakítószilárdság eléri az alapanyagon mért érték kétszeresét is. Minél messzebb voltak a próbatetek a varrat kötővonalától, annál kisebb a szakítószilárdság és annál nagyobb az alakváltozás. A ferrites részen ezen hatás nem tapasztalható. Mindkét alapanyagon nagyméretű hengeres próbatetekkel is elvégeztük a szakítóvizsgálatokat. Ezek eredményeit is berajoltuk a 6. ábrába (hengeres próbatest).



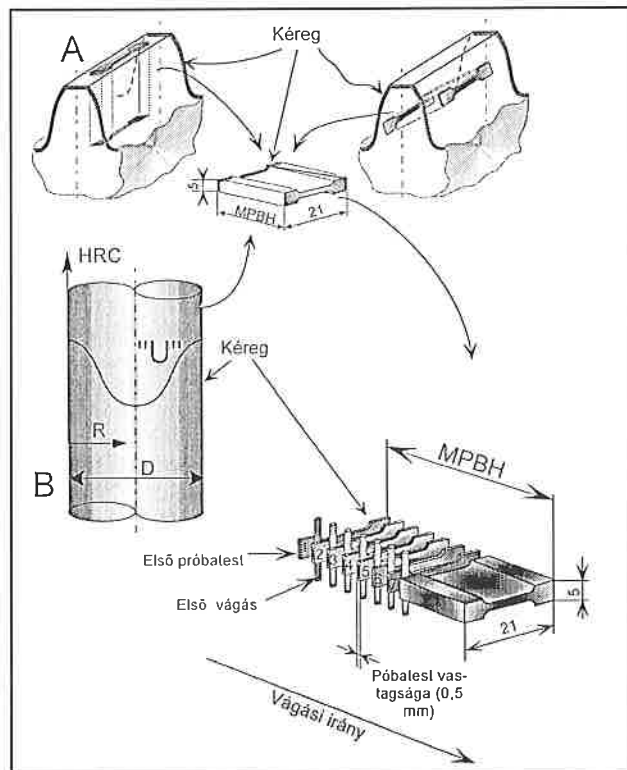
6. ábra

### Felületkezelt fogaskerek és alkatrészek vizsgálata

A minipróbatetes vizsgálati módszer alkalmas a felületkezelt fogaskerek és alkatrészek mechanikai tulajdonságai gradienseinek a meghatározására is. Ugyanis a cementált, nitridált, illetve a felületi réteg összetételét módosító különféle technológiákkal kezelt és hőkezelt anyagok tulajdonságai rendkívül eltérnek a felületen és az anyag belsejében. Általában a nagyobb keménység a darab felületén mérhető. A felülettől mért távolság függvényében általában a keménység csökken. Keménységmérésekkel e változás viszonylag egyszerűen és gyorsan meghatározható, ám az ún. keménység-lefutás önmagában csupán egyetlen információ, amelyet semmiképpen nem lehet felhasználni a vége-seleemes szilárdsági számításoknál. Tehát itt is szükségünk van a

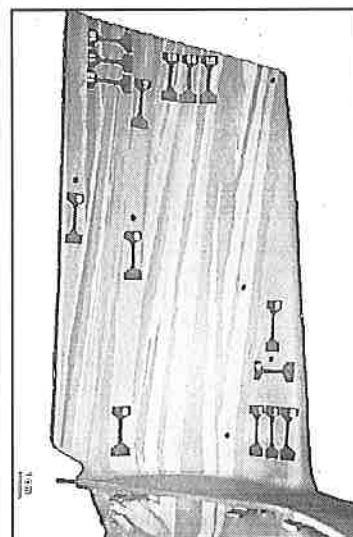
feszültség-alakváltozás görbékre, a szakítóvizsgálatokra. Minipróbatetek felhasználásával, ha a rasztert változtatni tudjuk (hasonlóan mint a plattírozott próbadarabon), akkor nagyon jól lehet a szakítóvizsgálattal mért tulajdonságok gradiensét meghatározni. Ebben az esetben a feszültség-alakváltozás görbék meghatározhatók és ezek a vége-seleemes számításoknál felhasználhatók. (Megjegyzés: de a számításnál nem hagyhatjuk figyelmen kívül a felületkezelés hatására visszamaradó feszültségek szerepét sem – a szerkesztő.)

Azonos módon járhatunk el, ha például egy hőkezelt, henger alakú alkatrész sugárirányú tulajdonság-változását kell a vége-seleemes módszerrel figyelembe vennünk. Ilyenkor sem elegendő az átédzhetőség vizsgálatnál szokásos, keménységméréssel felvehető ún. U görbe ismerete, hanem mini-szakítópróbatetes módszert kell alkalmaznunk.



7. ábra

A minipróbatetek kimunkálásának rendjét a felületkezelt fogaskerekre a 7. ábra A részlete, míg a hőkezelt alkatrész esetére a 7. ábra B részlete szemlélteti. A kéregből kivágott minipróbatetest, praktikusán az első próbatestet, majd pedig



8. ábra

annyi próbatestet vágunk ki a minipróbatetest-blokkból, ahány szükséges ahhoz, hogy az alkatrész magjáig meghatározhassuk az anyag tulajdonságait. Meg kell jegyezni, hogy a termokémiai kezelés (cementálás, nitridálás, boridálás stb.) elridegíti a feletti réteget. Ezért a minitavételt, a minipróbatetek megmunkálását és a vizsgálatot erre figyelemmel óvatosan kell elvégezni.

### Egykristályos turbinalapátok vizsgálata

Kisméretű próbatetekkel bő információkat lehet nyerni az egykristályos forgórész-la-



# VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

pátok tulajdonságairól is. A 8. ábrán jól láthatók az irányítottan dermedt egykristályok és azok különböző helyeiről kivágni tervezett próbatetek. Ez a módszer lehetővé teszi egyetlen darab felhasználásával a komplett tulajdonságok meghatározását. Ha a vizsgálatokat szobahőmérsékleten végzik, akkor az előbb leírt módszerek alkalmazhatók. A pontosság, megbízhatóság miatt javasolt a 7. ábra kapcsán leírt módszerek alkalmazása. Ha pedig növelt hőmérsékleten kell például a kúszási tulajdonságokat vizsgálni, akkor más módszerek alkalmazása is indokolt lehet. A [11] munkában pl. a kúszásvizsgálatok eredményeit mutatják be. Ebben az esetben a 4. ábra kapcsán bemutatott vizsgálati technikát alkalmazták.

## Összefoglalás

Minipróbatetek felhasználásával sok problémát lehet kiküszöbölni az anyagok tulajdonságainak meghatározásánál. A terhelés hatására bekövetkező megnyúlást valódi próbatesten lehet korrekten, megbízhatóan mérni. Ilyen lehetséges módszereket ismertettünk cikkünkben, rámutatva azok előnyeire és hátrányaira is.

Példákkal illusztráltuk, hogy a minipróbatetekeken végzett vizsgálatokkal nyerhető információk lehetővé teszik azt, hogy a végeeselemes számításokkal minél jobban megközelítsük a valóságot, és ezzel tudatos technológiatervezést valósítsunk meg, növelve ezzel a szerkezetek megbízhatóságát.

## Irodalom

[1] Klausnitzer, E., Abmann, H.D., Papouschek, F.: Bestimmung von Werkstoffkennwerten mit Proben kleiner Abmessungen und deren Anwendbarkeit (Determination of mechanical properties with small sized specimens and their application). Werkstoffprüfung 1985, 3. Dezember 1985, Bad Nauheim, S. 409-416.

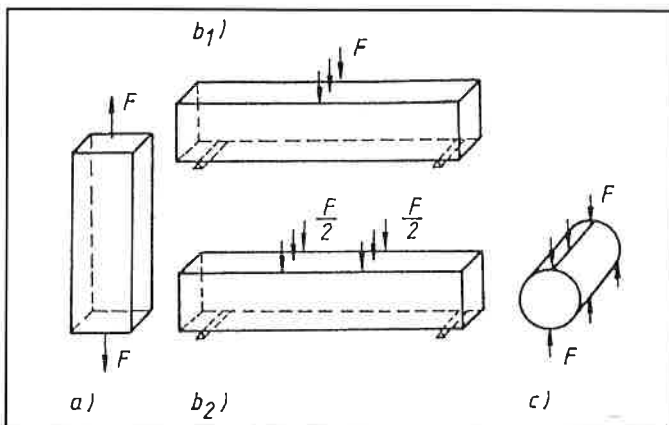
- [2] Klausnitzer, E.: Micro-Specimens for Mechanical Testing, Materialprüfung 33(1991), Heft 5, S.132-134.
- [3] Kohyama, A., Hamada, K., Matsui, H.: Specimen Size Effect on Tensile Properties of Neutronirradiated Steels, Journal of Nuclear Materials, 179-181(1991), pp.417-420.
- [4] Panayotou, N.F., Puigh, R.J., Opperman, E.K.: Miniature Specimen Tensile Data for High Energy Neutron Source Experiments, Journal of Nuclear Materials, 103-104(1981), pp.1523-1526.
- [5] Byun, T.S., Kim, J.H., Chi, S.H., Hong, J.H.: Effect of Specimen Thickness on the Tensile Deformation Properties of SA508 C1.3 Reactor Pressure Vessel Steels, in Small Specimen Test Techniques, ASTM STP 1329, (W.R. Corwin, S.T. Rosinski, E. van Walle, Eds), ASTM 1998, pp.575-587.
- [6] Dobi, D., Junghans, E.: Miniflachzugproben prüfen - richtige Probenentnahme und zuverlässige Prüfverfahren (Testing of mini flat tensile specimens - correct specimen extraction and accurate testing methods), Materialprüfung, Jahrg. 41 (1999)11-12, pp. 445-450.
- [7] Dobi, D., Junghans, E.: Determination of the Properties of Specimens with Small Dimensions, Kovine, Zlilne, Tehnologije (Metals, Alloys, Technology), 33(1999)6, pp. 451-457.
- [8] Dobi, D., Junghans, E.: Mechanische Eigenschaften von Schweißnähten, ermittelt an Miniflachzugproben (Mechanical properties of welded joints, determined with mini flat tensile specimens), Werkstoffprüfung 1996, 5. und 6. Dezember 1996, Bad Nauheim, S. 561-570.
- [9] Dobi, D., Junghans, E.: Vorrichtung zur Erfassung einer Dehnung insbesondere kleiner Proben (Device for measuring elongation especially on small specimens), Patent DE - 197 44 104, Deutsches Patentamt, 1999; Patent SI-9800255, Patentamt der Republik Slowenien, 1999; AZ 1998 1983/98, AD 30.09.1998 Patentanmeldung Schweiz.
- [10] Keydel, T.: Bruchmechanische Bewertung explosionsgeschweißter Stähle (Fracture mechanical assessment of explosive cladded joints)", Diplomarbeit Universität Rostock, Rostock 1995.
- [11] Kolbe, M., Murken, J., Pistolek, D., Eggeler, G., Klam, H.-J.: Direct Assessment of the Creep Strength of DS Cast Turbine Blades Using Miniature Creep Specimens, Mat.-wiss. u. Werkstofftech. 30(1999), 11, S.465-472.

# Új vizsgálati módszerek betonkutatóásaim során [1]

Balázs György

## A beton húzószilárdságának vizsgálata (2)

A beton húzószilárdságának vizsgálatára alapvetően háromféle vizsgálati mód terjedt el (1. ábra). A rutinvizsgálatokhoz használják Európában a hajlítóvizsgálatot, a betongerendát központos (1b<sub>1</sub> ábra), illetve harmadpontos (1b<sub>2</sub> ábra) teherrel terhelve. Amerikában terjedt el a hasító-húzóvizsgálat (1c ábra). Amióta a betonból a henger alakú, ún. magmintát ki tudjuk fúrni, azóta útbetonok, repülőtéri betonburkolatok, ipari betonpadozatok, monolit térburkolatok húzószilárdsága meghatározásának egyedüli vizsgálati módszere. Nagy előnye, hogy a megépített szerkezet betonját lehet így minősíteni, míg a hajlítóvizsgálatnál külön készítik a próbatestet és külön a szerkezetet. Utó-



1. ábra. A húzóvizsgálatok elvi vázlatai [2]:

a) központos húzás; b<sub>1</sub>) hajlítóvizsgálat központos teherrel;

b<sub>2</sub>) hajlítóvizsgálat harmadpontos teherrel; c) hasítóvizsgálat hengeren

Forrás mű	Laboratórium neve	A próbatest megfogása, vizsgált részének alakja és méretei	A megfogó berendezés részletei
RILEM Bulletin, 1963	Department of Scientific and Industrial Research Road Research Laboratory Harmondsworth (Middx) G.B.	Betonzott acél $\varnothing$ 10/15 cm-es henger	Próbatest
RILEM Bulletin, 1963	Politecnica di Milano Istituto di Scienza delle Costruzioni, Milano (Italia)	Betonzott acél 10x10x25 cm méretű hasáb	14 cm
RILEM Bulletin, 1963	Building Research Institute, Tokyo (Japan)	Betonzott acél $\varnothing$ 15/45 henger	650 mm Csapok
RILEM Bulletin, 1963	Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción Madrid (Espagne)	Betonzott acél $\varnothing$ 15 henger	Csukló Csukló Beton
RILEM Bulletin, 1963	Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbonne (Portugal)	Betonzott acél $\varnothing$ 10,4/20 cm henger	10 cm 20 cm 10 cm Horgok Beton Horgok 20 cm
RILEM Bulletin, 1963	Kalk-og Teglværks-laboratoriet, Aarhus	Ragasztás $\varnothing$ 3,5 cm henger	3
RILEM Bulletin, 1963	C.S.I.R.O. - Division of Building Research Hightit (Vict.) (Australia)	Ragasztás $\varnothing$ 7,5/15 cm henger	

2. ábra. A húzó-próbatetek alakja, mérete és megfogása [2]

\*Akadémiai doktor, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Forrás mű	Laboratóriuma neve	A próbatest megfogása, vizsgáló részének alakja és méretei	A megfogó berendezés részletei
RILEM Bulletin, 1963	Italcementi, Bergamo (Itália)	Csonkakúp $\varnothing 11,4$ cm henger $L=50$ cm	
RILEM Bulletin, 1963	Istituto Sperimentale Stradale del T.C.I. Milano (Italia)	Kiszélesített hasáb $14 \times 14 \times 30$ cm-es hasáb	
RILEM Bulletin, 1963	Building Research Station Garston (G.B.)	Csonkakúp $\varnothing 7,5/15$ cm henger	
RILEM Bulletin, 1963	Université de Liège-Faculté des Sciences Appl. Institut du Génie Civil, Liège (Belgique)	Ragasztás $100$ cm <sup>2</sup> keresztmetszet, ill. $\varnothing 15/30$ cm henger	
RILEM Bulletin, 1963	Università di Napoli-Instituto di Technica delle Costruzioni, Napoli (Italia)	Kiszélesített hasáb $7 \times 7 \times L$ cm hasáb	
Kasznovszkij, Krol, Sevcova, 1968		Bebetonozott fémgyűrűkhöz csuklós kapcsoló $\varnothing 15/500$ henger	
Pellier, 1961	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Paris	Bebetonozott acélrúd $\varnothing 18/36$ cm	
Mirimanov 1962	TNSZGFI, Moszkva	Kúposan kialakított fej szorító fogása $\varnothing 113/550$ henger	
Komlós	USTARCH Bratislava		
RILEM Bulletin, 1963	C.E.B.T.P. Paris (France)	Ragasztás $7 \times 7 \times 28$ cm hasáb, ill. $\varnothing 16/30$ cm henger	
RILEM Bulletin, 1963	Materialprüfungsamt für das Bauwesen an der Technischen Hochschule München (R.F.A.)	Ragasztás $8,9 \times 15 \times 30$ cm hasáb	
RILEM Bulletin, 1963	Portland Cement Association-Research and Development Div. Skokie (Ill.) USA	Ragasztás $\varnothing 15/30$ cm henger	
Speita, Kadlecek, 1966	Stavební ústav CVUT Praha	Ragasztás A próbatest hasáb, vagy henger	
Boretti, 1959	Varsói Műegyetem Vízépítési Tagozata, Építési Tanszéke		
Hughes, Chapman, 1965	Department of Civil Engineering University of Birmingham, England	Ragasztás, négyszekszlet, $30,5$ cm hosszú	

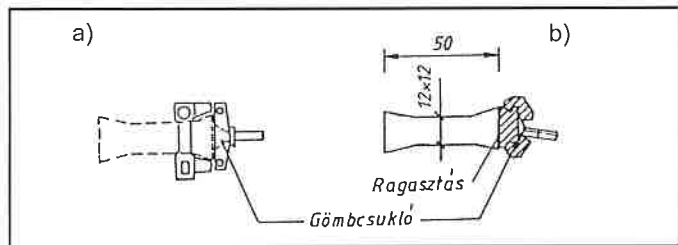
2. ábra. A húzó-próbatestek alakja, mérete és megfogása [2]

bi vizsgálat elsősorban annak a megítélésére jó, hogy az előírt betont készítették-e el.

Utóljára hagytam a központos húzóvizsgálatot (1a ábra), amely rutinvizsgálatokra alkalmatlan, mégis megkerülhetetlen, mert a beton húzási (szilárdsági, pl. határfeszültség) és alakváltozási jellemzőit (pl. rugalmas vagy rugalmas-keplékeny) ebből a vizsgálatból származtatják le. A vizsgálat azonban nehéz, amit az is szemléltet, hogy erre nincs szabványos vizsgálat. 1973-ig a 2. ábrán feltüntetett próbatesteket, vizsgálati módokat használták. Hazánkban csak én foglalkoztam a beton központos húzóvizsgálatával.

A problémát az okozza, hogy egyrészt nehéz a központos húzást megvalósítani, másrészt a betont magunk készítjük és az anyagi középpont, valamint a geometriai középpont ritkán esik egybe. Utóbbira magyarázat: Ha a hasábot álló helyzetben betonozzuk, akkor ugyan az anyagi és a geometriai középpont valószínűleg egybeesik, de a beton bedolgozásával felfelé haladva csökken a beton szilárdsága. Ha a hasábot fekvő helyzetben készítjük, akkor a beton tömörsége alulról felfelé haladva csökken. Mégis úgy ítéltük meg, hogy igen gondos tömörítés esetén a fekvő helyzetben betonozással érünk el jobb eredményt.

Az új vizsgálati mód kialakítása során piskóta alakú próbatesteket készítettünk fekvő helyzetben. A húzóvizsgálathoz a 3. ábra szerinti, kétféle megfogó szerkezetet készítettünk. Mindegyiknek fő eleme a gömbcsukló. A 3a ábra szerinti megfogó szerkezet központosan beáll – ezt többször használtuk –, a 3b szerinti – ritkábban használtuk – megfogó szerkezetet a próbatesthez ragasztottuk. Csak azokat az eredményeket fogadtuk el jónak, amikor a szakadás a próbatest állandó szakaszán következett be, de nem a kiszélesedés kezdetén. Ilyen volt a vizsgálati eredmények kb. 70%-a.



3. ábra. A központos húzóvizsgálat próbatestjei és megfogásuk [2]

Ezzel az új vizsgálati móddal a következő vizsgálati irányokat kutattuk. A sok vizsgálatból 1-1 példát mutatunk be.

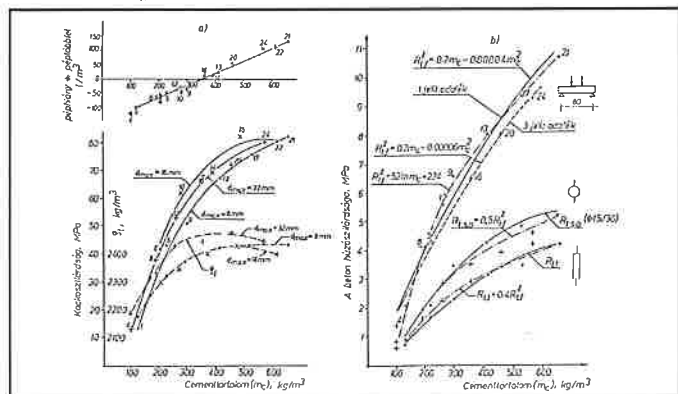
- a) Ha a  $130-600 \text{ kg/m}^3$  cementtartalmú, 8, 16, ill. 32 mm legnagyobb szemnagyságú, 0,7–0,8 Glanville szerinti tömörödési tényezővel jellemezhető beton szilárdságát a cementtartalom függvényében ábrázoltuk, akkor, míg a beton kockszilárdsága lényegesen függött a beton péptelítettségétől (4a ábra), a húzószilárdsága majdnem arányosan nőtt a cementtartalommal (4b ábra).
- b) A húzószilárdságok egymásba átszámíthatók (4b ábra), nevezetesen

$$R_{1,f}^2 = 2R_{1,s,0} = 2,5 R_{1,l}$$

A képletben  $R_{1,l}$  a hajlító-húzószilárdság harmadpontos terhelése,

$R_{1,s,0}$  a hasító-húzószilárdság,

$R_{1,f}$  a központos húzószilárdság.

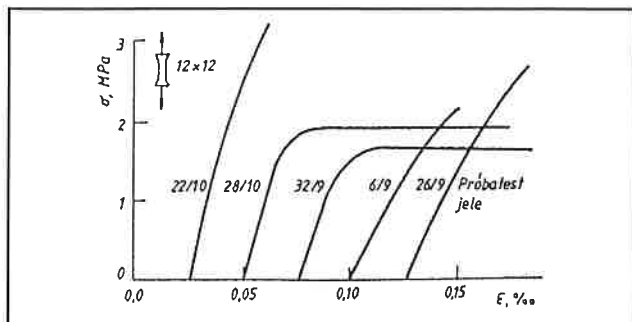


4. ábra. A beton szilárdsága a cementtartalom függvényében: a) kockszilárdság; b) húzószilárdság.

Megjegyzés:  $d_{max}$  az adalékanyag legnagyobb névleges szemnagysága.

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

c) Nyúlásmérő bélyegekkel megállapítottuk, hogy a húzásra igénybevett betont a szakadás helyén rugalmas-képlékeny anyagként tekinthetjük, szemben az addig rugalmasnak feltételezettel (5. ábra).



5. ábra. A feszültség–nyúlás diagramok jellege.  
Megjegyzés: a 28/10 és a 32/9 jelű próbatest a nyúlásmérő alaphosszán belül szakadt.

### A cementkő és az adalékanyag közötti tapadás (3)

#### A tapadás jelentősége

Ismert, hogy a beton tulajdonságai (könnyűbetonokat kivéve) rosszabbak mind az adalékanyag-közet, mind a cementkő tulajdonságainál. Míg az adalékanyag nyomószilárdsága általában 50–300 MPa, a cementkőé 70–100 MPa, addig a betoné 5–100 MPa. Ez a különbség a két anyag eltérő tulajdonságaira, elsősorban eltérő alakváltozási tulajdonságaira és alakváltozó képességére, valamint a cementkő és az adalékanyag közötti tapadásra vezethető vissza.

Amidőn a beton szilárdságát (központos nyomásból, illetve húzásból) a törőerőből kiszámítjuk, akkor feltételezzük, hogy a betonban a feszültség állandó. De ez nem így van. A nagy szilárdságú adalékanyagban – azonos összenyomódás esetén – mindig nagyobb a feszültség, mint a cementhabarcsban. A két anyag a tapadás révén dolgozik együtt. A beton tönkremenetele a tapadás megbomlásával kezdődik.

A mikrorepedések, amelyek a kötés és a szilárdulás folyamán, valamint kis terhelés hatására keletkeznek, a cementhabarcs és a durva adalékanyag határfelületén jelennek meg. Ezeket tapadási repedéseknek nevezzük. A terhelés növelésével ezek megnyílnak. A terheléssel a teherbírás felé haladva megjelennek a pép-, ill. habarcsrepedések, amelyeknek mind a hossza, mind a száma nő a feszültség növekedésével.

Az adalékanyag határfelületén tapadási repedéseket okozhatnak a húzó- és nyíróerők egyaránt. Eszerint a tapadás két alapesetét különböztetjük meg:

a) Húzási típusú tapadási repedés akkor jön létre, ha az adalékanyag felületén a húzófeszültség eléri az adalékanyag húzó-tapadási szilárdságát. Ez az adalékanyag és a habarcs részleges elválását eredményezi.

b) Nyírási típusú tapadási repedések akkor keletkeznek, ha az adalékanyag felületén a nyírófeszültség eléri a nyíró-tapadási szilárdságot. Ez a jelenség az adalékanyag és a habarcs közötti elcsúszásban jelentkezik.

Utóbbi esetben, ha a húzóerő nagy a nyíróerőhöz képest, a húzási tapadásba való átmenet következhet be. Ily módon a húzási tapadás úgy is felfogható, mint a nyírási igénybevételi mód egyik szélsőértéke.

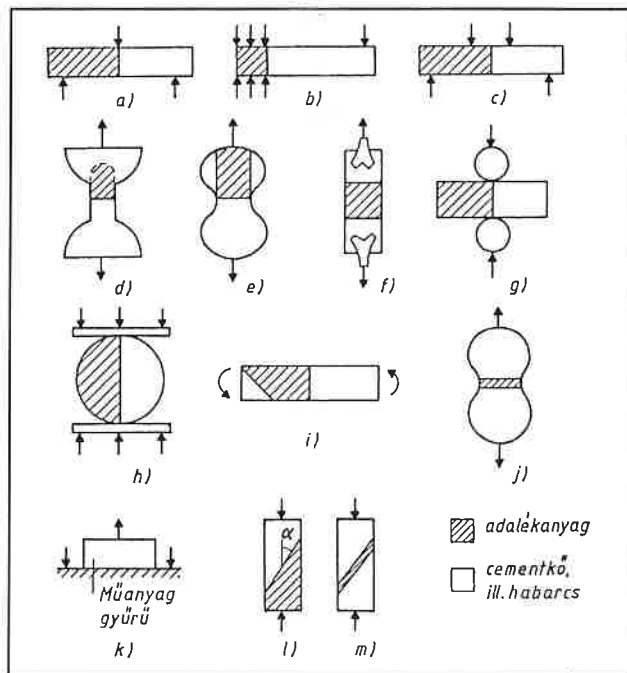
A tapadást a két alapeseten belül természetesen számos tényező befolyásolja. Egyik alapvető tényező a cementkő, annak a hidrátáció folyamán a szilárdulási és tárolási feltételektől függő tulajdonságai, az adalékanyag határfelületén kialakuló réteg hidrátszerkezete és összenövése az adalékanyaggal. A másik alapvető tényező az adalékanyag alaptulajdonságai és felületi érdessége.

Eppen ezekből kiindulva szokás kémiai és mechanikai tapadást megkülönböztetni. Előbbi elsősorban a cementtől, utóbbi az adalékfelülettől függ.

#### A tapadási szilárdság

Az adalékanyag-cementkő vagy cementhabarcs tapadószilárdságának vizsgálatára sokféle modellt használnak. Az általunk ismerteket a 6.

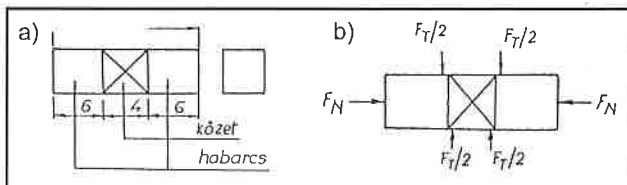
ábrán foglaltuk össze. E szerint alapvetően kétféle modell ismert, nevezetesen: a húzó-tapadási és a nyíró-tapadási modell.



6. ábra. Az adalékanyag és a cementkő, cementhabarcs tapadásának vizsgálatára használt modellek: a)–k) húzó-tapadási modellek; l)–m) nyíró-tapadási modellek. Szerzők: a), b), l): Alexander; m) Taylor és Broms; j) Henning; k): Rehm és Zünbmann; c), d), e), f), g), h), i): Mesnager, Farran, Valenta, Hsu és Slate [3]

### Új modell a nyíró-tapadás vizsgálatához

Kutatásaink során a húzó-tapadás vizsgálatára a 6a ábra szerinti modellt használtuk. A nyíró-tapadás vizsgálatára pedig új módszert dolgoztunk ki. A próbatesteket úgy készítettük el, hogy a közethasábokból 4 cm élhosszú kockát fűrészeltünk ki, és abból állítottuk elő a 7a ábra szerinti hasábokat, amelyeket a 7b ábra szerint vizsgáltunk. Külön eszközt készítettünk a nyomó- és a nyíróerő kifejtésére.



7. ábra. Nyíró-tapadási vizsgálat. a) a próbatestek elkészítésének vázlata; b) a nyírókészülék elvi felépítése [3]

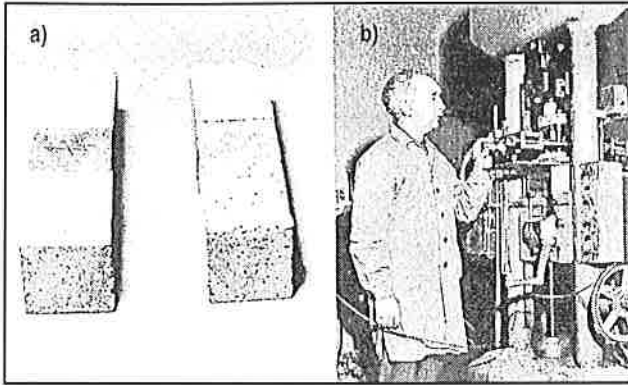
A vizsgálat során először meghatároztuk a köbetétes hasábokkal egyidejűen készített 4x4x16 cm méretű habarcs-hasábok hasábszilárdságát. Feltételeztük, hogy kb. ilyen nyomófeszültséget bír el a köbetétes hasáb is.

Ez után a köbetétes hasábot központosan elhelyeztük a fekvő keretben. Ez egy merev szerkezet volt, amellyel a hasábra a nyomóerőt két golyóscsapágyon mozgó csavar meghúzása által adtuk át. Az erő nagyságát a közbeiktatott dinamométerrel mértük. A dinamométerrel ellentétes oldalon gömbcsuklót helyeztünk el.

Majd ezt a készüléket behelyeztük a 100 kN mérés határú Schopper-gépbe. A nyíróerőt a gépbe helyezett szerszám közbeiktatásával maga a gép fejtette ki, és a törőgép skáláján olvastuk le. A törőgépbe helyezett vizsgálókészüléket a 8b ábra szemlélteti.

A kutatás során változtattuk a habarcs minőségét, a habarcs korát, az adalékanyag fajtáját (2 bazalt, 2 mészkő, 1 riolitufa, 8 andezit), a köfelület érdességét, a minta nedvességi állapotát.

A habarcsminőség négyféle volt. A habarcs konzisztenciáját tekintetűk állandónak, azaz a víz–cement tényezőt úgy változtattuk, hogy az



8. ábra. Nyíró-tapadási vizsgálat (a törőgépnél Schifferer Lőrinc laboráns).

a) a vizsgálatra előkészített próbatestek; b) a vizsgálat

MSZ 523-53 szabvány szerint a képlékeny habarcsvizsgálathoz előírt terülmérő készülékkel meghatározott terület 13-14 cm között legyen.

A köfelület érdessége kétféle volt:

- a) Bauschinger-Böhme-koptatóberendezésen lecsiszolt felület,
- b) rovátkolt felület, a barázdák mélysége kb. 1 mm volt.

A nedvességi állapot – a tárolással jellemezve – háromféle volt:

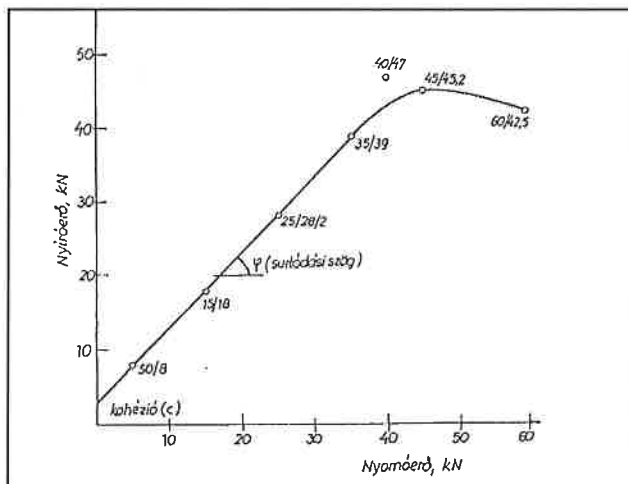
- a) végig vízben,
- b) 1 hétig vízben, azután szobalevegőn,
- c) 1 hétig vízben, azután szobalevegőn, vizsgálat előtt 1 héttel szárítóban.

### A vizsgálat eredményei

Az első próbatestben a habarcs hasábszilárdsága 10–15%-ának megfelelő központos nyomóerőt hoztunk létre. Ezt követően a Schopper-gép közvetítésével a próbatestet nyíróerővel addig terheltük, amíg a kő és a habarcs felülete között az elcsúszás meg nem kezdődött. Terhelés közben állandóan ellenőriztük a nyomóerőt.

A következő próbatesteknél úgy ismételtük meg ezt a kísérletet, hogy a nyomóerőt minden próbatestnél növeltük.

A mérési eredmények alapján szerkesztettük meg a nyomóerő-nyíróerő diagramokat (példa a 9. ábra). Ha a nyomóerőt 16 cm<sup>2</sup>-rel, a nyíróerőt 2x16 cm<sup>2</sup>-rel osztottuk, akkor megkaptuk a  $\tau_{lap} = f(\sigma)$  diagramot. Ez a függvény kezdetben egyenes volt. Nagy nyomóerőknél elgörbült. A legnagyobb nyomófeszültség a habarcs szétmorzsolódását eredményezte. Ebben az esetben  $\tau_{lap} = 0$  volt. A  $\sigma = 0$  értékhez tartozó  $\tau_{lap}$  értéket neveztük kohézióknak. A függvény egyenes szakaszának a hajlásszöge a súrlódási szög.



9. ábra. A 7 jelű (R5) próbatest nyomóerő-nyíróerő diagramja

### A kísérlet eredményei

A kísérlet eredményei alapján a következőket állapítottuk meg:

A  $\tau_{lap} = f(\sigma)$  összefüggésben a **súrlódási szöget sem a kőzetfajta, sem a kőzet felületének az érdessége (a vizsgált érdességgel), sem a**

habarcs minősége, sem kora, sem a próbatest nedvességi állapota nem befolyásolta lényegesen, 25–30° közötti értéket kaptunk. A kohézió azonban lényegesen függött a habarcs minőségétől, korától, a kőzet fajtájától. Nagy hatása volt a próbatest nedvességi állapotának. A végig vízben tárolt próbatest kohéziójához képest a 7 napig vízben, 2 hétig szobalevegőn tárolt, majd 1 hétig szárított próbatestek kohéziója felére-harmadára csökkent. Ha adalékközetnek műgyantahabarcsot használtunk, a kohézió zérus lett, de nem változott meg lényegesen a súrlódási szög.

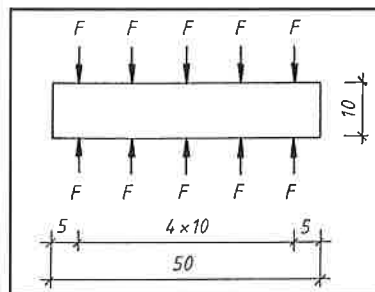
## A cement modellezése klinkerásványok segítségével

### A szilárdság vizsgálatának új módszere

Az irodalom kiterjedten foglalkozik a hidratált klinkerásványok szilárdságának a mechanizmusával, valamint a keletkezett hidráttermékek morfológiájával. Ezzel szemben kutatásainkig kevés közlemény tárgyalt a klinkerásványok szilárdságát, ezen belül alig lehetett adatot találni a húzószilárdságra. Ezért új módszert dolgoztunk ki a kockaszilárdság és a húzószilárdság vizsgálatára.

Mindkét esetben abból kellett kiindulni, hogy a klinkerásványok kilogrammonkénti ára már 1980-ban is több volt 100 000,- Ft-nál, tehát csak kis próbatesteket készíthettünk.

Mivel a törőgépek adottak voltak, és az ezeken vizsgált kockák szilárdságának a szórása igen nagy volt, a klinkerásványokból pedig legfeljebb 2, ill. 3 cm élhosszú kockákat készíthettünk, ezért a Dombitól [4] veit gondolat alapján valamennyi kockához (ez vonatkozik a kísérlet során vizsgált összes próbatestre, tehát a betonokra is) olyan gömbcsuklót készítettünk, amelynek a gömb központja a kocka középpontjával egyezett meg. Ezzel a szórás minimálisra (1–2%) csökkent. Ezt próbatestekhez illesztett gömbcsuklónak neveztük el.



10. ábra. Klinkerásványpépek hasító-húzóvizsgálata

A húzószilárdság meghatározása hasábok hasítóvizsgálatával a betonoknál ismert. Ezt a módszert alkalmaztuk 1x1x5 cm méretű klinkerásvány

hasábokra, gondosan kikísérletezve a megfelelő hasítóék típusát. Így egy hasáb vizsgálatával 5 mérési eredményt kaptunk (10. ábra).

### A hidratáció befagyasztása

A próbatesteket a szilárdsági vizsgálat után elporítottuk, és derivatográfias, valamint röntgenvizsgálatnak vetettük alá.

Röntgenvizsgálattal a keletkezett hidrátok fajtáját határoztuk meg, míg derivatográfia ezeken mennyiségét.

Mint ahogy az adott korú mintákat nem tudtuk mindig a megfelelő időpontban derivatografálni, a hidratációt izopropil-alkoholos kezeléssel „befagyasztottuk”, ami után a minták vizsgálata bármikor elvégezhető volt. Ezt a módszert azonban csak a hidratált C<sub>3</sub>S, βC<sub>2</sub>S és idősebb korú, illetve gőzölt cementpépek és betonok esetében használhattuk. Mint ismeretes, a C<sub>3</sub>A-ból és C<sub>4</sub>AF-ből keletkező hidrátok nem stabilisak, átalakulásuk vízfélzabradulással jár, ami további hidratációt segíthet elő, tehát „befagyasztásuk” nem gátolja a hidratáció előrehaladását. Ezért ezeket a mintákat mindig a megadott időpontban (korban) vizsgáltuk.

A hidratált klinkerásvány-, ill. cementpépmintákat a következőképpen készítettük elő: a kockának mind a hat lapjáról 2-3 mm-nyi réteget eltávolítottunk, a „meghámozott” kis kockát összetörtük, majd a szabályos negyedeléssel készített, szükséges mennyiségű átlagmintát addig porítottuk, míg a 60 μm lyukbőségű szitán át nem hullott. Ezt a műveletet a lehető leggyorsabban kell elvégezni, hogy közben sem karbonátosodásra, sem egyéb reakcióra ne legyen lehetőség. A hidratált C<sub>3</sub>S- és βC<sub>2</sub>S-pépek megporított mintáit haladéktalanul megfelelő térfogatú G4-es üvegszűrőre helyeztük, ami a vízlégszivattyúval összekötött szivópalackkal és csapos tölcserrel együtt zárt rendszert alkotott. A hidratáció befagyasztása céljából háromszor egymás után kb. 50 ml izopropil-alkoholt, majd kb. 50 ml dietil-étert szivattunk a mintán keresztül, végül azt a



# VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

tölcsér csapjának elfordítása után mintegy fél órán át vákuumban szárítottuk, hogy az izopropil-alkohol, ill. dietil-éter utolsó nyomai is eltávozhassanak. A mintát a szűrőről levéve azonnal jól záró mintatartóba tettük, és a vizsgálat időpontjáig szobahőmérsékleten tároltuk. A tiszta izopropil-alkohol – az etil-alkoholhoz hasonlóan – korlátlanul elegyedik a vízzel, így az átszívítás során szinte magával ragadja a minta adszorpciós vizét, a rétegek közé azonban elágazó szénláncá következtében nem tud behatolni, és a hidratációtermékekkel nem alkot reakciót. Tehát a vizsgálandó minta hidratát klinkerásvány- vagy cementpép-szerkezetében sem fizikai, sem kémiai változásokat nem okoz, alkalmazása csak azt a vizet távolítja el, ami további hidratációt tett volna lehetővé.

## A cement repedésérzékenységének vizsgálata <sup>(5)</sup>

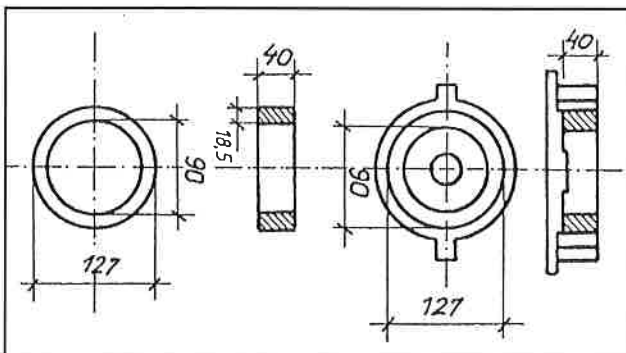
### A repedésérzékenység vizsgálatának célja és eszköze

A bedolgozott friss betonban bonyolult fizikai-kémiai folyamatok hatására megindul a kötés, majd a szilárdulás. Ennek eredményeként nő a beton szilárdsága és rugalmassági modulusa. Ezen kívül a cement exotherm hője, valamint a külső tényezők (napsugárzás, léghőmérséklet, légsebesség) együttes hatására a betonban jelentős hőmérséklet-emelkedés, egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás, abból saját feszültségek lépnek fel. Ehhez járul még a zsugorodás, az ebből adódó zsugorodási feszültségek. Végül a belső feszültségek hatására fellép a lassú alakváltozás, amely a feszültségeket némileg csökkenti. Ha a betonban kialakuló húzófeszültség eléri a beton húzószilárdságát, illetve a beton nyúlása a nyúlóképességét, akkor felületi kéreg-, ill. átmenő repedések lépnek fel, amelyek vízzáró betonban, vízepítési betonban, útbetonban, sugárvédő betonban annyira károsak, hogy gondoskodni kell a megelőzésükről.

A jelenség rendkívül összetett. Ugyanis a szilárdulás kezdeti állapotban óráról órára változik a beton minden tulajdonsága. Azonban kezdetben alakváltozások feszültségek nélkül is keletkezhetnek.

A befolyásoló tényezők hatását számos kutató vizsgálta, és van jelentős építési tapasztalat is, de még mindig sok a nyitott kérdés. A legfontosabb tényező a cement. A cement repedésérzékenységének a vizsgálatára nem volt magyar szabvány.

Ezért a repedésérzékenység vizsgálatá során az AFNOR-P 15.434 és AFNOR-P 15.402 francia szabványok által előírt módszerből indultunk ki. A szabvány szerint 90 mm átmérőjű mag köré 18,5 mm vastag, 40 mm magas keresztmetszetű pépgyűrűt alakítanak ki egy külső sablon segítségével (11. ábra), amelyet cementi kötése után eltávolítanak. A gyűrű külső felületére elektromos vezetőréteget visznek fel, amely egy áramkör része. A repedés időpontját az áramkör megszakadásának időpontját jelző műszer rögzíti.

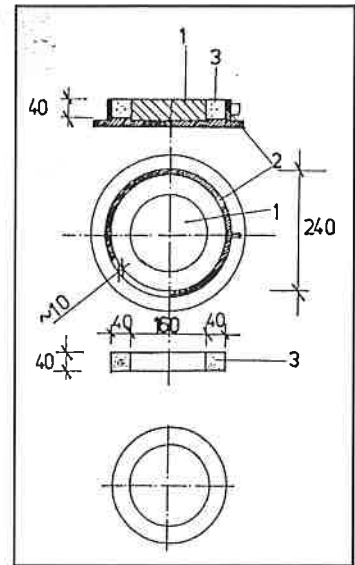


11. ábra. A francia szabvány szerinti próbatesszt és sablonja

Ennek a vizsgálati módnak az alkalmazása egyszerű feladatnak látszott, de igen sok előkísérletet kellett végeznünk, mire a gyűrű helyes méretét, a regisztrálás módját, a próbatesszt egyenletes minőségét elértük. Ezeket az előkísérleteket Borján József egyetemi adjunktus, Zimonyi Gyula egyetemi docens, Cary Silva Jaime bolíviai egyetemi hallgató és Kálovics Ferenc technikus végezték el.

A 40x40 mm keresztmetszetű (12. ábra) pépgyűrűt azért választottuk, mert így a repedésérzékenységi, a szilárdsági és a zsugorodási kísérletek során vizsgált próbatesszt keresztmetszeti mérete azonos

lett, és ez által a lejátszódó folyamatok is hasonlóak tételvezetők fel. A sablon alsó része egy acélkorong alaplemez, amelyre felcsavarozható egy hengeres acélmag, és ráilleszhető a gyűrű külső szaluzatát alkotó acélgyűrű. A cementpép kötése után (24 óras korban) a külső gyűrűt eltávolítottuk, majd a magot és a cementpépgyűrűt együttesen leemeltük az alaplemezről. Ezáltal a pépgyűrű 3 felülete érintkezett a klimatizált légkörrel (20°C hőmérséklet, 65% rel. légnedves-ség-tartalom), egy oldala pedig a maghoz szorult. Az elrendezés a pépgyűrű keresztmetszetére nézve szimmetrikus volt.

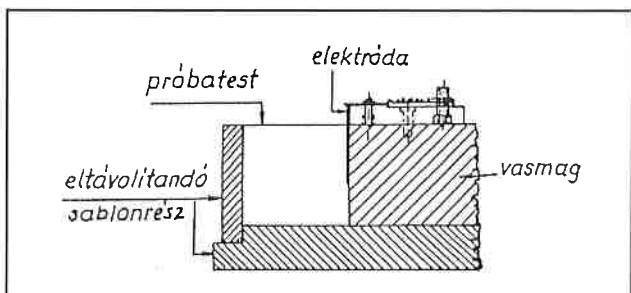


12. ábra. Kutatásaink során készített gyűrűs próbatesszt és sablonja

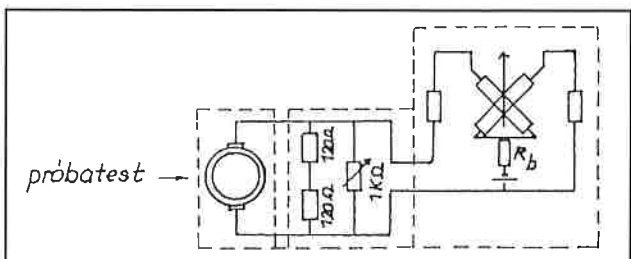
A cementgyűrűben a gáttolt alakváltozásból eredő igénybevétel egyenletesnek tételvezetők fel. A repedés tehát ott következett be, ahol a keresztmetszet a leggyengébb volt. A legtöbb gondot a keveréssel és a bedolgozással bevitt buborékok okozták. Az egyenletesség érdekében a cementeket – bár nem voltak csomósak – átszítáltuk 1 mm lyukbőségű szitán. A pépet a szabványos cementvizsgálathoz előírt gépi keverőben kevertük meg, majd szabványos ejtőgépen 3x60 ejtegetéssel tömörítettük. Minden vizsgálatához 3 gyűrűt készítettünk. A gyűrűket az elkészítéstől a 24 óras kori kiszérésig 100% rel. légnedves-ségű térben tároltuk. A kiszértelt gyűrűt kb. 10 m<sup>3</sup>-es klímakamrában tároltuk, amelynek mind a hőmérsékletét, mind a légnedves-ség-tartalmát a 6 db egyszerre elhelyezett gyűrű elhanyagolható mértékben változtatta meg.

Kiszérés után a gyűrűt a maggal együtt egy rögzítő állványra helyeztük, és forgatás közben a külső hengerpalástra ecsettel felvitük az előzőleg besűrített grafitfestéket. A gyűrűket ez után a tároló lemezre helyeztük. A gyűrűket úgy helyeztük el, hogy három felületüket a levegő szabadon érte, míg a belső gyűrűfelület a vasmagnak feszült. A két elektróda (13. ábra), amelyeket a gyűrűs próbatesszt készítése során bebetonoztunk, olyan szénkefe volt, amelyet háztartási kismotorokhoz használnak. A jó elektromos csatlakozást a gyűrű és a szénkefe közé cseppentett grafitfestékkel értük el. A gyűrűre felvit grafitréteg a szem-

lét, és ez által a lejátszódó folyamatok is hasonlóak tételvezetők fel. A repedés tehát ott következett be, ahol a keresztmetszet a leggyengébb volt. A legtöbb gondot a keveréssel és a bedolgozással bevitt buborékok okozták. Az egyenletesség érdekében a cementeket – bár nem voltak csomósak – átszítáltuk 1 mm lyukbőségű szitán. A pépet a szabványos cementvizsgálathoz előírt gépi keverőben kevertük meg, majd szabványos ejtőgépen 3x60 ejtegetéssel tömörítettük. Minden vizsgálatához 3 gyűrűt készítettünk. A gyűrűket az elkészítéstől a 24 óras kori kiszérésig 100% rel. légnedves-ségű térben tároltuk. A kiszértelt gyűrűt kb. 10 m<sup>3</sup>-es klímakamrában tároltuk, amelynek mind a hőmérsékletét, mind a légnedves-ség-tartalmát a 6 db egyszerre elhelyezett gyűrű elhanyagolható mértékben változtatta meg.



13. ábra. Az elektróda elhelyezésének vázlata



14. ábra. A grafitfestékes repedésjelző készülék kapcsolási rajza

ben elhelyezett elektródák között két, kb. azonos nagyságú, párhuzamosan kapcsolt ellenállást képezett. Repedéskor ezek egyike megszakadt, a mérőkör ellenállása megnőtt, amit a műszer kitérése jelzett. A regisztráló műszer a Ganz Műszer Művek elektromos ellenállás-változáson alapuló, PKC-6 típusú hatsatornás pontszíriója volt. A kapcsolási vázlatot a 14. ábra szemlélteti.

A repedésérzékenység mértékének azt az időtartamot tekintettük, ami a pép megkeverésétől a gyűrű megrepedéséig eltelt, szigorúan betartva a tárolási körülményeket. A repedést a gyűrűre felvitt vékony grafitcsík ellenállásának a repedés következtében bekövetkező megváltozásával regisztráltuk.

**Kiegészítő vizsgálatok**

A zsugorodást Zeiss gyártmányú, 12 cm alaphosszú mikroszkóppal mértük. A műszer 2 db szálereszttel ellátott mikroszkóp volt, amelyek közül az egyiket optikai mikrométeres leolvasó-berendezéssel szereltük fel. A látómezőben egy osztás 0,05 mm, ami a mikrométercsavar 50 részre osztott teljes körülfordulásának felel meg.

A próbatesteket műanyaghabból előállított sablonban készítettük, hogy a mérést minél előbb megkezdhesük, és a sablonból víz ne távozzék el. Az alaphossznak megfelelő távolságra helyeztük el a diaüvegre ragasztott üvegszálból készített száleresztet. A látómezőben a két szál széleinek a metszéspontjában nagy fényerővel világító pont jelenik meg. Ezt tekintettük mérőpontnak.

A próbatesteket a kiszáradás után üveglapra helyezve a gyűrűs próbatestekkel együtt tároltuk, így azokhoz hasonlóan három oldaluk szabad volt.

A zsugorodás vizsgálatához felhasznált péptestek tömegváltozását 0,01 g érzékenységgű mérlegen, a hajlító-húzószilárdságot 4x4x16 cm-es hasábokon, 12 cm támaszközön, harmadpontos terheléssel határoztuk meg. Mivel a szilárdulási folyamatot kezdetől ismerni akartuk, ezért a hasábokat a kiszáradásig 100%-os rel. légnedvesség-tartalmú térben tároltuk. A hasábokat a kötés vége után 1,5-5 óra múlva szereltük ki. A kiszáradás után 20°C hőmérsékletű és 65% rel. légnedvesség-tartalmú térben tároltuk. Az első szilárdsági vizsgálatot a kiszáradáskor, míg a többit az első 10 napon bizonyos időközönként végeztük el.

Penetráción a bitumen penetrációjának a vizsgálatához használt penetrométertű behatolását értettük a vizsgálat kezdetétől számított 5 s alatt. Ezt a mérési módot Juhász Zoltán tudományos főmunkatárs dolgozta ki. Ezzel a kötési folyamatot kísértük nyomon.

**A kísérlet**

Az előkísérletből azt a következtetést vontuk le, hogy a víz-cement tényezőnek ±3 m%-os eltérése a repedésérzékenységet lényegesen nem befolyásolja. Ennek ismeretében a többi péptestet a kötésvízzel készítettük.

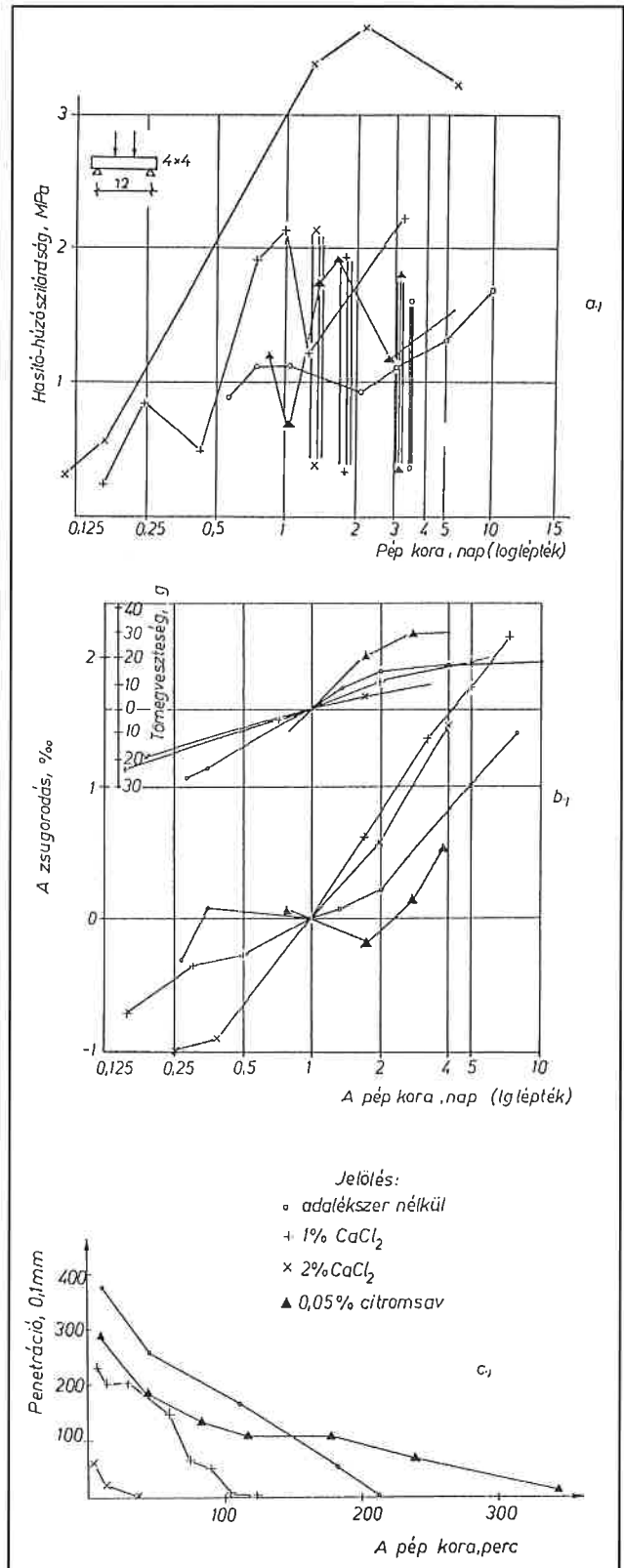
A kutatást 3 magyar és 3 külföldi (gyári) cementtel végeztük el. A repedésérzékenység szempontjából kiemelkedő tulajdonságaikat az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: A vizsgált cementek

A cement neve	Jel	C <sub>3</sub> A-tartalom, m%	Fajlagos felület cm <sup>2</sup> /g	Kötésvíz, m%
Váci 350 kspc 40	1	15,6	2690	26,5
Váci 450 pc	3	12,5	3450	27,5
S54 350 pc	2	0,9	3130	23,2
Osztrák PZ 475	5	12,5	3960	26,0
Osztrák PZ 475	6	14,7	5490	29,5
Svéd nagy kezdőszilárdságú pc	4	13,5	3890	27,0

A kutatás keretében vizsgáltuk a cementpépek repedésérzékenységét, kötésiidejét és penetrációját, szilárdulási ütemét, zsugorodását és vízvesztését, a CaCl<sub>2</sub>-nak és a citromsavnak a felsorolt tulajdonságokra kifejtett hatását.

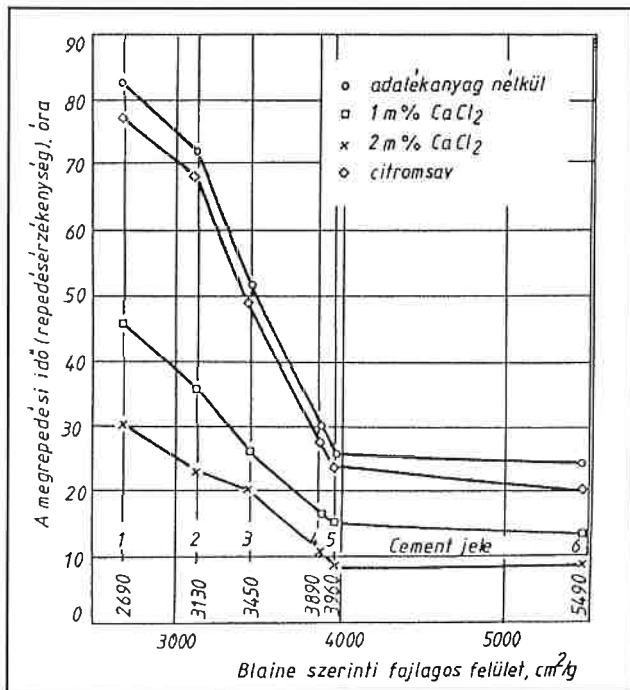
A 15. ábrán a vizsgált adalékszerek hatását mutattuk be. Mivel a zsugorodásmérést 24 órában szokás elkezdni, ezért a zsugorodási görbéket úgy ábrázoltuk, hogy 24 órában 0 zsugorodásról induljanak.



15. ábra. Váci 350 kspc 40 cementtel végzett kísérletek: a) hajlító-húzószilárdság, repedésérzékenység; b) zsugorodás, tömegvesztesség; c) penetráció

**A kísérlet eredményei:**

a) Azt már Lafuma [6] is kimutatta, hogy ha ugyanazt a cementet finomra őrlik, akkor nő a repedésérzékenysége. E kísérletnek az a legfontosabb eredménye, hogy a cement őrlési finomságának meghatározó szerepe van a repedésérzékenységre (16. ábra). Mindebből



16. ábra. Cementpépek repedésérzékenysége a fajlagos felület függvényében

az is következik, hogy útbeton térburkolatokhoz, ipari beton-padozatokhoz nemcsak a húzószilárdság, de a repedésérzékenység miatt is előnyösek a kis vagy közepes őrlési finomságú cementek.

b) Megvizsgáltuk a kötést befolyásoló kalcium-klorid és citromsav hatását is. Új eredmény az is, hogy a vegyszer nélkülihez viszonyítva a cement tömegére vonatkoztatott 1 m% vízmentes kalcium-klorid – függetlenül a cement őrlési finomságától – a repedési időt kb. a felére, 2 m% kalcium-klorid kb. 38%-ra csökkentette, tehát a repedésérzékenységet ezzel fordított arányban növelte. Ezzel szemben 0,05% citromsav a cementpépgyűrűk repedési idejét csak kb. 5%-kal csökkentette.

c) Egyezően Szkrantajev, Lescsinszkij, Vajraband, Popov, Orentlicher, L'Hermitte, Kando, Coutinho [7], Ilantzis [8] és mások véleményével, a gyűrűs készülék alkalmas szabványúságú pépek repedésérzékenységének a vizsgálatára. Kísérleteink szerint, ha a keve-

rővíz a kötéstől  $\pm 3\%$ -kal eltért, az a repedésérzékenység mérőszámát nem befolyásolta lényegesen. Míg a többi szerző utal arra, hogy a mérési eredmények megbízhatóságát rontja a nagy szórás, addig kísérleteink szerint gondos próbatétel-készítéssel és a tárolási körülmények pontos betartásával a szórást kicsire le lehet szorítani.

d) A gyűrű megrepedési folyamata nagyon bonyolult, tekintettel a sok befolyásoló tényezőre. Ilyenek: a húzószilárdság, a húzási rugalmassági modulus, az átlagos zsugorodás, a párolgás, amely egyenlőtlen alakváltozást és belső feszültségeket vált ki, és a lassú alakváltozás. Az azonos körülmények között elvégzett gyűrűs repedésérzékenységi, szilárdsági és zsugorodásvizsgálatok megvilágítják a repedési jelenség bonyolult voltát. Vegyszer nélküli és citromsav adalékszerrel készített pépek megrepedése akkor következett be, amikor a hajlító-húzószilárdság visszaesett vagy stagnált, miközben a zsugorodás folyamatosan nőtt. Ezzel szemben kalcium-klorid adagolásakor rendszerint előbb megrepedt a gyűrű a szilárdságcsökkenésnél vagy a szilárdság nem is csökkent. Ennek oka az, hogy a kalcium-klorid-tartalmú pépek a kötés végétől erősen zsugorodtak, és zsugorodásuk mindvégig nagyobb volt a vegyszer nélküli pépekenél. Különösen érvényes ez a 2 m% CaCl<sub>2</sub>-tartalmú pépre. Tehát a korábbi megrepedés oka, hogy a húzószilárdság és vele a húzási rugalmassági modulus nem tud lépést tartani a nagy zsugorodással.

## Irodalom

- [1] Balázs Gy.: Barangolásaim a betonkutató területén. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001
- [2] Balázs Gy.: A beton húzószilárdságának vizsgálata. BME Építőanyagok Tanszék Tudományos Közlemények 7. kötet, Közok, 1973.
- [3] Balázs Gy.: A betonstruktúra elemzése. Akadémiai doktori értekezés, 1982.
- [4] Dombi J.: Építőanyagok szilárdsága és szilárdsági vizsgálata. Nyomószilárdság. SZIKKI Tudományos Közlemények 61. kötet, ÉTK, 1980.
- [5] Balázs Gy. – Borján J. – Cary, S.J. – Liptay A. – Zimonyi Gy.: A cement repedésérzékenysége. BME Építőanyagok Tanszék Tudományos Közlemények 24. kötet, Közok, 1979.
- [6] Laluma, H.: Les céments, généralités, caractéristiques, action du milieu. Les céments, Special Bulletin, 1970, pp 12-39.
- [7] Mailjan, R.L.: Metogyika iszpitanyija i ocenki uszadocsnoj trescsinosztoj kosztyi betonov. Beton i Zselezobeton, 1968, pp. 40-42.
- [8] Ilantzis, N.A.: La résistance en traction et la fissuration des pâtes pures di cement. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 1958. II., pp. 1231-1254.

## KÖNYVISMERTETÉS

Balázs György:

Barangolásaim a betonkutató területén  
Akadémiai Kiadó 2001

Szerző saját, 50 éven át folytatott kutatásainak eredményeit foglalta össze könyvében bizonyítva, hogy alkotó módon, tudományosan meg-alapozottan fejlesztette szakterületét. A könyv jól szemlélteti az oktatás, a kutatás és a gyakorlat összetartozását.

A beton igen bonyolult építőanyagunk, amelyek tudományos megismerése kémiai, fizikai, anyagszerkezeti és statikai ismereteket kíván.

Szerző vizsgálatait a gyakorlat számára használhatóbbak, mivel túl-lépett a korábbi, tisztán kémiai vizsgálatokon. Mindig megvizsgálta a beton anyagösszetételét, a hidratáció mechanizmusát és kinetikáját, nyomószilárdságát és – a korábban alig vizsgált – húzószilárdságát is.

Sokoldalúan vizsgálta a cementkő betonban betöltött szerepét. A cementkő porozitása minden tulajdonságát alapvetően befolyásolja. Így például a tárolásnak és a cement fajtájának a cementkő tömegváltozására, alakváltozására gyakorolt hatása a porozításban jut kifejezésre.

Könyve bevezető részében szerző tömören összefoglalja a beton, a portlandcement fogalmát és a kötés-szilárdulás elméleti alapjait. Kutatási eredményeit pedig fejezetekbe csoportosítva tárgyalja, nevezetesen: a cement modellezése klinkerásványokkal, a cementpép és a cementkő tulajdonságai, betonszilárdítás, a beton húzó- és nyomó-

szilárdsága és ezek viszonyozása, a beton zsugorodása és lassú alakváltozása, a terhelés okozta alakváltozás jellemzői, a beton és a vasbeton tartóssága.

Szerző az eredményeit, hivatkozásokkal, a témakör tudománytörténetébe illesztve tárgyalja, amelyről ugyancsak ő írt négykötetes könyvet *Beton és vasbeton* címen, és amelynek köteteit 1994 óta folyamatosan jelentette meg az Akadémiai Kiadó. Az első kötetben a beton és a vasbeton fejlődéstörténetét, a második kötetben (1995) a mélyépítési beton- és vasbeton szerkezetek, a harmadik kötetben (1996) a magasépítési vasbeton szerkezetek történetét tárgyalja, míg a negyedik kötet (2001) a témakör egyetemi, főiskolai és szakközépiskolai oktatásának történeti áttekintése.

Nagyon fontosnak tartom felhívni olvasóink figyelmét szerző másik, kétkötetes művére, a *Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I.* (1997) és II. (2001) címűekre. A Műegyetemi Kiadó szerkesztésében megjelent kötetek elsőként tárgyalják átfogóan a beton, az acélbetét károsodásának és repedésképződésének okait, fizikai és kémiai vizsgálatának hagyományos és új módszereit.

Szerző műveit a műszaki szemlélet értékei: a világos tárgyalásmód, a szemléletes bemutatás és áttekinthetőség jellemzi és az a törekvés, hogy segítse az európai szintű szemlélet kialakulását, amelyben hangsúlyos az egyes tudományágak közti interdiszciplináris kapcsolatok megteremtése illetve erősítése.

Pólos László

## Instron 3300 sorozat: új, elektromechanikus szakítógép család

Napjaink vizsgálólaboratóriumainak anyag- és szerkezetvizsgálói igényei meglehetősen szerteágazóak: az egyszerű, szabványosított anyagvizsgálatoktól egészen a tudományos kutatási feladatok megoldásáig terjed. Ezen változatos igények kielégítésére az Instron Corporation különböző felépítésű és műszaki paraméterű berendezései állnak rendelkezésre, így biztosítva a legmegfelelőbb megoldást az adott feladathoz. Az Instron 3300 sorozat fejlesztői az egyszerű, szabványosított mérési eljárások és rutinvizsgálatok elvégzését tartották szem előtt, továbbra is biztosítva a vevő számára az Instron-minőséget a legelérhetőbb áron.

**Az Instron Ltd. jelenleg négy elektromechanikus szakítógép családot gyárt:**

**Az 5800 sorozat:** a legbonyolultabb fázisvizsgálatok elvégzéséhez alkalmas (terheléstartással is kiegészített szinusz-, trapéz- és négy-szög-profilú igénybevételek, illetve a felhasználó által konfigurálható igénybevételek és terhelési spektrumok stb.) köszönhetően a piacon lévő legmodernebb vezérlő elektronikának.

**Az 5500 sorozat:** összetettebb anyagvizsgáló feladatokhoz (habok vizsgálata, ciklikus vizsgálatok statikus és ciklikus előterhelés, terheléstartás, próbatést-védelem stb.)

**A 4400 sorozat:** amolyan „igavonó”, óriási teherbírási, strapabíró berendezés család, egyszerű kezelhetősége miatt elsősorban ipari minőségbiztosítási célokra javasolt, alkalmas szabványos és ruín statikus és kvázi-statisz mérések végrehajtására.

**A 3300 sorozat:** szabványos (ISO, EN, DIN, ASTM, JIS, BS stb.) és rutin anyagvizsgálatok végzéséhez. (Lásd a címdoldalon!)

Sorozat	3300	5500	5800
Terhelőkeret	Jó	Felső kategóriás/ Legjobb	Felső kategóriás/ Legjobb
Elektronika	Jó	Jobb	Egyedülállóan jó
Szoftver	Series IX/s (alap); Merlin (választható)	Merlin és Series IX.	Merlin és FastTrack

Amint a táblázatból látható, a tervek szerint a 3300 sorozat fokozatosan leváltja majd a 4400 sorozatot, de ára lényegesen kedvezőbb lesz elődjénél. Az idén – a 3300-as család bevezető időszaka alatt – még mindkét sorozat kapható. A 3300 családból jelenleg négy: az 5, a 10, a 30 és az 50 kN kapacitású, kőoszlopos, asztali modell kapható, de a nagy terheléstartományú, padlótelepítésű berendezésekre és az egyoszlopos asztali modellekre (500 N, 1 és 2 kN) sem kell túl sokáig várni, 2002 nyarán már ezek is szerepelnek a kínálatban.

### Az új 3300 sorozat ismérvei

#### Egyszerű

- Az Instron Series IX/s szoftver egyszerűen kezelhető és a vizsgálat-előkészítés gyors.
- Az erőmérő cellák és extenzométerek felismerése és kalibrációja automatikus.
- A kiterjesztett méréshatáru adatgyűjtők és -feldolgozók mentesítik a kezelőt azok beállításától és feleslegesek a felhasználói beavatkozások.
- A T-hornyos oszlopon rögzíthetők a kiegészítők (pl. extenzométer, próbatér megvilágítás, plexi biztonsági burkolat stb.) a vizsgálatér közelében.

#### Elérhető

Az Instron nevet a piac a minőség, a megbízhatóság és a rugalmasság fogalmakkal társítja, gyakran említik a szakítógépek „Mercedes kategóriája”-ként is. Ezért sok esetben csak a nagyon nagy leterheltségű laboratóriumokban, illetve a különlegesen jó paraméterekkel rendelkező anyagvizsgáló gépet igénylő vizsgálati feladatok és a speciális anyagok (szén-szál, kerámia stb.) esetén vagy kutatás-fejlesztési céloknál volt racionális ok az Instront választani. A 3300 sorozat ezen hivatott változtatni.

*Ma már a rutin feladatokra is egyszerű Instront választani, mert létezik*

*a 3300 sorozatú gépcsalád, amelyet erre a célra terveztek, és amely a megszokott Instron-minőség mellett árban is versenyképes.*

- Valamennyi berendezés alaptartozéka a Series IX/s szoftver és egy tetszőlegesen választható kapacitású erőmérő cella.
- Az Instron-minőség és megbízhatóság működési költségbeli megtakarítást eredményez.
- Az esetleges meghibásodás okának keresését az önteszt funkció meggyorsítja csökkentve az ezzel járó időkiesését.
- Kompatibilitás a meglévő Instron feltételek, befogók és extenzométerek jelentős többségével.

#### Instron-minőség

- Nagy nyomatékú DC motor, zárt-hurkos digitális pozícióvezérlés
- Kuplung nélküli áttétel, a megbízhatóság növelése és a beépített alkatrészek számának csökkentése céljából.
- Előfeszített golyósorsó: a holtjáték minimalizálása, hosszabb élettartam.
- Takaró rostély: hatásosabb balesetvédelem.
- A gépcsalád mindegyike CE minősítésű és megfelel az európai szabványok előírásainak.
- Színválaszték: antracit szürke, bíbor vörös, kobalt kék, vagy türkiz zöld.
- 1 év teljes körű alkatrész- és munkadíj garancia.

#### Szoftver a szabványosított vizsgálatokhoz

Minden 3300 sorozatba tartozó vizsgálgép felár nélkül tartalmazza a Series IX/s szoftver csomagot. A Series IX/s a világ egyik legismertebb anyagvizsgáló szoftvere, amely ideális a szabványosított vizsgálatok elvégzéséhez. A Series IX/s egy integrált szoftver csomag, amely egyidejűleg biztosítja a berendezés vezérlését, az adatgyűjtést, a gyűjtött adatok kiértékelését és a jegyzőkönyv szerkesztését, legyen szó akár szakító-, nyomó-, hajlítóvizsgálatról, vagy a súrlódási együttható meghatározásáról (letépo/lefejtő vizsgálatokról). A mérés végrehajtásához a kezelőnek elegendő egyszerűen egy vizsgálati eljárást kiválasztania abból a könyvtárból, amely egész sor szabvány szerinti mérési eljárás beállításait és paramétereit tartalmazza és a 3300 berendezés vizsgálatra kész. Minden egyes vizsgálat után a Series IX/s szoftver automatikusan kiszámítja azokat a mechanikai jellemzőket, amelyet a rendelkezésre álló könyvtárból a kezelő kiválasztott, mint pl. folyáshatár, rugalmassági modulus kiértékelése, maximális terhelőerő, szakítóerő, szakítószilárdság stb. Amint a mérési sorozat/adag utolsó próbatéstének vizsgálata is befejeződött, a Series IX/s automatikusan kinyomtatja a mérési jegyzőkönyvet és létrehozza a mérési végeredményt tartalmazó adatfájl-t.

A Series IX/s képességeit meghaladó vizsgálati feladatokhoz telepíthető a Merlin anyagvizsgáló szoftvercsalád (mint opció), amely teljesen kompatibilis a 3300 sorozathoz. Így ezzel a típussal is végezhetünk akár ciklikus terheléssel, statikus és ciklikus előterheléssel (ún. Tesprofiler) vizsgálatokat – ellentétben a 4400 modellel, amellyel ez nem lehetséges.

#### Általános specifikáció

**Az erőmérés pontossága:** A leolvasott érték  $\pm 0,5\%$ -a az erőmérő cella kapacitásának  $1\%$ -a feletti tartományában. Megfelel vagy túlteljesíti az ASTM E-4, BS 1610, DIN 51221, ISO 7500/1, EN 10002-2 és AFNOR A03-501 szabványok előírásait.

**Az alakváltozás-mérés pontossága:** A leolvasott érték  $\pm 0,5\%$ -a a névleges méréstartomány  $2\%$ -a feletti tartományában az ASTM E-83: B osztályú vagy az ISO 9513: 0.5 osztályú extenzométerrel. Megfelel vagy túlteljesíti az ASTM E-83, BS 3846, ISO 9513 és EN 10002-4 szabványok előírásait.

**A keresztfej-sebesség pontossága (terhelés nélkül vagy állandó terhelés esetén):** a beállított sebesség  $\pm 0,2\%$ -a.

*Ótth Péter  
Testor Kft.*



# Antiferromágneses anyagból készített vékony rétegek mágneses ellenállása és szerkezete

Kwak Dong-Ho\* – Mészáros István\*\*

A dolgozatban az antiferromágneses anyagból készített vékony rétegek szerkezete és a rétegek mágneses ellenállásának kapcsolatát vizsgáltuk, mégpedig két tényező hatását. Az egyik a vékony rétegek szerkezete (anizotrópia), másik a felületi érdesség. A minták hordozójaként minden esetben Conning 7019 típusú üveget használtunk. A készített és vizsgált antiferromágneses film a következő rétegekből épül fel: NiO/NiFe/Cu/NiFe. Egyes mintáknál a NiO réteghez egy további vékony CoO réteget adtunk hozzá. Általában az (111) Miller-indexű síkon növesztett réteg mágneses ellenállása nagyobb, mint más síkok esetén. A CoO-nak az (111) síkban nagy anizotrópia energiája és nagy felületi érdessége is van. Tehát a CoO réteg hozzáadásával a rétegek anizotrópiáját növeltük. Az atomerő mikroszkópiával (AFM), röntgendiffrakcióval (XRD) és 4-tűs mérésekkel vizsgáltuk a felsorolt tényezők hatását.

## Bevezetés

A mágneses ellenállás (MR) kutatásban ferromágneses anyagként NiFe ötvözetet, Fe és Co fémet, paramágneses anyagként rezt (Cu) és antiferromágneses anyagként NiO-t, CoO-t, FeMn-t használnak. Jack H. Judy kutatásai szerint NiCoO esetén a mágneses ellenállás változás (MR-ratio) 6%, a kicserélődési tér pedig 11,9 kA/m (150 Oe) [1]. Y. Sugita és Yu J szerint a NiO/NiFe/Cu/NiFe mintában NiFe ferromágneses rétegek között fellépő csatolás (inter-layer coupling) attól függ, hogy mennyi a paramágneses réteg (Cu) vastagsága [2,3]. Egy másik kutatás során a FeMn és NiO kicserélődési terét is megvizsgálták [4,5].

1. táblázat. A NiO és CoO fizikai tulajdonságai

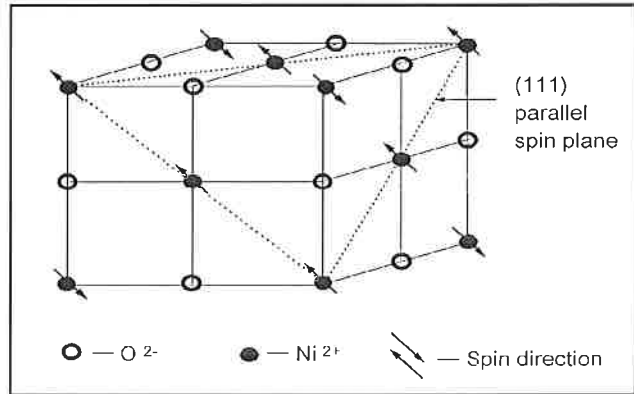
Tulajdonságok	NiO	CoO
Szerkezet	Fkk	Fkk
Rácsállandó	a = 41,946 nm	a = 42,667 nm
Rácsállandó különbség	1,9%	
Néel-hőmérséklet	523 K	293 K
(111) sík anizotrópia energiája	$K_2 = 3,3 \cdot 10^1 \text{ J/m}^3$ (300 K)	$K_2 < 2 \cdot 10^4 \text{ J/m}^3$ (4,2 K)

A mágneses ellenállás kutatásban azért használnak antiferromágneses anyagokat, mert az antiferromágneses anyagoknak jelentős a kicserélődési és az anizotrópia energiája. Ez azt eredményezi, hogy a magnetorezisztív elemeknél lépcső alakú mágneses ellenállás-térerősség karakterisztikát, azaz MR-ratio görbét kapunk, ami a mágneses adattárolásnál fontos előny a hagyományos induktív elemekkel szemben. Ma már a magnetorezisztív elemeket merevlemezek olvasófejeként és mikrofonokban is alkalmazzák [6].

Vizsgálataink során a NiO-t használtuk antiferromágneses anyagként, mert a NiO Néel-hőmérséklete nagyobb a szobahőmérsékletnél. Ebből adódóan a NiO-ot szoba hőmérsékleten is használhatjuk érzékelő és tároló elemként [7].

Az antiferromágneses anyagok kicserélődési kölcsönhatásának fontos hatása van, ami a réteg kristálytani irányától és felületi érdességétől is függ. A CoO is antiferromágneses tulajdonságú anyag hasonlóan mint

a NiO, de ennek az (111) síkban nagyobb az anizotrópia energiája [8]. Azonban, a CoO alacsony Néel-hőmérséklete miatt szobahőmérsékleten már nem jönnek létre kicserélődési kötések, a CoO paramágnesessé válik [6,9]. Az 1. táblázat és az 1. ábra a CoO és a NiO-nek tulajdonságait mutatja.



1. ábra. A NiO (111) irányú szerkezete

## Kísérleti munka

### Mintakészítés

A kísérleti munka során rádiófrekvenciás (RF) és egyenáramú (DC) porlasztási technológiával vittük föl a vékony rétegeket. 19,9 kA/m (250 Oe) erősségű anizotrópia teret létesítve NiO és CoO rétegeket vittünk föl.  $5 \cdot 10^{-4}$  Torr vákuumban a NiFe és a Cu rétegek leválasztási sebessége 0,1 nm/s, a CoO és NiO réteg növekedési sebessége pedig 0,01 nm/s  $\sim$  0,02 nm/s volt. A rétegeknek háromféle elrendezését alakítottuk ki (2. ábra). Az elsón, azaz [NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1  $\sim$  6 nm/NiFe 6 nm] mintákon a mágneses ellenállás változását vizsgáltuk a Cu réteg vastagságának függvényében és referencia mintaként kiválasztottuk a legnagyobb MR-ratio értékű mintát, amelynél a Cu vastagsága 1,6 nm volt.

		NiFe 6 nm	
		Cu 1,6 nm	
NiFe 6 nm	NiFe 6 nm	NiFe 6 nm	Teljes NiO vastagság: 40 nm
Cu 1,6 nm	Cu 1,6 nm	NiO 13,3 nm	
NiFe 6 nm	NiFe 6 nm	CoO 0,2~2,4 nm	
NiO 40 nm	NiO 40 nm	NiO 13,3 nm	
		CoO 0,2~2,4 nm	
	CoO 0,6~3,6 nm	NiO 13,3 nm	
Üveg (Glass)	Üveg (Glass)	Üveg (Glass)	

2. ábra. A vizsgált vékony rétegek szerkezete

A második [CoO 0,6  $\sim$  3,6 nm/NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] és a harmadik [NiO 13,3 nm/CoO 0,2  $\sim$  2,4 nm/NiO 13,3 nm/CoO 0,2  $\sim$  2,4 nm/ NiO 13,3 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] mintákat azért készítettük, hogy az antiferromágneses NiO-nak a kicserélődési energiáját a nagy anizotrópiájú CoO segítségével növeljük.

### Vizsgálati módszerek

A minták mágneses ellenállásának nagyságát 4-tűs módszerrel vizs-

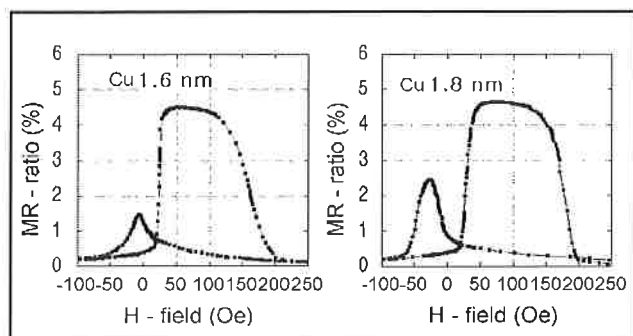
\* Doktorandusz, \*\* Dr., egyetemi docens; mindketten: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék, 1111 Budapest, Goldmann tér 3.  
Tel: (1) 463 2175, e-mail: dhkwak@eik.bme.hu, ill. tel: (1) 463 2883, e-mail: meszaros@eik.bme.hu

gáltak. Röntgendiffrakcióval 20° és 65° szögtartományban 2θ módszerrel a különböző kristálytani irányokhoz tartozó NiO és NiFe csúcsok nagyságát mértük. Megvizsgáltuk továbbá a minták mágneses ellenállásának változását a Cu-réteg vastagságának függvényében (4. ábra). Ezeket az értékeket hasonlítottuk össze a röntgendiffrakciós mérések eredményeivel. A rétegek átlagos felületi érdességét AFM mikroszkóppal mértük.

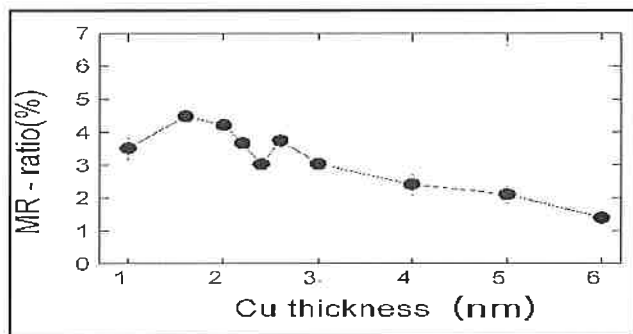
A kapott eredményeket kiértékelve, a réteg érdessége, az MR érték és a kristálytani irány között találtunk összefüggéseket.

### Eredmények és értékelésük

A [NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1 ~ 6 nm/NiFe 6 nm] mintasorozat 1,6 nm és 1,8 nm Cu vastagságú mintáin kaptuk a legnagyobb MR értékeket: 4,496% és 4,656% (3. és 4. ábrák).



3. ábra. A [NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm, 1,8 nm/NiFe 6 nm] minta MR-H görbéje



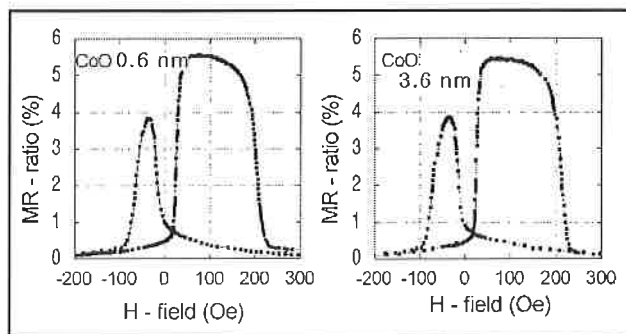
4. ábra. A Cu vastagságától függő maximum MR értékek

Az antiferromágneses réteg (NiO) és ferromágneses réteg (NiFe) közötti kicserélődési kölcsönhatás miatt a kapott MR görbék nem szimmetrikusak. A NiFe mágneses tere a kicserélődési kötés miatt csak akkor változik meg, ha a külső mágneses tér nagyobb, mint a kötési tér. Azaz, a rétegek között kialakuló kötési tér a ferromágneses réteg átmágneseződését befolyásolja. Tehát a NiFe réteg a külső mágneses tér meghatározott értékénél mágneseződik föl.

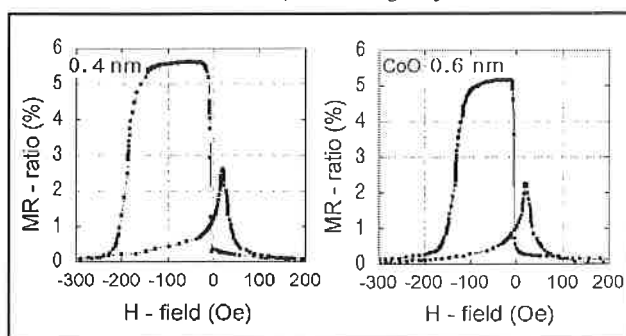
A mágneses ellenállás kutatásában szükség van a rétegek közötti kölcsönhatás, a kristályszerkezet és a felületi érdesség megvizsgálásra. Ezért a következő kísérletben a CoO [111] irányú nagy anizotrópiájának

és felületi érdességének a NiO réteg anizotrópia energiájára és felületi érdességére gyakorolt hatását tanulmányoztuk.

A CoO tartalmú mintákkal körülbelül 1%-kal nagyobb MR értéket kaptunk, mint NiO mintán. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy az MR érték növekedésnek a fő oka a CoO által előidézett nagy érdesség és az [111] irányú anizotrópia (5. és 6. ábrák).



5. ábra. A [CoO 0,6; 3,6 nm/NiO 40nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] minta MR görbéje

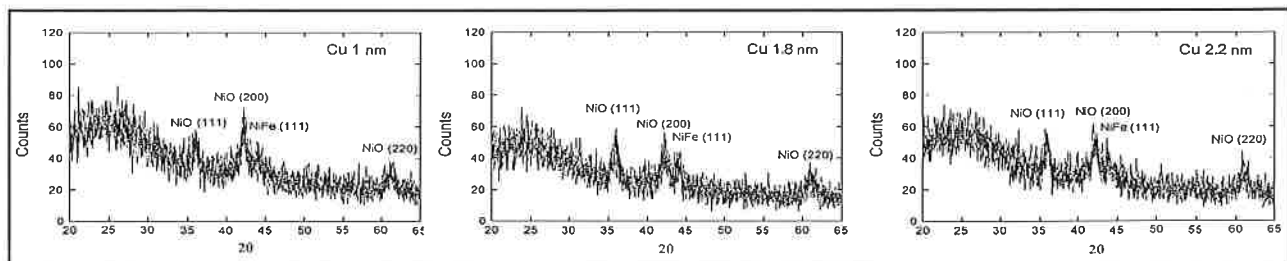


6. ábra. A [NiO 13,3 nm/CoO 0,4; 0,6 nm/NiO 13,3 nm/CoO 0,4; 0,6 nm/NiO 13,3 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] minta görbéje

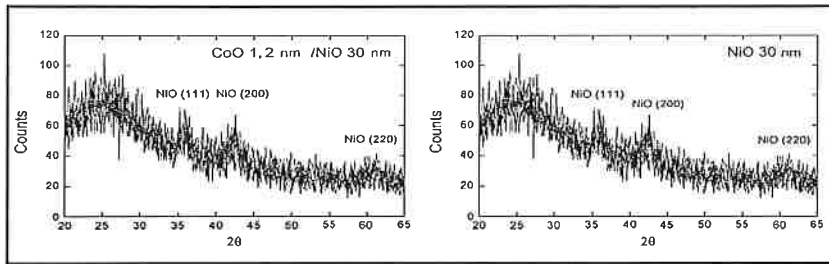
Röntgendiffrakciós mérésekkel a kristály szerkezetét, az AFM mikroszkóppal pedig a felületi érdességet vizsgáltuk.

A 7. ábra azt mutatja, hogy az egyes minták kristályszerkezete nem ugyanaz. Ezeknél a mintáknál csak a Cu vastagságát változtattuk, de a NiO és a NiFe a kristály növekedő lapja is változott. A nagy MR értékű (1,8 nm Cu réteget tartalmazó) mintánál azt láthatjuk, hogy a NiO (111) kristálytani irányhoz tartozó csúcs értéke nagyobb, mint a többieké. Azaz az MR érték és a NiO [111] irányú csúcsértéke között szoros kapcsolat van. Feltételeztük, hogy a polikristályos szerkezetű NiO rétegben az [111] irányú szemcsék térfogatarányának növelése az MR érték növekedését okozza. Ezen okok miatt NiO és CoO multi-rétegszerkezetet készítettünk. Azonban, a 8. ábrán látható kísérleti eredményekből arra következtethetünk, hogy a CoO-nak nincsen számottevő hatása a NiO réteg anizotrópiájára, ugyanis a várakozással ellentétben a (111) csúcs értéke csökkent.

Feltételezésünk szerint szobahőmérsékleten önmagában a CoO – az kis Néel-hőmérséklete miatt – nem antiferromágneses szerkezetű, hanem paramágneses állapotban van. Úgy tűnik, hogy a CoO anizotrop tulajdonsága nincs befolyással a NiO kristályszerkezetére. Ennek elle-



7. ábra. A [NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1; 1,8; 2,2 nm/NiFe 0,6 nm] minták XRD adatai



8. ábra. A [CoO 1,2 nm/NiO 30 nm, NiO 30 nm] minták XRD adatai

nére 1%-kal nagyobb MR értéket kaptunk. Ezt a CoO felületi érdességének hatásával magyaráztuk.

A 9. ábrán a NiO 30 nm réteg (a), a CoO 30 nm réteg (b) és a CoO 1,2 nm/NiO 30 nm réteg (c) felületi érdességét láthatjuk. Az átlagos felületi érdesség értéke (a) 0,35 nm, (b) 0,61 nm, (c) 0,36 nm volt. Azaz, a (b) mintán kaptuk a legnagyobb értéket, amit a CoO-t közbeiktatása okozott. Vagy is minél nagyobb a rétegek közötti határfelület területe, annál nagyobb az érdesség. Tehát a kísérleteink alapján azt mondhatjuk, hogy a CoO hatását elsősorban az érdesség növekedésének tulajdoníthatjuk. Megállapítottuk tehát, hogy a mágneses ellenállás és vékony rétegek határfelületének nagysága között nagyon szoros összefüggés van.

**Következtetések**

A NiO/NiFe/Cu/NiFe minták közül az 1,8 nm Cu vastagságú mintán 4,656%-os MR értéket kaptunk.

A NiO rétegbe közbeiktatott CoO rétegű mintákon körülbelül 1%-kal nagyobb mágneses ellenállás értéket kaptunk.

A [CoO 0,6 nm/NiO 40 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] mintán az MR-re 5,552%-ot, a [NiO 13,3 nm/CoO 0,4 nm/NiO 13,3 nm/CoO 0,4 nm/NiO 13,3 nm/NiFe 6 nm/Cu 1,6 nm/NiFe 6 nm] mintán 5,632%-ot mértünk.

Az XRD adat szerint CoO [111] irányú anizotrop tulajdonságát nem tapasztaltuk.

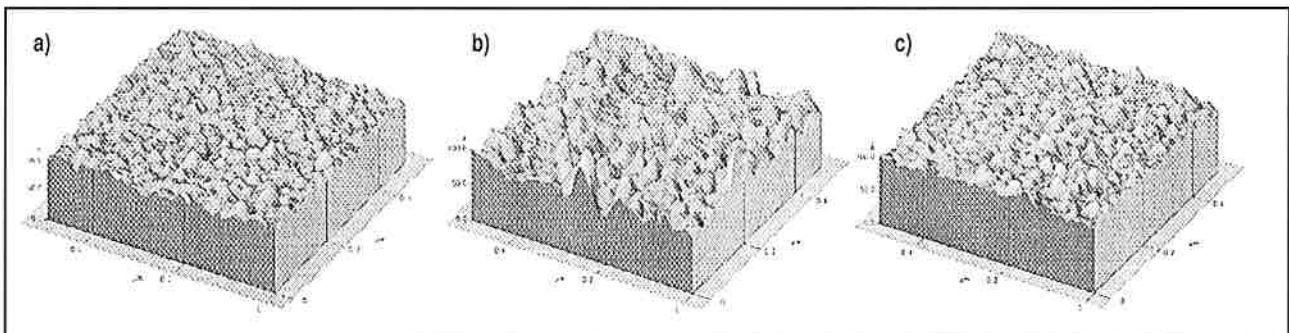
Az AFM módszerrel a rétegek felületi érdességét vizsgáltuk. CoO mintában nagyobb átlagos érdesség értéket kaptunk.

Kísérleti eredményeink alapján az állapítható meg, hogy a CoO két tulajdonsága az anizotropia és felületi érdesség közül, a felületi érdességnek van erőteljesebb hatása a vizsgált vékony rétegek mágneses ellenállására.

Ezúton köszönöm dr. Ginsztler János professzor úrnak (BME, MTAT) a publikáció összeállításában nyújtott segítségét.

**Irodalom**

[1] Jack H. Judy et al: Magnetoresistance Studies of NiCoO Exchange Biased Spin-Valve Structure, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 30, No. 6, 3834, November 1994  
 [2] Y. Sugita et al: Giant Magnetoresistance of Spin Valve Films with NiO Antiferromagnetic Films, Jpn. J. Appl. Mag., Vol. 18, No. 2, 355, 1994  
 [3] Yu J. et al: Effects of spacer layer thickness and substrate temperature on the magnetoresistance of rf-sputtered CoFe/Cu/NiFe trilayers, Physica Status Solidi A-Applied Research, V.187 N.2, 517-520, 2001  
 [4] Shin Noguchi et al: Magnetoresistance and Preferred Orientation in FeMn/NiFe/Cu/NiFe Sandwiches with Various Buffer Layer Materials, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33, No. 1A, 133, 1994  
 [5] Takahashi T et al: Exchange anisotropy in NiFe/NiO/CoPt trilayers, Surface Science, V.493 N.1-3, 731-736, 2001  
 [6] Adrian J. Devasahayam and Mark H. Kryder: The effect of sputtering conditions on the exchange fields of CoxNi1-xO and NiFe, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 31, No. 6, 3820, November 1995  
 [7] M.J.Carey and A.E.Berkowitz: CoO-NiO superlattices: Interlayer interactions and exchange anisotropy with Ni81Fe19 (invite), J. Appl. Phys., Vol. 72(10). 6892. 15 May 1993  
 [8] Timothy J. Moran and Ivan K. Schuller: Effect of Cooling Field Strength on Exchange Anisotropy at Permalloy/CoO Interfaces. J. Appl. Phys. Vol. 79 (8), 15 April 1996  
 [9] Jun-ichi Fujikata et al: Magnetoresistance Effect in Spin-Valve Structures with CoO/NiO superlattices IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 31, No. 6, 3936, November 1995.



9. ábra. AFM felületi érdesség adatok: (a) NiO 30 nm réteg, (b) CoO 30 nm réteg és (c) CoO 1,2 nm/NiO 30 nm

**SZEMLE**

A kisnyomású szintézissel előállított gyémántrétegek gyártástechnológiájának és alkalmazásának újabb eredményeiről tájékozódhatunk a Kohászat 2002 januári számában Deák Péter, a BME fizikaprofesszorának és dokoranduszainak: Kovács Antalnak és Kovácsné Csorbai Hajnalkának cikkéből. A CVD (kémiai gőzfázisú leválasztás) módszerrel készíthető 8–10 µm vastag gyémántréteg előnyeit napjainkban elsősorban a forgácsoló szerszámoknál érvényesítik teljesítmény- és élettartamnövelés céljából. Legnagyobb előrelépés a mechanikai alkalma-

zás terén a köztes rétegrendszerek megvalósítása. De a gyémánt kiváló fizikai tulajdonságai (jó hő- és hangvezető, illetve vilamos szigetelő képessége, nagy törésmutatója, nagy kémiai stabilitása) révén számos optoelektronikai (pl.: felületi akusztikus hullámvezető), elektronikai, optikai (pl.: gyémántlencsék), elektrokémiai (pl.: gyémántelektrodok) alkalmazása valósult már meg. Folyamatban van a gyémántalapú sugárérzékelők fejlesztése, de élénk kutatás tárgya a gyémánt teljesítmény-elektronikai alkalmazása, mivel a gyémánt ideális félvezető anyag erre a célra.

# Roncsolásmentes anyagvizsgáló készülékek kalibrálása

Benedek Béla\*

Hazánk küszöbön álló európai uniós csatlakozása már most, a felkészülési időszakban is jelentős feladatok elé állítja a roncsolásmentes anyagvizsgálat területén dolgozó vizsgálólaboratóriumokat. A minőségirányítással, a megfelelőséggel kapcsolatos európai szabványok átvétele rohamléptekben történik, sok esetben változtatás, magyar fordítás nélkül. Annak ellenére, hogy a szabványok alkalmazása nem kötelező, a globalizáció és a piaci verseny rákényszeríti a gazdasági élet szereplőit a tanúsított minőségirányítási rendszer bevezetésére.

A mérő- és vizsgálólaboratóriumok tanúsítását a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) végzi. Az akkreditációs eljárásokat 2002 januárjától az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabvány szerint folytatja le a testület, a régi okiratok érvényessége 2002. december 31-én megszűnik.

A vizsgáló- és mérőeszközök által szolgáltatott eredmények érvényessége érdekében a berendezéseket

1. meghatározott időszakonként vagy használat előtt kalibrálni vagy hitelesíteni kell. Az összehasonlításhoz vagy olyan mérési etalonok szükségesek, amelyek visszavezethetők a nemzetközi vagy nemzeti mérési etalonokra; vagy ha ilyen etalonok nincsenek, akkor a kalibrálás vagy a hitelesítés alapját dokumentálni kell;

2. be kell állítani vagy szükség esetén újra be kell állítani;

3. azonosítani kell, hogy kalibráltságuk vagy hitelesítettségük megállapítható legyen;

4. meg kell védeni olyan behatásoktól, amelyek érvényteleníthetik a mérési eredményt;

5. meg kell védeni károsodástól és állagromlásától a kezelést, a karbantartást és a tárolást időszakában.

A kalibrálás és a hitelesítés eredményeiről készült feljegyzéseket és dokumentumokat meg kell őrizni.

Ezeket a követelményeket mintegy előre látva a Ke-Tech Kft. vezetősége már 1999 végén stratégiai döntést hozott, és megkezdte a felkészülést az anyagvizsgáló berendezések kalibrálására szolgáló Kalibráló Laboratórium létrehozására, illetve az akkreditációs folyamat elindítására. Ez a döntés nem kevés anyagi és szellemi áldozatot kívánt meg a cégtől, beleértve ebbe a kalibráláshoz szükséges mérőeszközök megvásárlását, mérőképességük tanúsíttatását, az akkreditált státusz megszerzéséhez szükséges dokumentumok elkészítését valamint az akkreditációs eljárás költségeit. A folyamat mintegy két évet vett igénybe. A hosszú időnek legfőbb oka az, hogy ezen a területen tudomásunk szerint sem Magyarországon, sem a kelet-közép-európai régióban nem működik akkreditált kalibráló laboratórium. Sem minta, sem összehasonlítási alap nem állt rendelkezésre. 2001 decemberében a NAT akkreditáló bizottsága négy területen ítélte oda az akkreditált státuszt a Ke-Tech Kft. Kalibráló Laboratóriumának:

- digitális rétegvastagság-mérő készülékek kalibrálása;
- digitális ultrahangos falvastagság-mérő készülékek kalibrálása;
- UV lámpák kalibrálása;
- ultrahangos anyagvizsgáló készülékek kalibrálása.

Terveink között szerepel az előbbieken kívül a digitális keménység-mérő készülékek, járommágnesek és ipari röntgenberendezések kalibrálásának tanúsítása is, az ezekre vonatkozó akkreditációs eljárás folyamatban van.

A felsorolt tevékenységek közül a legösszetettebb eljárás az ultrahangos anyagvizsgáló készülékek kalibrálása. Mint az ismeretes, 2000 áprilisában a CEN (Európai Szabványosítási Bizottság) bevezette az EN 12668 szabványsorozatot, amely meghatározza az ultrahangos anyagvizsgáló egységek jellemzésére és ellenőrzésére vonatkozó eljárásokat. Ezt a szabványt a Magyar Szabványügyi Testület 2000 szeptemberében jegyzékes jóváhagyó közleménnyel, MSZ EN 12668 néven nemzeti szabványként tette közzé. A 12668-1 szabvány a vizsgáló készülékekre, a 12668-2 a vizsgálófejekre, a 12668-3 pedig a komplett vizsgálóegységekre vonatkozik.

Laboratóriumunk a vizsgálókészülékek kalibrálását a 12668-1 szabvány szerint végzi. A szabvány szakított a korábbi ellenőrzési módszerekkel és új módon közelíti meg a készülékek vizsgálatát: évente elvégzett műszeres bemérést ír elő, ezzel biztosítva a készülékek vizsgálóképességének objektív megítélését. A bemérési folyamat részletes meghatározása mellett a szabvány előírja azokat a határértékeket, ame-

lyeket a készülék meghatározott paramétereinek teljesíteni kell. A szabvány két csoportba osztja az elvégzendő feladatokat: az első csoportba tartoznak a gyártó által, reprezentatív mintán mérendő paraméterek, míg a második csoportba a minden készüléken a gyártó által gyártás után (zero point test), a gyártó, a tulajdonos vagy a laboratórium által a készülék élettartama alatt évente, illetve a készülék javítása után elvégzendő mérések. Laboratóriumunk a második csoportba tartozó paraméterek mérését végzi, ezek:

1. Stabilitás a bemelegedési idő után (a képernyőn mért amplitúdó- és pozícióváltozás a skálázott képernyőmagasság és -szélesség százalékában).

2. Képernyőremegés (jitter) (a képernyőn mért amplitúdó- és pozícióváltozás a skálázott képernyőmagasság és -szélesség százalékában).

3. Tápfeszültség-változással szembeni stabilitás (a képernyőn mért amplitúdó- és pozícióváltozás a skálázott képernyőmagasság és -szélesség százalékában).

4. Az adóimpulzus csúcshatárértéke, felütési ideje, utórezgése és hossza.

5. A erősítő frekvenciamenete (alsó, felső határfrekvencia, közepes frekvencia).

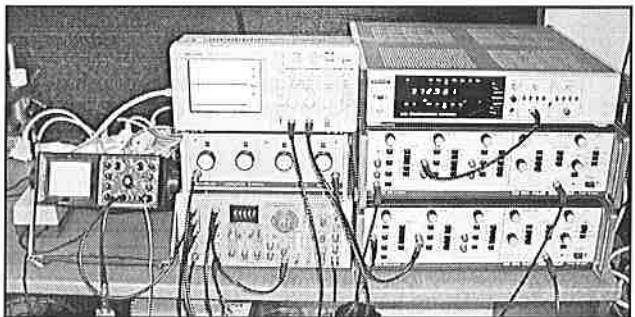
6. Egyenértékű bemeneti zaj.

7. A kalibrált decibel-osztó (erősítésszabályozó) pontossága (decibelben).

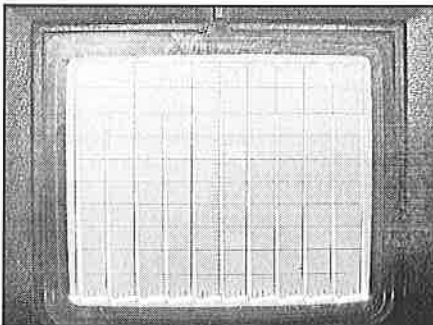
8. A képernyő függőleges linearitása (a skálázott képernyőmagasság százalékában).

9. Az időalap linearitása (a skálázott képernyőszélesség százalékában).

A mérőberendezés impulzusgenerátorokból, kapuzható szignálgenerátorból, digitális oszcilloszkópból, csillapítás-dekádból és frekvenciamérő/számláló készülékből áll. A mérőberendezés által előállított jelek, impulzusok szolgálnak az ultrahangos vizsgálókészülékek vizsgálatára.



Az UH készülékek vizsgálatára szolgáló mérőberendezés



Az időalap linearitásának mérésére szolgáló impulzussorozat a készülék képernyőjén

A kalibrálási bizonyítvány tartalmazza a mért paramétereket, az egyes értékek kiterjesztett mérési bizonytalanságát, valamint a készülék minősítő lapját. A minősítés alapját a szabványban előírt határértékek, illetve néhány paraméternél (adóimpulzus, frekvenciamenet) az adott készülékre megadott gyári értékek képezik.

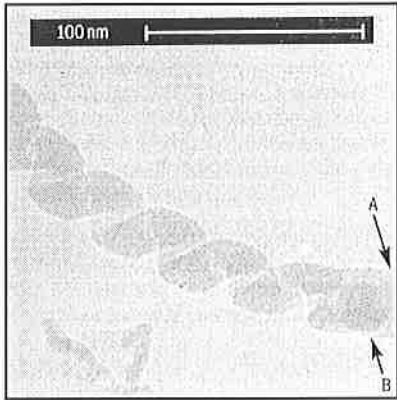
A Ke-Tech Kft. akkreditált Kalibráló Laboratóriumának tevékenységével célunk az, hogy minél magasabb szintű, a kor követelményeinek maximálisan megfelelő szolgáltatásokkal tudjunk a roncsolásmentes anyagvizsgálat területén dolgozó partnereink rendelkezésére állni.

\*Ke-Tech Kft., e-mail: ketch@elender.hu



## Nanorugó a jövőbeli érzékelőkhöz

Ha egy nanohuzal spirálvonalba csavarodik, mit kapunk? Nanorugót, természetesen. Bár a néhány nanométer átmérőjű huzalok valójában nem válnak rugóvá, azonban azzá növekedhetnek a gőz-folyadék-szilárd (VLS – vapour-liquid-solid) rendszerből. Az ún. VLS-növekedés akkor következik be, amikor a felületre ült katalizátor cseppecskében a környezet gőzéből abszorbeált huzalképző anyag



eléri a túlteltett állapotot, és abból kiválasztva fokozatosan huzal képződik. Ha valami oknál fogva a kiválás aszimmetrikus, akkor csigavonalú nanorugó képződik. Mindeddig nem világos mi vezet aszimmetriára, de az Idahoi Egyetem kutatói által javasolt nanohuzalképződési modell valószínűsíti ezt. Úgy látszik, hogy a kis katalizátor cseppecske, amelynek átmérője durván azonos a belőle növekedő nanohuzalával, a huzal csúcsán a közepén marad. Ez lineáris huzalnövekedést eredményez. Azonban, ha a cseppecske átmérője a huzalénál nagyobb, akkor a szerkezet a csúcsán bizonytalanává válik, és ha a cseppecske egyik oldalát kis koccanás (perturbáció) éri, akkor a képződő huzal egyenesből csigavonal növekedésre vált, amint ez a bor-karbid nanohuzal növekedéséről közölt, pásztázó elektronmikroszkópos képen jól megfigyelhető a B ponttól.

A nanorugók alkalmazhatók például a mágneses mezőt mérő nagyon érzékeny detektorokhoz, vagy szolgálhat helyzetbeállítóként, netán minirugóként egy jövőbeli nanogépben. (CERN Courier, November 2001)

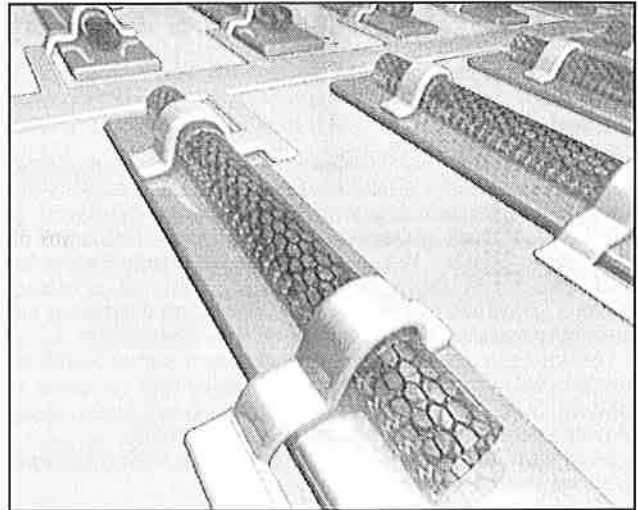
## A szén nanocsövek szupravezetővé válhatnak

A csak szénből készíthető, kis átmérőjű nanocsöveknek, alakjuk és méretük miatt, már eddig is sok érdekes villamos tulajdonságát ismerték fel. Legutóbb a szupravezető képességét mutatták ki hongkongi fizikusok, akik a zeolit kristály csatornáiba ágyazott szén nanocsövekkel kísérleteztek. Megállapították, hogy minél kisebb a nanocsövek átmérője, annál nagyobb (relatív) a szupravezetővé válás hőmérséklete. Ezt a csövecské nagyobb görbületének tulajdonítják, mely növeli – a szupravezetés szempontjából fontos – kölcsönhatást az elektronok és a rácsrezgés között. Néhány tudós ezt a fullenérek (nagy szénmolekulák) szupravezető képességével hozza kapcsolatba. Az alkáli fémekkel szennyezett (mikroötvözött) fullenérek 40 K-en, míg az elektroniányosak 52 K-en válnak szupravezetővé. A hongkongi kutatócsoport tervezi a nanocsövek mikroötvözését, hogy vajon így módon növelhető-e a nanocsövek szupravezetővé válásának hőmérséklete. (CERN Courier, December 2001)

## A szén nanocsövek szerepe az elektronikában

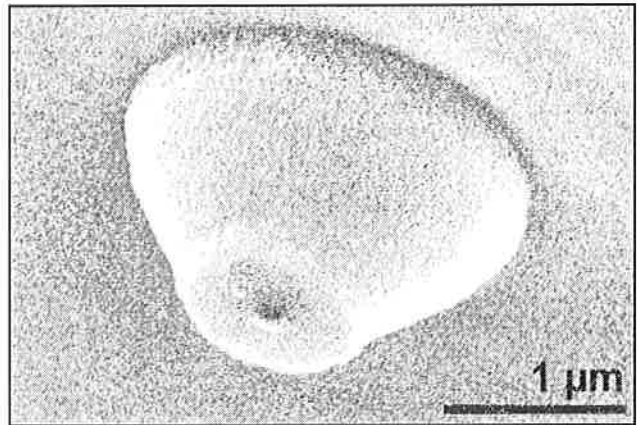
Ismeretes, hogy a hagyományos szilícium alapú mikroelektronika közelíti a méretkorlátjait. A fejlesztések azt mutatják, hogy az elektronikai elemek miniaturizálása terén a holnap technológiája a szén nanocsövek alkalmazása lehet. Holland kutatók eredményesen alkalmazták a szén nanocsöveket különböző elektronikai elemek, többek között: feszültség-átalakítók, NOR (nem-vagy) logikai áramkörök, diódák és FET (field-effect – térvezérlésű) tranzisztorok készítéséhez. A nanocsöves FET-ekből az egyszerű szilícium chippekkel együtt különböző áramköröket építettek. Képzünk egy, a nanocsöves térvezérlésű tranzisztorokból felépített nanologic áramkör részletét mutatja. De készítettek statikus RAM-ot (static random access memory – frissítést nem igénylő, közvetlen elérésű, írható-olvasható tárat) és egy oszcillátort is. A holland kutatók munkája jelentős előrelépés a nanoelektronika terén.

A chip-gyártáshoz – a pozicionálás megkönnyítése érdekében – új elektronsugaras litográfias berendezést fejlesztett ki, amelyben téremissziós méréstechnika is van. Ennek a kis térfeszültségű forrása egy szén nanocsöves, integrált áramkörös elektród, a nanokatód, amelyet egy francia-angol csoport fejlesztett ki. (CERN Courier, December 2001)



## Közeltér spektroszkópia

A fény mikroanalitikai célú alkalmazásának korlátja az 1 µm-nél nem nagyobb felbontó képesség, mely a fény hullámtermészetéből következik. Am a közelmúltban kifejlesztett ún. közeltér optikai technológiával ez a korlát átléphető – olvasható a Look Japan 2001. májusi számában. A látható fény helyett ez az új optikai technológia a célszövet felületének közvetlen közelére lokalizálódó, gyenge közeltér fény egyedülálló tulajdonságait használja. A közeltér fény nem szóródik, nem válik diffúzúzá és nem diffraktál, kiterjedését egyedül az anyag szerkezeti mérete határozza meg és nanométer nagyságrendű foltta fókuszálható. Merve a célszövet és a közeltér fény közti kölcsönhatást, nanométer nagyságrendű felbontású optikai analízist végezhetünk.



Az optikai szálakból nanotechnológiával kialakított közeltér szonda az az optikai elem, amely szelektíven és kizárólag közeltér fényt generál vagy detektál. A szonda fémmel bevont lapos csúcsán (képzünk) a nyílás 100 nm átmérőjű (az eddig előállított legkisebb nyílás: 50 nm). A közeltér szondával optikai analízis vagy optikai nanogyártás végezhető.

Az optikai analízis területén, például közeltér spektrométert fejlesztettek ki. A közeltér spektrométer a mintából generált fény és a közeltér fény kölcsönhatásából keletkező közeltér spektrumot analizálja. A közeltér szonda minta feletti helyzetét egy mechanizmus nanométer pontosan vezérli. Ez biztosítja az érintésmentes kölcsönhatást. Egy monokromátor és a szonda detektálja a gyenge közeltér fényt és ezért elég érzékeny az egyedi fotonok számlálására. Nagy előny, hogy a méréshez nem kell a mintát speciális környezetbe helyezni – például vákuumba, mint a hagyományos analitikai eszközök esetében –, és ezért a környezeti feltételek mellett elemzett minta valódi jellemzői érvényesülhetnek.

A közeltér spektrométer alkalmas a rendkívül kis tömegű szerkezetek optikai jellemzőinek a meghatározására, mint amilyen a félvezető eszközöké, és ezeken belül felderíteni a kémiai összetevők eloszlásának egyenlőtlenségeit. Áttekinthetjük a nanométer tartományban a nanoszekundumnál rövidebb időtartamú jelenségeket és tanulmányozhatjuk ezeket igen finom felbontásban. Még a szerves anyagokon is végezhetünk szerkezetelemzést az eddigieknél sokkal kisebb léptékben. Továbbá, a látható fény hullámhosszánaál kisebb pontfénytel nanométeres mintázat maratható az anyagba a hagyományos módszereknél olcsóbban és tisztábban.

Amint ígértük, rovatunkban folyamatosan közlünk olyan internetcímeket, ahol a szerkezetintegritási tudományterületről fontosabbnak ítélt eredményeket, adatokat közölnek. Napjainkban minden kutató/fejlesztő/felhasználó munka nagyrészt függ a számítógépektől és a használt alkalmazásoktól (programoktól). Ezek meglehetősen drágák lehetnek, és sok esetben lényeges segítséget jelenthet az ingyenes szoftverek használata. Ez jelentős költség-megtakarítást jelenthet, és főleg a kezdeti be tanulási periódusban jelentős költségcsökkentést eredményezhet.

Az ingyenesen használható felhasználói programok több csoportba tartoznak. Egyrészt léteznek az úgy nevezett „shareware” programok, amelyek általában teljes értékű programok, de csak meghatározott, rendszerint 1–3 hónap időtartamig használhatók, utána rendszerint nem működnek tovább. Vannak, viszont teljes funkcionalitású programok is, amelyeket általában kutatási céloknak hoznak létre és szabadon használhatók korlátlan ideig. Természetesen ezek lehetőségei korlátozottak lehetnek, viszont megtörténhet, hogy az aktuális céloknak megfelelnek.

## Ingyenesen használható szoftverek

**Wolsink.** Ezen a helyen mechanikai végelelemes szimulációs program található. Rugalmas anyagmodell használ. Térbeli modellekre csak statikai problémák megoldására alkalmas. Viszont kétdimenziós feladatoknál geometriai nonlinearításokat (kontakt feladat) is figyelembe tud venni. Windows-os kezelőfelülete is van; az alap programozási nyelve a Delphi. <http://home.wanadoo.nl/wolsink/>.

**LISA.** Mechanikai szimulációk végzéséhez használható végelelemes programrendszer. Az ingyenes változata 1300 csomópont használatát engedélyezi, ez viszont csupán kisebb alkalmazásokhoz, számításokhoz elegendő. A rendszer lineáris és nemlineáris anyagmodell használatát engedélyezi, dinamikus erőkhatások figyelembevételével. Hőtan, rezgéstani, akusztikus, elektromágneses, kifáradás valamint folyadékáramlási feladatok megoldása is lehetséges. Érintkezési feladat megoldására is lehetőség van. A felhasználói környezete Windows alapú. <http://members.aol.com/jpommereni/LISA.html>

**SLFFEA.** Ingyenes végelelemes program, amely háromdimenziós modelleket is kezelni képes. Izotrop és ortotrop anyagmodell tartalmaz és képes nagy alakváltozások kezelésére. Mechanikai és hőtan feladatok megoldására alkalmas. A honlap számos megoldott feladatot tartalmaz, amelyek vizsgálatával eldönthető a rendszer alkalmazhatósága. <http://www.geocities.com/Athens/2099/slffea.html>

**CONVERT.** A rendszer az általánosan használt mértékegységek átszámítására alkalmas. Segítségével gyorsan és megbízhatóan végezhető el a kiinduló adatok átalakításai és ez által megbízhatóbb számítások végezhetőek. A program Windows alapú kezelő felülete ingyenesen elérhető. <http://www.joshmadison.com/software/convert/>

**MARC designer.** Ez a nagy múltú, ipari szabványként ismert MARC végelelemes rendszer ingyenes verziója. Korlátozott csomópont számmal működik, és az eredeti MARC rendszer egy kis kapacitású verziója. A legnagyobb gond vele az, hogy az eredményeket és a kiinduló modell-felület nem lehet lementeni. Kisebbszámú szimulációkhoz viszont elegendő. Mechanikai, rezgéstani és hőtan vizsgálatok végzésére alkalmas. Ez az ingyenes verzió csak rugalmas anyagmodell alkalmazását engedélyezi. <http://www.fest.tuwienn.ac.at/EducationStudents/Instituts-EDV/OnlineManuals/FEM/MARC/Designer/Download/WINDOOF/>

**ProDesktop.** Ez a szoftver áttörést jelent a jelenlegi CAD programok szintjén. Az ingyenesen terjesztett program teljes 3D-s tervezést biztosít teljes funkcionalitással. Magyar nyelvű verziója is létezik már. Rendkívül

könnyen tanulható és a létező AutoCAD rajzok vagy ProEngineer rajzok és modellek átvétele biztosított. A beépített mozgásanalízis és asszociatív tervezés segítségével nagy összeállítások is professzionális szinten elkészíthetők. A rendszer Windows alapú számítógépeken működik <http://www.unilis.hu/cad/termek1.htm>

## Kutatóhelyek, kutatási központok

A szerkezetintegritás tudományág szintjén a korrózió-elemzésnek és -vizsgálatnak jelentős a szerepe. Ez nagyrészt azért van így, mert a korrózió, mint természetes folyamatot, teljesen kiküszöbölni az ipari alkalmazások szintjén nem lehet. Az internet bemutat számos kutatóhelyet, ismerteti munkájukat és a kapcsolattartás lehetőségeit. Ezen helyek közül emelünk ki néhányat a következőkben.

**Korróziós információt szolgáltató: Corrosion Information server.** Ezen a honlapon számos korrózióval kapcsolatos internetcímet lehet találni. Ez egy kapcsolattartási adatközpont (internet adatbázis) képvisel, folyamatosan bővülő adatokkal. Ezen a helyen kipróbálási verziót találunk az ECORR oktató szoftverrel is, amely a tipikus károsodási mechanizmusokat (törésmechanikai és korróziós) mutat be multimédiás módon, képekkel, leírásokkal. Ugyanakkor tartalmaz hivatkozásokat ugyancsak ingyenes szoftverekre: EnAnalyse, BatchEnAnalyse. Ez a rendszer elektrokémiai zaj szabványos statisztikai és spektrum elemzését végzi. A honlapon további információk, hivatkozási és dokumentálók listák is elérhetők. <http://www.umist.ac.uk/corrosion/CIS>

**Korróziós-doktor: Corrosion doctors.** Ez az internetes hely is, akár az előző, számos információt tartalmaz a korrózió területéről. Itt nagyrészt a károsodási mechanizmusok leírásaival találkozhatunk, viszont számos további információt szolgáltató internetcímet, szakmai könyvek leírásait és esettanulmányokat is közölnek. A honlap magyarul szótárt is tartalmaz (angol nyelven), amely a különböző károsodási módokat részletezi kiemelve az ezek közötti ok-okozat összefüggéseket. <http://corrosion-doctors.org/>

**InterCORR international.** Ez ugyancsak számos információt tartalmazó internet szerver. Innen is számos hasznos információ és tananyag érhető el. A honlap ipari szakembereknek szóló „találkozóhely”, ahol a saját eredményeiket tudják megosztani. Számos ipari és kutatási cégre való hivatkozásokat tartalmaz, amelyek köre folyamatosan bővül. Ugyancsak információk érhetők el erről a helyről különböző szoftverek terén. Ezek nem ingyenesek, viszont eléggé részletes információkat tudhatunk meg róluk (pl. **Predict** – korrózió előrejelzési rendszer, **Strategy A** – anyagválasztó rendszer sós környezetben működő csővezetékhez, kockázat alapú elemzéssel valamint repedésterjedési előrejelzési lehetőséggel, **Strategy B** – anyagválasztó rendszerként tartalmazó környezet esetén az előző rendszerrel azonos lehetőségekkel, **Socrates** – anyagválasztó rendszer olajos környezetben működő csővezetékhez, az előző két rendszerrel azonos lehetőségekkel). A honlapon nemzetközi területen működő szakemberek vagy kutatócsoportok kapcsolattartási címei is elérhetőek. A honlapon működik egy online elektronikus publikációs központ is (**Corrosionengineering**), amelyen a cikkek közvetlenül elérhetőek ingyenesen. Ez a rész lehetőséget nyújt saját publikációk közlésére is. A rendszerben működik egy híruság kategóriájú információs központ is („**Corrosion Source**”), ahol naprakész információk érhetőek el a korrózió területén (könyvek, technikai könyvtár, oktatási anyagok korrózió és törésmechanikai területen, programok, beszámolók, konferencia felhívások stb. Ezek speciális „tudásbázis” eléréséhez regisztráció szükséges és nem ingyenes. <http://www.cihouston.com/>

Klementis Ottó

**Anyagvizsgálókat keres felvételre csepeli telephelyű részvénytársaság  
sugárveszélyes munkakörbe szakmai (RT2, UT2, ET2) végzettséggel és gyakorlattal.**

**Jelentkezés: Tóth Péter laboratóriumvezetőnél, tel.: (1) 277-0902**

**Prohászka János:**

## A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai

A Műegyetemi Kiadó gondozásában, az Oktatási Minisztérium Felsőoktatási Pályázatok Irodájának támogatásával, Dobránszky János szerkesztésében 2001-ben hiánypótló könyv jelenhetett *Prohászka János* akadémikusnak a tollából. Az anyagtudomány mélyebb alapjainak megismertetésében korábban is úttörő szerepet vállaló professzor most egy 409 oldal terjedelmű monográfiában igyekszik mindazt összefoglalni, amit a fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságairól tudni kell. Tekintettel arra, hogy e tulajdonságokat az anyag rács- és szövetszerkezete határozza meg, a tulajdonságok tárgyalása nem képzelhető el az anyagszerkezet lényegi tárgyalása, áttekintése nélkül. A 13 fejezetre tagozódó könyvet minden esetben fejezetenkénti irodalomjegyzék zár. Ez megkönnyíti az egyes részterületek iránt érdeklődő olvasóknak a tájékozódást.

A könyv első, igen hangsúlyos, 73 oldal terjedelmű fejezete a tulajdonképpeni azokat az alapfogalmakat tekintli át, amelyekkel a fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságait értelmezni, és jellemezni tudjuk. A feszültségi és alakváltozási mennyiségek mechanikai értelmezését követően bemutatja azok kísérleti meghatározásának anyagvizsgálati eljárásait: a szakító-, nyomó-, hajlító-, nyíró- és csavaróvizsgálatot és mérőszámait; a különböző Brinell-, Vickers-, Mayer-, Knoop-, Rockwell-féle és egyéb keménységmérési eljárásokat; az anyagok szívósságának jellemzésére alkalmazott Charpy-féle ütővizsgálat jellegzetességeit. Ezt a fejezetet az alakítástechnológiai szempontból igen lényeges technológiai próba, a mélyhúzóhatóság néhány kérdésének taglálása zárja.

A 67 oldal terjedelmű második fejezet a mechanikai viselkedés alapjait adó kristályhibákkal foglalkozik. Az ötvözésnek, a hőkezelésnek és a képlékenyalakításnak a tulajdonságok módosításában betöltött szerepének megértését segíti a pont- és vonalszerű kristályhibák, a diszlokációk energiája, sokszorozódása, metsződése, nem-konzervatív mozgása című alfejezetek, majd a felületi rács hibák és a kristályhibák kölcsönhatását tárgyaló fejezet-rész.

Az első két fejezet a mechanikai tulajdonságok megértésének alapjait tárgyalja. A harmadik, mindössze 26 oldalnyi fejezet, a tulajdonságok egyikeivel, a rugalmas viselkedéssel foglalkozik. Ennek keretében a rugalmas alakváltozás atomi szerkezetből következő okaival, a jelenség kontinuummechanikai leírásával, az egykristályos és a polikristályos fémek rugalmas viselkedésének különbségével, az anizotrópia jelenségével ismerkedhet meg az olvasó. Külön rész taglalja az ún. különleges alakváltozásokat, a „gumiszerű” ötvözeteket, az alakemlékező ötvözeteket, a magnetosztrikció jelenségét és a piezoelektromos anyagokat.

A mindössze nyolc oldal terjedelmű nyolcadik fejezet az anelaszticitással és az anyagok belső súrlódásával foglalkozik. Az anyagok rugalmas viselkedésének tárgyalásakor hallgatólagosan mindig feltételezzük, hogy a feszültségek és alakváltozások között abszolút lineáris kapcsolat van, azaz a terhelésre az anyag azonnal, időben „késés” nélkül és veszteségmentesen, energiafelhasználás nélkül „válaszol”. Ez azonban csak nagyon jó közelítéssel igaz, hisz a szerkezetnek (az anyagnak) időre van szüksége, hogy a külső terhelésre „megadja a választ”. A „hatás” (terhelés) és a „válasz” (alakváltozás) közötti kapcsolat döntően nem lineáris. Erről az „anelaszticitás” kifejezéssel illetett jelenségről kaphatunk képet az fejezet átolvasása után.

A 21 oldal terjedelmű ötödik fejezet az egykristályok képlékeny alakváltozásával kapcsolatos ismereteket foglalja össze. Tárgyalja a különböző rácsszerkezetű fémek csúsztatásait, csúsztási irányait, rendszereit és az ezekből egyértelműen következő tényeket, mint például a különböző rács szerkezetű fémek felkeményedését.

A 45 oldal terjedelmű hatodik fejezet a polikristályos fémek képlékeny alakváltozásával és a szilárdságuk növelésének elvi és gyakorlati lehetőségeivel, az azt megvalósító technológiák sajátosságaival foglalkozik. Külön rész tárgyalja az egy- és a polikristályos anyagokra jellemző feszültség-alakváltozás görbéket. Átfogó képet kaphatunk az oldott ötvözőelemeknek a mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásáról, a kiválasztás, a diszperziós keményedésről, a két- és többfázisú rendszerek viselkedéséről, a fázisátalakulás okozta szilárdság-növekedésről. Mintegy tíz oldal terjedelemben tárgyalja a szerző a szuperképlékenység sajátosságait.

A hetedik fejezet a kúszás jelenségével, leírásának ún. „mérnöki” lehetőségeivel, a folyamat fizikai alapjaival foglalkozik. Az alapvető definíciókat megismerve átfogó képet kaphatunk a kúszás elvileg lehetséges mechanizmusairól: a diszlokációk csúsztatásával és kúszásával, a kristallithatárok csúsztatásával és a ponthibák rendezéssel diffúziójával megvalósuló maradó alakváltozással lejártszó kúszásról. Az alapvető mechanizmusok ismeretében lehetőség van a kúszásra igénybevett anyagok mikroszerkezeti sajátosságainak tárgyalására és egyben a kúszásálló anyagok fejlesztési irányainak kijelölésére. A kúszás jelenségének tárgyalását követően kézenfekvő az alakváltozás lehetséges mechanizmusainak áttekintése a terhelő

feszültség és a hőmérséklet függvényében. Az Ashby által javasolt normalizált feszültség-hőmérséklet koordináta-rendszerben néhány fémre és ötvözetre nézve képet kaphatunk a különböző alakváltozási mechanizmusokról, azok működési feltételeiről és egyben a kúszásálló ötvözetek fejlesztési tendenciáiról.

A 21 oldal terjedelmű nyolcadik fejezete a kifáradás jelenségét tekinti át röviden. Az alapfogalmakat követően bemutatja a terhelés körülményeinek az élettartamra gyakorolt hatását és ezen keresztül a mérnöki gyakorlatban széles körben alkalmazott ún. biztonsági diagramok típusait, azok jellemzőit. Külön rész tárgyalja az ismétlődő terhelés hatására bekövetkező felkeményedést, lágyulás folyamatát, azok anyagszerkezeti hátterét. A fejezetet a kisciklusú fáradásra vonatkozó ismeretek tárgyalása zárja, különös tekintettel annak anyagszerkezeti vonatkozásaira.

A törések jellegzetességeit taglalja a kilencedik fejezet 47 oldalnyi terjedelemben. A törési folyamatok megismerésében minden esetben az ideális, a kohéziós szilárdságból kell kiindulni, és sorra venni mindazon tényezőket, amelyek ezen ideális szilárdságot csökkentik, legyenek ezek akár „belső” ún. anyagszerkezeti, akár külső, vizsgálattechnikai paraméterek. A fejezet e tényezőkről ad áttekintést a ridegtörés Griffith-féle energetikai kritériumból kiindulva a rideg, hasadásos repedés keletkezésének diszlokációs modelljén keresztül a polikristályos fémek rideg-szívós átmenetének értelmezéséig. A képlékeny, kúszásos és fáradásos törés jellegzetességeit, azok anyagszerkezeti sajátosságait külön-külön részek tárgyalják. A fejezetet a törethelyületek információtartalmának elemzése, a fraktográfiai sajátosságok bemutatása zárja.

A törésmechanika néhány irányzatának ismertetése a tizedik fejezetben, 25 oldalnyi terjedelemben kapott helyet. A Griffith-elméletből kiindulva, annak Orovan Egon által javasolt módosításán keresztül a törésmechanikai gyakorlati alkalmazását segítő George Irwin által bevezetett repedésterjesztő erő fogalmáról, modellekről kaphatunk átfogó képet e fejezet bevezető részében. A lineárisan rugalmas törésmechanika klasszikus elveit, összefüggéseit követően a törési szívósság kísérleti módszereit ismerteti. Tekintettel arra, hogy a gyakorlatban minden esetben kisebb-nagyobb méretű képlékeny zóna keletkezik a repedés csúcsa előtt és e folyamat energia-elnyelődéssel jár, a képlékeny zóna méretét befolyásoló tényezők rövid áttekintése indokolt.

A sugárzásnak a fémek és ötvözetek viselkedésére gyakorolt hatásáról a tizenegyedik fejezetben tájékozódhat az olvasó mintegy 21 oldalnyi terjedelemben. Képet kaphatunk a nagyenergiájú részecskék becsapódása okozta anyagszerkezeti változások természetéről (és az ezzel okozott károsodás vizsgálattechnikai elveiről), valamint ezek eredőjéről, a mechanikai tulajdonságokban bekövetkező – káros jelenségeket tükröző – változásokról. A legényesebb ezek közül a szívós-rideg átmenet hőmérsékletének emelkedése, azaz az elridegedés.

A 12 fejezet kilencoldalnyi terjedelemben a társított anyagokkal, a kompozitokkal foglalkozik. Ezen, igen sokféle anyag sajátosságait, viselkedésének elveit taglaló szakirodalom ma már könyvtárakat tölt meg, így nem is várható, hogy a szerző mindezeket természetéről (és az ezzel adódóan csupán a néhány alapelv bemutatása mellett a szálerősítésű anyagok várható viselkedését leíró alapelvekkel ismerkedhet meg az olvasó. Ugyancsak képet kaphatunk a gyakorlat szempontjából igen perspektivikus részecskeerősítésű kompozitokról, amelyeket már napjainkban is széles körben alkalmaznak, és amelyek az anyagtudományi kutatások egyik kiemelt területe.

A könyv érdemi részét a féművegekkel foglalkozó, hétoldalnyi terjedelmű tizenharmadik fejezet zárja, amelyben képet kaphatunk arról, hogy ezen anyagok miképpen egyesítik a kristályos szerkezetű fémek és az amorf üvegek előnyös és hátrányos tulajdonságait. A gyakorlatban alkalmazott féművegek típusait, gyártásának technológiai megoldásait követően azok mechanikai tulajdonságait tekinti át a szerző.

A könyvet függelék és a könyv használatát nagyon megkönnyítő részletes tárgymutató zárja.

Jelen sorok írója összefoglalóan azt mondhatja, hogy az anyagtudománnyal, az anyagvizsgálattal, egyáltalán az anyagokkal foglalkozó szakemberek, egyetemi hallgatók számára magyar nyelven „megszületett” egy olyan könyv, amelyet az említett közösség „bibliaként” fog használni. Jómagam is, aki e közösségnek a tagja, messzemenően egyetérték Szerzőnek a könyv Előszavában megfogalmazottakkal: „Nem könnyű olyan tárgykörből egyetlen tankönyvet írni, melynek hazai előzményei nincsenek”. Megítélésem szerint Prohászka János akadémikus e valóban nem könnyű feladatot igen jól megoldotta, hisz olyan könyvet „tett le”, amelyből hazánkban nagyon sokan fognak tanulni az elkövetkezendő időben, és amelyre nagyon sokat fognak hivatkozni. A Szerző most is megtette azt a lépést, amelyet a több mint 35 éve, 1964-ben megtett, amikor is megírta az első olyan magyar nyelvű egyetemi jegyzetet, amelyben a fémek szerkezetét és technológiai tulajdonságait magyar nyelven első alkalommal a korszerű fémfizikai alapokon tárgyalta (Anyagszerkezeti ismeretek).

Toth László

## Augustin Georges Albert Charpy

1865. szeptember 1. Quillis Rhone – 1945. november 25. Paris

Mielőtt egy rövid életrajzot ismertetnék, egy az anyagvizsgálat területén kiemelkedőt alkotó személyt bemutatnék engedje meg a Tisztelt Olvasó, hogy egy személyes adalékkal is szolgáljak. Mint ismeretes G. Charpy Budapesten az 1901-ben tartott nemzetközi anyagvizsgáló kongresszuson ismertette először az anyagvizsgálók mindennapi életébe bevonult ingás ütőművel végrehajtott mechanikai anyagvizsgálási eljárást és az ehhez alkalmazott berendezést [1]. A magyar szakemberek közül Bartel János volt az, aki igen jelentős eredményeket ért el mind hazai, mind pedig nemzetközi mércével mérve a vizsgálat széles körű elterjesztésében. Egyetemi doktori disszertációmban (1970-es évek eleje) a vizsgálat információtartalmával foglalkoztam, így a technikatörténettel – mint köztudott – nagy szeretettel foglalkozó Terplán Zénó professzor (1921. május 25. – 2002. január 16.) arra kérte, hogy a Bartel János életrajzána megírásához [2] adjak néhány, Charpy életére vonatkozó anyagot. Egrészét szégyelltem magam, hogy ilyenekkel nem rendelkezem, másrészt az akkor még Nehézipari Műszaki Egyetem könyvtárába átmenve sem találtam olyan irodalmi forrásokat, amely akár csak a szokásos szűkszavúsággal is bemutatná volna G. Charpy életét. Az időben nagyot ugorva a 90-es évek végén részt vehettem egy olyan konferencián Fontainebleau-ban, ahol A. Pineau professzor említette egyik előadásában a törési folyamatok leírására használt, ún. „local approach” kapcsán, hogy abban a laboratóriumban dolgozik, ahol annak idején G. Charpy is dolgozott. Ez adta az ötletet a centenáriumi konferencia közös megszervezéséhez.

Csak annyit jegyeztek fel Charpyról, hogy 1865-ben született és 1945-ben halt meg, miközben még mind szellemileg, mind fizikailag igen nagy frissességnek örvendett.

Húsz éves volt, mikor bekerül a Politechnikumba (Francia Nemzeti Műszaki Főiskola), miután kis híján, édesapja nyomdokaiba lépve, nem tengerész lett. A kémiai folyamatok előkészítését választotta szakirányként. Az itt megkezdett munka eredménye a *só alapú oldatok egy-néhány jellegzetes tulajdonsága* témájában írt doktori disszertációja. Nem sokkal később Gautier-val közösen jelentett meg egy kémiai témájú művet.

Gyakorlati szakemberként lépett be 1892-ben a Haditengerészet Központi Laboratóriumába, ahol a fémek és ötvözetek tanulmányozása volt a feladata. Itt kezdte kohászati karrierjét, mint kémikus. Ebből adódóan minden problémát kémiai problémaként kezelte, és mint olyan ember, aki a laboratóriumi körülmények között is otthonosan érzi magát, hozzá volt szokva ahhoz, hogy a problémákat tudományos módszerekkel is elemezze.

Charpy első találkozása a kohászattal épp arra az időszakra tehető, amikor a korszak szakemberei a fémek tudományának dzsungelét próbálják megtisztítani: Osmond és Le Chatelier már lefektették a metallográfiának, mint tudományágnak az alapjait: a metallográfiát, a fémek különböző ötvözetek meghatározását és a fázisok, szövetszerkezetek kialakulásának folyamatát. A Le Chatelier által kifejlesztett pirométeres hőmérsékletmérés pedig az olvadátkban lejátszódó folyamatok pontosabb megismeréséhez járult igen nagymértékben hozzá.

Charpynek tehát már igen lényeges munkaeszközök állnak a rendelkezésére: használja őket és hozzá is járul azok továbbfejlesztéséhez a háromalkotós ötvözetek területén. A hármas diagramokat használta, amit a mai napig alkalmaznak világos grafikai bemutathatósága miatt.

Mérnökként kezd dolgozni (1898), a Châtillon-Commentry-i gyárban. Akkoriban Charles Mesure a Saint-Jacques-i üzem igazgatója. Charpy főmérnöként, a műszaki problémák megoldását kapja feladatként. Amikor Mesure nyugdíjba vonul 1916-ban, Charpy veszi át az üzem irányítását, ahol 21 évet tölt el mint vezető és mint a tudomány magasabb művelője. 1922-ben kinevezik az Intézetbe és ezzel egyidőben a Párizsi Bányászati Főiskola tanárává is. Hamarosan kinevezik kémia tanárára a Politechnikumba.

Charpy élete több szempontból is értékelhető. A száraznak tűnő adatok helyett az ember és a vezető, az üzem igazgatója, a professzor és a tudományos műszaki öröksége csoportosításban tekintjük át életét röviden, mint ahogy ezt tette Charpy követője: J. Guyot egyik előadásában<sup>1</sup> [3].

### Az ember és a vezető

A hagyományok szerint egy nap, amikor sztrájkoltak a munkások, bement a Saint-Jacques-i üzembe. A Saint-Pierre hidat, a rakpartot és a kikötőhöz vezető utat sztrájkörök foglalták el, akiknek az volt a feladatuk, hogy megakadályozzák a sztrájk-törőket, hogy bemenjenek az üzembe.

Amikor Charpy arra ment, a sztrájkörök egyik vezetője azt mondta a többieknek: „Hagyjátok átmenni!” és miközben mindenki félrehúzódt az útból, a tömeg számára hozzátett egy magyarázó mondatot: „A laboratóriumba megy”. Ez a szó mélyen tanúskodik arról a megbecsülésről, amelyet a gyár alkalmazottai viseltek irányába.

Azok a mérnökök, akik az irányítása alatt dolgoztak, és így gyakori kapcsolatban voltak az igazgatójukkal, egy erős személyiségű vezetőt láttak benne: nagy elvárású, energikus, sőt erős akaratú embert; gyorsan kirostálta maga mellől azokat, akikből hiányzott a dinamizmus. Azt mondják, hogy naponta száz ötlete is volt, és szüntelenül próbáknak kellett azokat alávetni.

A tudomány embere volt, aki magának azt a szabályt állította fel, hogy mindent csak akkor ítéljen meg, amikor már minden kis részlet összeállt és mindent kipróbált. Ez után lehet csak megmondani, hogy a próbának eredménye pozitív vagy negatív. Ezen mentalitás eredményeként a vezetésben részt vevő alkalmazottnak szokásává vált ez a „mindent megtapasztalni dinamizmus”, amely a csapatszellemet rendkívüli mértékben emelte.

Ez a ragyogó tehetségű igazgató ragyogó mérnököket képzett. Valóban egy „nagyfőnök” volt.

Az alapelvekkel szembeni merevsége kikezdehetetlen volt. Soha sem fogadta el azt, hogy módosítsák akár a legkisebb mértékben is egy kísérlet eredményét. Az igazgatóságtól érkező ellenőrknek megmutatta a két hüvelykujját, és humorosan odaszólt nekik: „Látják Uram! Nincsenek elhasználódva. Nem használom őket... Sohasem segítetek velük rá a kísérleti eredményekre.”

Mint minden erős személyiségnek, neki is meg voltak az odaadó, szenvedélyes csodálói és egy kicsit csipős nyelvű ellenfelei is. Az ún. „nagyembereknek” ezt a váltságdíjat általában meg kell fizetniük.

### Igazgató az üzemében

Az általa vezetett gyár az állandó laboratóriumi, fél üzemű, üzemű kísérletek színhelye volt. Az itt folyó tevékenységet talán legjobban egy, a hadiiparhoz tartozó témával lehet legszemélyesebben illusztrálni.

A század elején a savas alapon kifejlesztett – azaz szilícium-dioxidos – Martin- acélból gyártották a fegyvereket. Ez volt 1864 óta az az eljárás, amellyel a legjobb minőségű acélt sikerült kinyerni. A gyártási eljárás a gyakorlatban bevált, de volt néhány hátránya, pl. nagyon lassú és ebből adódóan az egyes szériák egymásutánisága korlátozott volt, nem csupán csak azért, mert az öntések ritkán voltak, de azért is, mert az üzemeknek általában csak egy vagy két savas kemencéjük volt.

A hadügy és a tengerészet illetékesei az ágyúcsövek gyártásánál megkövetelték a savas alapú acél használatát. A lúgos alapú gyártási eljárást (Thomas, 1877) szentségtörésként tekintették. Az 1914–18-as világháború idején, amikor szükségessé vált a sok fegyver szállítása Charpy ráértett annak a szükségszerűségére, hogy megváltoztassák a gyártási eljárást, legalábbis bizonyos ágyúcső átmérők esetében. Charpy úgy ítélte meg, hogy a lúgos alapon történő gyártási eljárás, amennyiben megfelelő gondossággal végzik, egyenértékűvé válhat a savassal. Azt azonban figyelembe kellett vennie, hogy a szagcsökkentés következményeként az üzemben igen sok jó szakembernek kellett elhagynia és emiatt rosszabbul kovácsoltak, mint a háború előtt.

Az üzem vezetői tárgyalásokba kezdtek a hadügyminisztériummal, hogy engedélyezzék az ágyúcsövek gyártását lúgos alapú hengerelt

<sup>1</sup> Jelen közlemény ezen előadásra támaszkodik, azt lényegesen lerövidítve foglalja össze.



acélból. Ez a javaslat kétszeresen is szentségtörőnek számított. A hadügyminisztérium nem engedett az üzem sürgető kérvényeinek, csak azt engedélyezte, hogy a társaság saját költségére, a saját koncepciója alapján négy kísérleti ágyúcsövet gyártson, s ezeket a Burges-i tűzérési lőtérrel próbálják ki egy referencia (savas gyártású) tűzérési üteggel egyidőben a lehető legkeményebb feltételek között.

Néhány nappal a kísérletsorozat elkezdése után egy mérőműszert tettek az ágyúcsövek tűzterébe, és megállapították, hogy a Châtillon-Commentry-i tűzérési próbaütegeken kisebb kopást tapasztaltak, mint a referencia tűzérési ütegen. Fényesen bizonyították igazukat. A Saint-Jacques-i üzem nagy mennyiségben szállítható a kiváló minőségű ágyúcsöveit, olyan határidővel, amelyek elképzelhetetlenek lettek volna a savas alapú eljárás alkalmazása mellett. Az idő szorított, Joffre marsall szüntelenül azt követelte, hogy ágyúkat szállítsanak neki és ebben Charpy a győzelem egyik kitűnő kézművese lett.

Saint-Jacques-ban be kellett vezetni a gránátvetők gyártását is, amelyet azelőtt soha sem gyártottak az üzemben. Nagy vakmerőséggel, Charpy olyan présgépeket vásároltatott, amelyeket nem kovácsolási eljárásokhoz fejlesztettek ki. Ezeket azután átalakította és úgy használta őket, mintha mindig is erre a célra alkalmazták volna.

Charpy eljárásának a lelke a gyártáshoz használt leírásban – a technológia utasítás elkészítésében – rejlett. Ez a részletes dokumentáció ebben az időben szinte sehol sem létezett. A kohászat inkább volt művészet mintsem technológia, valahogy úgy, mint a jó konyha művészete. Még akkor is, hogyha a gyártási leírások léteztek, inkább a konyhai receptekre hasonlítottak. Charpy Saint-Jacques-ban elkészítette a gyártás pontos technológiai leírásait. Ebben lefektette mindazt – ugyanúgy, mint egy tudományos kísérletben –, ami szükségesnek látszik ahhoz, hogy biztosítsa a gyártás reprodukálhatóságát. Az elkészített leírásokat be kellett tartani, ami nem volt mindig egyszerű. Saint-Jacques-ban viszont elfogadták azok betartását.

Charpy a laboratóriumában is szükségesnek tartotta, hogy kiküszöböljön minden a fantáziára támaszkodó tevékenységet. Ragaszkodott ahhoz, hogy a laboráns személyzet is meghatározott technológia szerint dolgozzon. Mechanizmussá fokozott le egy sor kézi műveletet biztosítva ezzel a vizsgálati eredmények reprodukálhatóságát. Inkább női, mint férfi laboránsokat alkalmazott. *„A nők tanulékonyabbak és alkalmazkodóbbak tevékenységükben. A férfiaknak viszont mindig ötleteik vannak, újítani akarnak, amiből következik, hogy sohasem lehet tudni, hogy pontosan mit csináltak vagy hogy mit fognak tenni”*, vallotta.

Nem csupán a technológiai sorrendnél ragaszkodott Charpy a módszeresség szellemének bevezetéséhez. Erősen érdeklődött egy akkoriban új terület iránt is, amit ma üzemszervezésnek nevezünk. Charpy nyomon követte e problémák fejlődését is, miközben ő maga is megpróbálta ezt vezetni az acélgyártás területén. Munkatársa, Léon Brun egy ötletes megoldással állt elő, amit Charpy tovább fejlesztett, általánosított és kialakította a folyamatos irányítás munkamódszerét, a ciszpécser rendszert. Ezzel sikerült a termelékenységi mutatókon javítani, minőség is állandósult és a végrehajtott munkások számára is kevesebb fáradtsággal járt.

A tanoncok képzésének is különös figyelmet szentelt Charpy. Teljes egyetértésben Léon Lévy-vel, – aki egyébiránt nagyfokú szociális érzékenység is jellemzett –, llets-ben felállítottak egy szakképző intézményt. Szerződötték Bostsarront, aki előzőleg tanfelügyelőként szerzett érdemeket, és akinek a tevékenysége erősen rányomta a bélyegét az iskola működésére. Charpy érdeklődött ez iránt a terület iránt is és nyomon követte a fiatalok képzésében szerzett tapasztalatokat. Egyébiránt a bevezetett oktatási modell oly annyira sikeresnek bizonyult, hogy néhány évvel később ez a modell vált jó néhány állami illetve magán oktatási intézmény hivatalosan elfogadott oktatási módszerévé.

Nevéhez fűződik az acél „pikkelyesedés” folyamatának megismerése. Az acél savas maratása hidrogént szabadít fel. „De miután felszabadította a hidrogént, vajon marad még belőle az acélban?” tette fel a kérdést. Ma már tudjuk a választ erre a kérdésre, de 1910-es 20-as években még ez a „rejtély” kategóriájába tartozott. Charpy egy acélból készült gömb alakú bombát merített savas folyadékba, amelynek furatába jól zárható módon nyomásmérőt épített be. Két-három hét elteltével a nyomásmérő 100 kp/mm<sup>2</sup>-nél magasabb értékű nyomást mutatott. Ez adta meg a magyarázatot arra a jelenségre, hogy a savval túl sokáig marított acéllemezekben miért jelennek meg légbuborékok, miért „pikkelyesedik”. De ebben rejlik a magyarázata annak, hogy a hidrogén az acélban óriási nyomást fejleszt, amikor a hidrogén az acélban kisebb szerkezeti hiányosságokat talál. Ott azután, ahelyett hogy szétoszlana még atomos állapotában, molekuláris állapotban ágyazódik be.

Képztségénél fogva erősen kémikus beállítottságú tudósként,

Charpy sokak számára tűnhetett úgy, mint aki igazán nem érdeklődik a mechanikai problémák iránt. Talán ez még igaz is volt pályafutása kezdetén Montluçonban. De amikor a Ville-Gozet-i üzemben dolgozva közelebbről is meg kellett ismerkednie néhány mechanikai jellegű problémával, ráébredt, hogy ez a terület is telis-tele van izgalmas kérdésekkel.

Vallotta és megvalósította azt az elvet, hogy a laboratóriumnak kellett az üzemi termelés irányítójává válnia. Nem csupán azért, hogy aktuális vegyelemzéseket biztosítsa, nem is csak azért, hogy megvizsgálja a gyártási hibák okait, hanem azért, hogy minden gyártási folyamatnak, a fejlesztéseknek és üzemi bevezetésük előtti kísérleti kipróbálásának kiindulópontja legyen. Ahhoz, hogy ezt a célt elérjék, valamennyi franciaországi kohászati üzemnek rendelkezni kellett egy közös, jól felszerelt kutató-, kísérleti laboratóriummal, amely készen áll arra, hogy betöltsen ezt a szerepet. Charpy volt a legmegfelelőbb ember arra, hogy ennek a központnak a vezetője legyen. Nagy vakmerőséggel vág bele elképzelésének megvalósításába, nagyban gondolkodik, és úgy alakítja ki az llets-i labort, hogy az akár 2-300 kutatót is fogadhasson. De bármilyen zseniális is volt ez az ötlet, túl korai volt még az időpont ahhoz, hogy megvalósulhasson. Csupán 30 évvel később, a II. világháború után alakul meg a francia Kohászati Kutatási Központ (1952-ben) ugyanazokkal az elképzelésekkel, amelyeket annak idején Charpy kidolgozott. Ekkor a Saint-Jacques-i kutatóközpontot átalakították a Châtillon-i társaság és valamennyi leányvállalatának közös kutatóközpontjává.

## A professzor

1919-ben Charpy-t kinevezik az Intézetbe, a Tudományos Akadémia alkalmazott tudományok szekciójába és elhagyja Châtillon-Commentry-t.

A Homecourt-i Tengerészeti Acélműveknél kezd el dolgozni, mint vezérigazgató-helyettes. Körülbelül ezzel egyidőben kinevezik a Bányászati Főiskola fémtani tanárává. Ekkoriban az még elég ritka esetnek számított, hogy olyan személyt nevezzenek ki címzetes tanárnak, aki nem tartozott a bányászok testületéhez. Néhány évvel később pedig kinevezték a Politechnikai Főiskola általános kémiai tanszékére.

Páratlan tanárnak bizonyult. Mindent elkövetet, hogy átadja a fiataloknak mindazt, amit tud. Szüntelenül kutatja, hogy hogyan tehetné még világosabbá és egyszerűbbé előadásait. Jelentős időt tölt el óráinak előkészítésével: Először, minden évben a nyári vakáció ideje alatt, a Nérési-birtokán, a fák nyugodalmas árnyékában gondolja át újra meg újra, módosítja, finomítja óráinak tartalmát. Tökéletesítési vágya addig hajszolja, hogy az óráját megelőző napon bemegy az előadó terembe, ahol csak az órai előkészítésében segédkező P. Pingault társaságában elpróbálja a másnap előadást. Meghatározza előadásának ritmusát, stopperrel méri az eltelt időt, elvégzi a kísérleteket, felírja a táblára a képleteket, jól látható helyre helyezi azokat és megjelöli helyüket, hogy másnap a jó helyről indíthassa a felírást. Ami pedig a kísérleteket illeti, azért hogy az előadó terem hátrányait (mélysége illetve a terem magassága) kiküszöbölje és a kísérleteket mindenegyes hallgató láthassa, felszereltet egy kivetítő rendszert, amely akkoriban még igencsak ritkaságnak számított. Hogy ébren tartsa a hallgatók érdeklődését, minden előadására előkészít egy szórakoztató anekdotát, ami pár percre oldja a hallgatóság feszült figyelmét és egy kis pihenőre ad alkalmat. Az iskola hagyományában szereplő játékokban is hajlandó részt venni. Minden évben úgy rendezte óráinak tartalmát, hogy a káliumról szóló előadás Szent-Szakáll napjára essen. Ez a nap a tűzerek hivatalos ünnepe, következésképpen a Politechnikum ünnepe is. A hagyomány azt kívánta volna, hogy tűzijátékkal emlékezzenek meg eme nemes napról. Néhány éve azonban az iskola főparancsnoka a prefektus kérésére, aki balesetektől tart, megtiltotta a tűzijátékok megrendezését. Charpy számára ez egy ragyogó alkalom arra, hogy az előadói kísérleti asztalon a plafonig érő lángcsóvájú Bengáli-tűzekkel szórakoztassa hallgatóságát. Különböző színű rakétákat lő fel ebből az alkalomból, ami valóságos tűzijátékként világitja be a hatalmas előadótermet. Egyike volt azon kevés professzoroknak, akik a laboratóriumuk ajtajait megnyitották a hallgatók előtt.

Valódi mester volt a tanítványainak körében. Erős ellenérzést táplált a kizárólag könyvszagú tudással szemben, inkább emberibb szempontból próbálta megközelíteni a tudományos kérdéseket.

Egyszerre volt nagy tudós és humanista.

## Tudományos és technikai öröksége

Mi maradt meg mára ebből a hosszú és ragyogó életútból, amit Charpy vallhatott sajátjának, akár mint kémikus, gyárigazgató, a fémek technika vagy tudósa?

Ha valaki eltávozik az élők sorából, általában azt szokták mondani

rola: „Korának kiváló gyárigazgatója, jól megalapozott tudású tudósa volt”.

Két alapvető fontosságú kutatási eredménye tűnik számunkra kimagaslani az egyébként is magas szintű munkásságából. Az egyik a mágnesezhető lemezek, a másik pedig a Charpy-féle ingás ütőmű.

Mindenki számára közismert tény, hogy a villamos berendezések körében igen elterjedtek a vasmagok. Ezeket használják a transzformátormagokhoz. Ezeket a magokat vékony hajtogatott/kötegelt lemezből készítik, amelytől a lehető legkedvezőbb mágneses tulajdonságot várjuk el. Charpy 1902-től kezdődően tanulmányozta ezt a problémakört. Azt tapasztalta, hogy a különböző mágneses tulajdonságok összefüggésben vannak egymással, első megközelítésre azt mondhatnánk, hogy ez a tulajdonság arányos az acél szemcseméretével. Felelevenítette a szilícium alapú acélok tanulmányozását amit R. Hadfield megkezdett, ám félbehagyott. Meghatározta azt a szilícium-tartalmat, amellyel elérjük a jó mágneses tulajdonságokat, de a lapok még továbbra is jól hengerelhetőek maradjanak, mert az ilyen típusú acélokat gyakran igen nehéz megmunkálni. Valahányszor egy nagyfeszültségű transzformátor mellett megyünk el, legyen az bárhol is a világon, egy Charpynak köszönhető alkalmazás mellett megyünk el.

Egy másik a találmányai közül a *Charpy-féle ingás ütőmű*, ami az egész világon az ő nevét viseli.

Hosszú ideig csak a statikai vizsgálatok eredményeit vették figyelembe az anyagok minősítésében, és nem foglalkoztak a szívósság, az ütés-szel szembeni ellenállással. Charpy elképzelt egy mérési eljárást: meg-

szerkesztette az ingás ütőművet, amelyet napjainkban is széles körben alkalmaznak. Azt mondhatjuk, hogy nem létezik a világon, olyan fémtani mérőlabor, amelyben ne lenne egy Charpy-féle ingás ütőmű. Igaz, hogy ezen eljárás széles körű elterjedése is megjárta a maga „kálváriáját”. Ez következett abból az általános emberi mentalitásból, hogy a tudósok is néha szörnyen féltékeny emberek. Ebből adódóan a kritikus szellemek tollai nem kímélték az ingás ütőmű alkotóját sem. Az írásos pengéváltások korszaka harminc évig tartott az ingás ütőmű mellett vagy ellen. Ma már a világon mindenütt az ingás ütőmű betölti a szerepét. Sőt a jelenlegi és a jövő gyártásfejlesztési irányvonala hatására az ingás ütőmű újra visszatért az érdeklődés középpontjába, mint ahogy azt napjainkban is nyomon követhetjük éppen a centenáriumi konferencián is.

Charpy munkássága tehát túlélte a tudóst.

Tóth László\*

## Irodalom

- [1] Tóth L.: Az ütve hajlító vizsgálat fejlődéstörténete. *Anyagvizsgálók Lapja*. 2001/3. p. 83-88.
- [2] Terplán Z.: Bartel János. *Műszaki Nagyaink* 5. kötet. p.111-136. Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest 1981
- [3] J. Guyot: a Kohászati kutatások és tanulmányok központjának és a Montluçon-i Saint-Jacques üzemek egykori igazgatója. Elhangzott a Montluçon-i Baráti Társaság 1958. március 21-i konferenciáján

# Beszámoló a jubileumi Charpy-konferenciáról

Tóth László\*

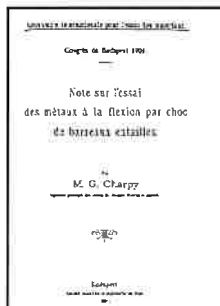
**George Charpy** az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szervezetének Budapesten 1901-ben tartott kongresszusán ismertette először az anyagok szívósságának megítélésére a mindennapi gyakorlatban széles körben elterjedt és napjainkban is szinte változatlan formában használt Charpy-vizsgálatot, az ingás ütve hajlító vizsgálatot [1].

A 100 éves évforduló megünneplésére A. Pineau vezetésével (aki abban az anyagvizsgáló laboratóriumban dolgozik, ahol haldanán G. Charpy is dolgozott) Poitiers-ben nemzetközi konferenciát rendeztek 2001. október 3-5. között az Európai Szervezet-integritási Társaság (ESIS) védnöksége alatt. E ténnyel tükröződött a konferencia kiadványának, levélpapírjának fejlécén is.

Az a megtiszteltetés ért, hogy a konferencia 40 perces nyitó előadását én tarthattam, amelyben átfogó képet adhattam az anyagvizsgálat fejlődéséről, annak hajtóerejéről, a Charpy-vizsgálat kialakulásáról, és visszatekintettem az elmúlt 100 év legjelentősebb tendenciáira, eredményeire beleértve a vizsgálat nemzetközi szabványosításának mozzanatait is. Hazánkat még dr. Béda Gyula professzor, dr. Béda Péter és Lenkeyné dr. Biró Gyöngyvér képviselték. A konferencián mintegy 100 előadás hangzott el, amelyből hatot meghívott előadók ismertettek. A mintegy 150 résztvevő több mint 20 országot képviselt. Az USA-ból, a szeptember 11-ei sajnálatos események miatt, több résztvevő az utolsó napokban mondta le részvételét. A mintegy 50 szóbeli és a mintegy 50 poszter előadás a következő témaköröket ölelte fel:

- Vizsgálati módszerek
- Alkalmazások
- Nemfémes anyagok vizsgálata
- Modellelés
- Mikromechanizmusok

A Charpy-vizsgálat fejlődésének alapvetően európai történetét taglaló nyitó előadást az amerikai történettel T. Siewert egészítette ki, aki az egyik meghatározó szervezője volt a Seattle-ben (USA) 1999. május 19-20-án tartott azon nemzetközi konferenciának, amelyet S. Bent Russel-nek, az ingás ütőmű első alkalmazójának szenteltek.



A G. Charpy 1901-ben készített és a budapesti konferencián bemutatott publikációja

Eredeti, 1898-ban írt közleményének reprintjét, amelynek címe: *Experiments with a New Machine for Testing Materials by Impact*, a tiszteletére rendezett konferencia kiadványa tartalmazza [2].

A Seattle-ban rendezett konferencia kiadványa [2] és a Poitiers-ben a Charpy-centenáriumi előadásainak gyűjteménye [3] átfogó képet nyújt az ütve hajlító vizsgálat fejlődéstörténetéről, alkalmazási területeiről, a vizsgálati módszer jelenlegi helyzetéről és jövőjéről.

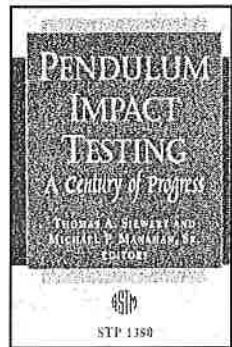
A Poitiers-ben rendezett konferencián elhangzott előadásokat kétkötetes, sokszorosított kiadványban jelentették meg a szervezők [3]. Az elhangzott előadásokból a szervezőbizottság kiválasztott kb. 45-öt, amelyek az Elsevier kiadó gondozásában fognak megjelenni könyv alakban, várhatóan ebben az évben. Az első cikk a vizsgálati módszer kialakulását és fejlődését fogja bemutatni. Ennek megírására kaptam felkérést T. Siewert-el közösen, aki – mint kiderült – kiterjedt magyar kapcsolatokkal rendelkezik, és aki egyben az Amerikai Hegesztési Szövetség egyik vezetője (Director-at-Large), illetve a Technológia és Szabványok Hazai Intézetében (National Institute of Standards and Technology) az anyagok megbízhatósága egység (Materials Reliability Unit) vezetője.

Mint az ESIS (European Structural Integrity Society) TC 15 vezetője (amely az oktatással és képzéssel foglalkozik) javaslatot tettem a Charpy-vizsgálatokkal foglalkozó közlemények adatbázisának létrehozására. E javaslatot a TC5 jelenlévő képviselői üdvözlötték. Elvileg adott annak a lehetősége is, hogy az adatbázis fizikailag a BayLogi honlapjáról kiindulva annak szerverén tároljuk. Ekkor az adatbázis szerkezetének elkészítésében, valamint az adatbázis periodikus karbantartásával és tartalmának elemzésével, az információk terjesztésével is foglalkoznunk kell.

## Hivatkozások

- [1] Tóth L.: Az ütve hajlító vizsgálat fejlődéstörténete. *Anyagvizsgálók Lapja*. 2001/3. p.83-88.
- [2] Pendulum Impact Testing. A Century of Progress. ASTM STP 1380 Ed.: T. A. Siewert and M.P. Manahan, Sr., West Conshocken, PA 2000
- [3] Proceedings of the Charpy Centenary Conference. Poitiers, 2-5 October, 2001. Vol 1-2.

\* Prof. Dr.; igazgató: Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, Miskolc-tapolca



A Seattle-ban rendezett konferencia kiadványa

## Fórum a műanyagok ütővizsgálatáról

A szerkezeti műanyagok és kompozitjaik gyorsuló ütemű elterjedésre tekintettel szerkesztőbizottságunk kezdeményezte a műanyagok szerkezete és mechanikai tulajdonságai közti összefüggések és vizsgálati módszerek áttekintést (lásd, pl. a 2001/4. lapszámunkat). A járműipari alkalmazásra tekintettel ezen anyagok dinamikus mechanikai, törésmechanikai jellemzőinek vizsgálata kiemelt jelentőségű. Ezt a témakört tűzte napirendjére az Anyagvizsgálók Lapja fórum, amelyet a téma szakértő művelőinek önzetlen közreműködésével és kiadónk, a Testor Kft. anyagi támogatásával rendeztünk meg május 16-án az MTA székházának zenetermében.

Dr. Czigány Tibor, a BME Polimertechnika és Textiltechnológia Tanszék vezetője a Polimerék és kompozitjaik dinamikus vizsgálata című előadásában röviden összefoglalta ezen anyagok – elsősorban járműipari – alkalmazásának fejlődéstörténetét és helyzetét. Bemutatta a különböző minőségű rövid és hosszú szálakkal, illetve szövettel és hurkolt kelmével erősített polimerrel végzett műszerezett ejtősúlyos ütővizsgálatok tapasztalatait, a tönkremenetel módjait, kiemelve az erősítő anyag felületkezelésének jelentőségét a matrixszal való együttoldozás szempontjából, mely a dinamikus mechanikai jellemzők javulását eredményezi.

E témakörhöz kapcsolódott dr. Borbás Lajos, a BME Járműelemek és Hajtások Tanszék főmunkatársa Laminátok törésmechanikai paramétereinek meghatározása optikai feszültségvizsgálattal című előadása. Áttekintést adott a lineárisan rugalmas törésmechanikai feltételeknek megfelelő vizsgálati módszerekről és bemutatta az egy- és többretegű repedést modellező próbatesteken mért feszültségintenzitási tényezők változását az igénybevételi módok függvényében.

Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér, a BayLogi vezető munkatársa Új mérés-technikai lehetőségek műanyagok dinamikus törésmechanika vizsgálatánál című előadásában más módszerekkel összehasonlítva bemu-

tatta az elsősorban műanyagok üve hajlító vizsgálatánál jól alkalmazható elektro-emissziós mérés-technikát és az ezzel mért törésmechanikai jellemzőket.

Francesco Baldi, az olasz Ceast cég fejlesztőmérnöke röviden összefoglalta a kínálatukban lévő műszerezett ingás és ejtősúlyos ütőműveket, majd részletesen bemutatta az ezek vezérlésére és a valós idejű adatokból a törésmechanikai jellemzők meghatározására – az ESIS ajánlása alapján – kifejlesztett WLEFMHR szoftvert. (Cikk a 39. oldalon.)

A színvonalas összefoglaló előadásokat értékelő és elemző párbeszéd követte. Az elhangzottak részletei iránt érdeklődőknek felsoroljuk az előadók tollából az Anyagvizsgálók Lapjában megjelent cikkeket.

– *Czigány Tibor*: Az akusztikus emisszió szerepe a műanyag kompozitok törésmechanikai vizsgálatánál 1998. 1. p. 13.

– *Czigány Tibor, Romhány Gábor*: Polimer gépszerkezeti elemek dinamikus vizsgálata 2000. 2. p. 61.

– *Szabó Jenő Sándor, Czigány Tibor*: A kerámiaszál mint a polimerok erősítőanyaga 2001. 3. p. 111.

– *Thamm Frigyes, Borbás Lajos*: Laminátok rétegek közötti szilárdságának vizsgálati módszerei 1998. 1. p. 3.

– *Lenkeyné Bíró Gyöngyvér*: A műszerezett ütővizsgálat alkalmazási lehetőségei napjainkban 2001. 3. p. 101.

– *Lenkeyné Bíró Gyöngyvér*: Hagyományos és műszerezett ingás ütőgépek hitelesítése és kalibrálása 2000. 2. p. 47.

– *Lenkeyné Bíró Gyöngyvér, Siegfried Winkler*: A mágneses és elektro-emissziós mérés-technika alkalmazása műszerezett ütővizsgálatnál 1996. 1. p. 16.

– *Tóth Péter*: A Resil Impactor ingás ütőmű család 2001. 3. p. 109.

*Lehofer Kornél*

## Szaktánk ifjú technikusainak versenye

Minden évben megrendezik az Országos Képzési Jegyzék gépészeti szakmacsoportjához tartozó technikus szakmákban a legjobb tanulók számára az Országos Szakmai Tanulmányi Versenyt (OSZTV). Ezen az iskolák házi versenyein kiválasztott legjobb tanulók vesznek részt, akik először országos elődöntőn mérik össze tudásukat. Ez írásban történik, a felmérők általános kérdéseket, számítási, ábrázoló geometriai és gépészeti feladatokat tartalmaznak. A legjobb eredményeket elérők (általában az első 18–22 versenyző) kerülnek be az országos döntőbe, ahol teljesíteniük kell a szakáguknak megfelelő gyakorlati feladatokat, valamint szóban is számot kell adniuk szakmai tudásukról a versenybizottság előtt, amely pontszámokkal értékeli. Az elődöntőből hozott pontszámot is hozzáadva az összes pontszám alapján alakul ki a versenyzők sorrendje, vagyis a helyezések.

A legjobbak (az első 8–10 helyezett) jutalma: mentesülnek a képesítő vizsga letétele alól és kitűnő bizonyítványt kapnak; továbbá felvételt nyernek az általuk választott főiskolai vagy egyetemi szakra. A szponzorok pedig díjakat ajánlanak fel a versenyzőknek, illetve a felkészítő tanároknak is.

Az idei OSZTV döntő Szolnokon volt április 18–19-én. Anyagmérnök-tanárként örömmel számolok be arról, hogy az OSZTV döntőbe rendszeresen bekerülnek, és sikeresen helytállnak az anyagvizsgáló és minőségbiztosító technikusokat képező három iskola – a balatonfűzfői Öveges József Szakképző Iskola és Gimnázium, a nagykanizsai Cserhádi Sándor Szakközépiskola és a székesfehérvári Váci Mihály Szakképző Iskola és Kollégium – évente mintegy 70 végzős növendékeinek legjobbjai.

Az idén 2. helyezést ért el *Homoki József* (Öveges József szakiskola), és 5. lett *Szekeres András* (Cserhádi Sándor szakiskola), de az ő iskolatársai közül *Ombódi Gergely* és *Szak Gábor* is az első tíz között végzett. A helyezettek szép ajándékokat kaptak a versenyt támogató Testor Anyagvizsgáló és Mérés-technika Kft.-től. Mindannyiuknak – és tanáraiknak is – szívből gratulálók!

Ősztől ez a képzés **fémipari anyagtechnikus** néven folytatódik, és reményeink szerint több szakiskola lesz érdekelt ebben a képzésben. A

versenyek továbbra is fontos helyszínei lesznek a legjobb végzős technikusok számára, és ez a cégeknek nemcsak a szponzorálásra, hanem arra is lehetőséget ad, hogy gondoskodjanak szakember utánpótlásukról.

*Cseh-Bognár Sándor*  
anyagmérnök-tanár

Szakmai közösségünk számára jó hír ifjú anyagvizsgáló és minőségbiztosító technikusaink sikere, amely egyben tanáraik sikere is, akik szaktánk alapvető elméleti ismereteit és gyakorlati fogásait színvonalosan közvetítették, mely „*még inkább kedvet adott ahhoz, hogy ezen a szakon belül folytassam tanulmányaimat*” – írta Ombódi Gergely szerkesztőségünknek küldött önvallomásában kifejezve társai hasonló gondolatait is. Társai is megszerették szaktánkat, és művelésében jövőjüket látják, mert „*a gépész szakmán belül az anyagvizsgálóknak és a minőségbiztosítóknak, az informatika mellett, nagy jövője van*” – írta Szak Gábor, vagy ahogy a győri egyetem építőmérnöki szakán továbbtanuló Szekeres András írta: „*az építőiparban is szükség van az anyagvizsgáló és minőségbiztosító szakemberekre, tehát a későbbiekben szeretnék ebben a szakmában elhelyezkedni*”. És mindannyian kifejezték (a Cserhádiak név szerint is említve *György Gyulát*) köszönetüket tanáraiknak, akik „*a tanulásban és a versenyre való felkészítésben sokat segítettek*” – írta Homoki József –, és „*ez a képesítés elhelyezkedési lehetőséget kínál a kis- és középvállalkozásoknál, illetve a nagyobb cégeknél is*”. Kívánjuk, hogy így legyen! Ez nemcsak szakmai közösségünknek, de honi iparunknak is érdeke.

Gratulálunk ifjú anyagtechnikus kollégáinknak! Eredményes továbbtanulásukhoz, illetve pályakezdésükhöz kitartó szorgalmat és sok sikert kívánunk! Reméljük, hogy néhány év múlva az anyagvizsgáló és a minőségbiztosítás terén elért eredményeikről lapunkban is beszámolhatunk.

*A szerkesztőbizottság*

## Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2002/3-4. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

### 19 Vizsgálatok

– MSZ EN 13068-3:2002; Roncsolásmentes vizsgálatok. Radioszkópiai ellenőrzés. 3. rész: A fémek röntgen- és gamma-sugaras radioszkópiai vizsgálatának általános alapelvei.

### 25 Gyártástechnika

– MSZ EN ISO 15609-2:2002; Fémek hegesztési utasítása és hegesztés-technológiájának minősítése. Hegesztés-technológiai utasítás. 2. rész: Gázhegesztés.

– MSZ EN ISO 3690:2002; Hegesztés és rokoneljárások. Ívhegesztéssel készített ferrites varrat hidrogéntartalmának meghatározása.

– MSZ EN 13133:2002; Keményforrasztás. A forrasztók minősítése.

– MSZ EN ISO 9455-16:2002; Lágyforrasztás-folyósítók. Vizsgálati módszerek. A folyósítószer hatékonyságának vizsgálata, nedvesítési módszer.

### 29 Elektrotechnika

– MSZ EN 61631:2002; Mágneses oxidokból készült magok mechanikai szilárdságának vizsgálati módszerei.

### 31 Elektronika

– MSZ EN 60749:1999/A2:2002; Félvezető eszközök. Mechanikai és klimatikus vizsgálati módszerek.

### 93 Mélyépítés

– MSZ EN 12697-4, -13 és -14:2002; Aszfaltkeverékek. Meleg asz-

faltkeverékvizsgálati módszerei. 4. rész: A bitumen visszanyerése: lepároló oszlop; 13. rész: A hőmérséklet mérése; 14. rész: Víztartalom.

**Új ISO-szabványok**, amelyek 2001. november 13-a és 2002. január 11-e között jelentek meg. (Az ISO Bulletin alapján készült tájékoztató címfordítások.)

– ISO 2759:2001; Karton. A repedési szilárdság meghatározása. Szilárd ásványi tüzelőanyagok. Az összes szén, hidrogén és nitrogén meghatározása. Műszeres módszerek.

– ISO 4404-1:2001; Kőolaj és kapcsolódó termékek. Tűzálló hidraulikus folyadékok korrózióállóságának meghatározása. 1. rész: Víztartalmú folyadékok.

– ISO 294-5:2001; Műanyagok. Hőre lágyuló anyagokból készült mintadarabok fröccsöntése. 5. rész: Szabványos minták előkészítése anizotrópiás meghatározásokhoz.

– ISO 1268-1:2001; Szálerősítésű műanyagok. Vizsgálati lapok készítésének módszerei. 1. rész: Általános feltételek.

– ISO 2039-1:2001; Műanyagok. A keménység meghatározása. 1. rész: Golyós keménységmérő módszer.

– ISO 15024:2001; Szálerősítésű műanyag összetevői. Az I módusú, rétegek közötti hasító-szakítószilárdság meghatározása,  $G_{IC}$ , egy irányban erősített anyagokhoz.

– ISO 15724:2001; Fémek és egyéb szervesen bevonatok. A diffúz hidrogén elektrokémiai mérése acélokban. Béklyós elektroda módszer.

– ISO 3927:2001; Fémek porok, kivéve a keményfém porokat. Az összenyomhatóság meghatározása egytengelyes összenyomáskor.

– ISO 9934-1:2001; Roncsolásmentes vizsgálatok. Mágnesezhető poros vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek.

## HÍREK

A Minőségirányítási Szakirodalmi Díj 2001. évi kitüntetettje: **dr. Koczor Zoltán**, melyet a *Bevezetés a minőségügybe* című könyvével érdemelt ki. Az alkotó szerkesztő gépészmérnök, a BMF főiskolai tanára, lapunk szerkesztőbizottságának tagja, a Minőségbiztosítás rovatunk szerkesztője. *Gratulálunk, és további munkásságához jó egészséget, sok sikert kívánunk!*

A díjazott könyv tudatosan szakított azzal a célkitűzéssel, hogy a minőség-ügyhöz társuló tudományterületeket és eszköztárait önmagában tárgyalja. Ugyancsak hiába keresi az olvasó a könyvben a magyarázatok nélküli, gyakorlati használatra „konyhakész” megoldásokat. A szerző célja, hogy egy nyitott, esetenként tapasztalatlan olvasó és a mélyebb összefüggéseket kereső szakember számára is áttekinthető adjon a minőségirányításról.

A mű kiemelkedő tulajdonságai: technológiai és folyamatszempelés, a forma és a tartalom egysége, a tartalmi elem eredetisége.

A kötetet a Műszaki Könyvkiadó és a Magyar Minőség Társaság adta ki. Eddig két kiadásban, összesen 2000 példányban jelent meg, és teljes egészében elfogyott.

A könyv kiadását, megújított formában, a jövőben is tervezzük. A felhasználók visszajelzései egyértelműen a kötet magas színvonalát és jó használhatóságát igazolják – olvashatjuk az indoklást a Magyar Minőség 2001/12. számában.

A díj támogatói: AGMI Anyagvizsgáló és Minőség-ellenőrző Rt., Burton-Apta Tűzállóanyag-gyártó Kft., ConsAct Minőségfejlesztési és Vezetési Tanácsadó Iroda, Herendi Porcelánmanufaktúra Rt., Magyar Villamos Művek Rt., Medigor Kéziműszer Rt., OM Kutatás-fejlesztési Helyettes Államtitkárság, Pick Szegedi Szalámigyár és Hűszem Rt.

**DataCert® – Minőség Adatbázis** – a Magyar Minőség Társaság kezelésében – 2001 januárjától nyújt szolgáltatást ügyfeleinek. Az adatbázis az ISO 9001:2000, az ISO 14 001 szabvány, a QS 9000, illetve a TS 16 949 követelményrendszer alapján Magyarországon tanúsított szervezetek adatait tartalmazza.

Az **alapadatok**: a szervezet neve, a tanúsítás fajtája, a tanúsító neve. Az interneten szerepeltetése ingyenes!

A **további adatok** (ezüst csomag díjért): A szervezet címe (irányítószám, helységneve, utca, házszám), telefonszám és e-mail címe; a vezető neve, beosztása, telefonszáma; a minőségirányító neve, telefonszáma; a tanúsított tevékenységek (EAC kóddal). Szerepeltetés az interneten.

A **szervezet honlapjának címe**: a link megteremtéséhez (arany csomag díjért).

Az adatbázis elérési címe: <http://www.quality.mmt.hu>

Tájékoztatót ad: Schiel Hertha, tel.: (1) 456-6952;

e-mail: [mmt@mail.matav.hu](mailto:mmt@mail.matav.hu)

## ESEMÉNYNAPTÁR

### Hazai rendezvények 2002-ben

**Gillemot László** – emlékülés a tudás születésének 90. és határának 25. évfordulója alkalmából, október 8., Budapest, BME díszterem.

**Törésmechanikai szeminárium**, október 2–5., Miskolc. Tájékoztatót ad: dr. Tóth László, 3519 Miskolc-tapolca, Iglió u. 2. tel.: 46-560-110; fax: 46-369-438, e-mail: [tlaszlo@alpha.bzlogi.hu](mailto:tlaszlo@alpha.bzlogi.hu).

### Nemzetközi rendezvények 2002-ben

**8. ECNDT – európai roncsolásmentes anyagvizsgáló konferencia**, Barcelona, Spanyolország, 2002. június 17–21. Részletek az EFNDT/ AENDT rendező szervezetek honlapján: [www.efndt.org](http://www.efndt.org) vagy a spanyol AENDT szervezettel tel.: +34 913 612 585; fax: +34 913 614 761; e-mail: [informacion@aend.org](mailto:informacion@aend.org); website: [www.aend.org](http://www.aend.org)

**11<sup>th</sup> Int. Symp. on Nondestructive Characterisation of Materials**, Berlin, június 24–28. Tájékoztatót: [www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de)

**14th European Conference on Fracture**, Krakko, Lengyelország, szeptember 8–13. Cím: Prof. Krzysztof Golos, Warsaw University of Technology, Institute of Machine Design Fundamentals, 84 Narbutta Str. 02-524 Warsaw, Poland, tel.: +048 22 660 82 86, fax: +048 22 660 86 22, e-mail: [mailto:ecf14@simr.pw.edu.pl](mailto:mailto:ecf14@simr.pw.edu.pl), HomaPage: <http://ecf14.simr.pw.edu.pl>

**Reliability of NDE, European-American workshop**, Berlin, szeptember 11–13. Tájékoztatót: [www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de)

**25<sup>th</sup> European Conf. on Acoustic Emission Testing**, Prága, szeptember 11–13. Tájékoztatót: [www.cndt.cz](http://www.cndt.cz)

**7<sup>th</sup> World Conf. on Neutron Radiography**, Róma, szeptember 15–20. Tájékoztatót: [www.cost524.com/wcnr](http://www.cost524.com/wcnr)

**IV International Symposium on Tribo Fatigue**, Ternopil, Ukrajna, szeptember 23–27. Cím: Prof. P.V. Yasnyy, Ternopil I. Pulyuy Technical University, Ruska Str. 56 Ternopil, 46001 Ukraine, Tel./Fax: +38-0352-25-36-74, e-mail: [yasnyy@tu.edu.te.ua](mailto:yasnyy@tu.edu.te.ua), <http://www.tu.edu.te.ua/istf.htm>

**Polymerwerkstoffe 2002, Int. Fachtagung**, Halle, szeptember 25–27. Tájékoztatót: <http://matsci.iw.uni-halle.de/p2002/>

**ENC 2002 Int. Nuclear Congr. and World Exhibition**, Lille, Franciaország, október 7–9. Szerzők a 400 szavas rövidkivonatokat március 15-éig küldjék el az [enc2002@to.aey.ch](mailto:enc2002@to.aey.ch), vagy az ENC 2002 Conf. Secretariat, Mr. Anthony Hunter, Belpstrasse 23 P.O. Box 5032 CH 3001 Berne (Switzerland) címre. Tájékoztatót: [www.enc2002.org](http://www.enc2002.org)



# ESEMÉNYNAPTÁR

Tanfolyam típusa	Tervezett kezdés		
<b>ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ, MINÓSÍTÓ TANFOLYAMOK 2002-ben</b>			
	1. szint	2. szint	3. szint
Ultrahangos anyagvizsgáló (UT)	09. 02.	11. 04.	2002. 09. hó
Örvényáramos anyagvizsgáló (ET)	09. 16.	11. 11.	2002. 09. hó
Radiográfiai anyagvizsgáló (RT)	09. 30.	11. 18.	2002. 09. hó
Mágneseshető poros anyagvizsgáló (MT)	10. 07.	11. 25.	2002. 09. hó
Folyadékbehatolásos anyagvizsgáló (PT)	10. 14.	12. 04.	2002. 09. hó
Vizuális anyagvizsgáló (VT)	10. 17.	12. 09.	2002. 09. hó
Tömörsegi anyagvizsgáló (LT)	10. 21.	12. 02.	2002. 09. hó
Rezgéselemző (VAT)	10. 14.	11. 25.	2002. 09. hó
Mechanikai anyagvizsgáló	10. 28.	12. 02.	
Metallográfiai anyagvizsgáló	09. 23.	11. 04.	
Színképelemző (SPT)	Létszámlüggő	Létszámlüggő	
<b>EURÓPAI HEGESZTÉS FELÜGYELŐ (EWI)</b>			
Európai hegesztés felügyelő mérnök		2002. I. félév	
Európai hegesztés felügyelő technológus		2002. I. félév	
Európai hegesztés felügyelő specialista		2002. I. félév	
Európai kiemelt hegesztő felügyelő		2002. I. félév	
<b>BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉPZÉSEK</b>			
Alapfokú sugárvédelmi		2002. 09. 10. és 12. 10.	
Bővített fokozatú sugárvédelmi		2002. 09. 10. és 12. 10.	
Sugárvédelmi továbbképző		2002. 09. 10. és 12. 10.	
Bővített fokozatú sugárvédelmi továbbképző (radiográfiai anyagvizsgálók részére)		2002. 11. 18.	
ADR		Folyamatosan	
Érintésvédelmi szabványossági felülvizsgáló		2002. I. félév	
Tűzvédelmi tanfolyamok		Folyamatosan	
<b>NYOMÁSTARTÓ- ES TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK</b>			
Tartályvizsgáló		2002. 09. 30.	
Tartályvizsgáló szakképesítést kiegészítő ("C" modul)		2002. 10. 07.	
Tartályvizsgáló újraminősítő		2002. 10. 14.	
Tartálytisztító		2002. II. félév	
Tartályjavító és -karbantartó		2002. II. félév	
Nyomástartóedény-gépész		Létszámlüggő	
Nyomástartóberendezés-kezelő		Létszámlüggő	
<b>MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI KÉPZÉSEK</b>			
Minőségellenőr		2002. 11. 11.	
Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (Auditor)		2002. I. félév	
A minőségszabályozás statisztikai és egyéb eszközei		Létszámlüggő	
TQM alapjai		2002. I. félév	
TQM a vezetők részére		2002. II. félév	
QS 9000		Létszámlüggő	
<b>KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK</b>			
Környezetvédelmi laboráns		Létszámlüggő	
Környezetvédelmi szakelőadó		Létszámlüggő	
Települési hulladékgyűjtő és szállító		Létszámlüggő	
<b>EGYÉB TANFOLYAMOK</b>			
A metrologia alapjai		2002. 09. 17.	
Metrologia		2002. 09. 24.	
Gazdasági informatikus I (felsőfokú)		2002. 09. 10.	
Számítástechnikai szoftverüzemeltető		2002. 09. 10.	
Számítástechnikai tanfolyamok (Internet, 3D-s modellezés, Adobe photoshop, Coreldraw, Web-lap készítés, AutoCad (kezdő és haladó)) folyamatosan kezdődnek.			
Képzéseinket megfelelő létszám esetén indítjuk.			
<b>A tanfolyamok helye:</b> AGMI Rt. Anyagvizsgáló Épülete (1211 Budapest, Gyepsor u. 1.)			
- Szállási és étkezési igény szerint biztosítunk. Tanfolyamot kihelyezett formában is vállalunk.			
Érdeklődni lehet: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály, 1751 Budapest, Pf. 114.			
Tel: 425-0761, 278-0755, E-mail: agmivig@matavnet.hu			
<b>SZERETTEL VÁRJUK TANFOLYAMAINKON!</b>			
Mikus Erzsébet, osztályvezető			

## A KE-TECH Kft. Oktatóházának 2002. évre tervezett programja

A roncsolásmentes anyagvizsgáló eljárások területén ultrahangos tanfolyamokat indítunk, melyek mind az OKJ, mind az MSZ EN 473: 2001 szabvány követelményeit kielégítik, így a sikeres vizsgát tett hallgatóink mind az OKJ szakmáért bizonyítványt, mind a szabvány szerinti tanúsítványt megkapják.

- ❖ UT-1 ultrahangos anyagvizsgáló tanfolyam: szeptember 9-27.
- ❖ UT-2 ultrahangos anyagvizsgáló tanfolyam: november 11-29.
- ❖ Újraminősítő, kondicionáló tanfolyam: igény szerinti időpontban

Az oktatás sikerét szavatolják oktatóink, akik az MSZ EN 473 szabvány szerinti tanúsítással és sok éves vizsgátori gyakorlattal rendelkeznek, a szakma elismert képviselői. A tanfolyamok hatékonyságát szolgálja a legmodernebb audiovizuális eszközökkel, PC-vel és ultrahangkészülékkel felszerelt oktatóteremünk.

A hallgatók megkapják a nyomtatott jegyzetet, az érvényes szabványok listáját és az MHIÉ tematikáit. Azon hallgató számára, aki nem tud saját ultrahangkészülékét magával hozni, cégünk a tanfolyam idejére lérismentesen biztosít készüléket.

Az oktatóházban teljes körű szociális helyiségek állnak a hallgatók rendelkezésére, illetve a szünetekben: kávé, üdítő és apróüteményről gondoskodunk. Ebédet (a pár 100 m-tettről levő étteremben) és igény szerint szállást is biztosítunk. Az étkezés közterhének befizetését cégünk átvállalja.

Kedvező törvényes lehetőség: a munkáltatók az oktatási költségek egy részét – az egyébként adóként befizelendő – szakképzési hozzájárulás terhére finanszírozhatják (48/1999. (XII. 26.) OM rendelet).

### Várjuk jelentkezésüket!

A részvétel feltételeiről, a jelentkezés kellekeiről és a tanfolyamok áraitól készséggel ad részletes tájékoztatást oktatásszervezőnk: Kickinger Mária.

**A tanfolyamok helyszíne:** KE-TECH Kft. Oktatóháza, 1183 Budapest, Napfűrdő u. 13.

Tel.: (06-1) 290-0151 Fax: (06-1) 292-2159

Kérjük, tekintsek meg honlapunkat! Címünk: [www.ketech.hu](http://www.ketech.hu)



## OKTATÁS ÉS RENDEZVÉNY SZERVEZŐ, ADATSZOLGÁLTATÓ ÉS KIADVÁNYGONDOZÓ BT.

Kamarai azonosító: 345597; Regisztrációs szám: 01-0166-98  
1752 Budapest, Pf.101 • Tel.: 402-4098 • Fax: 402-4099  
• Mobil: 06-20-958-2659

Az ÉMI-TÜV Bayern Kft. által MS 00124-056 számon MSZ EN ISO 9001:2001 szerint tanúsított képző intézmény.

Az ORSZAK BT. a 2002 léli és a 2003 tavaszi időszakban roncsolásmentes anyagvizsgáló (RmAv) tanfolyamokat szervez az eljárások széles skáláján, és egyszerre nyújtja mind az 50/1999. (IX.10.) GM. rendeletben előírt OKJ-s bizonyítványt, mind az EU-ban elismert MSZ EN 473 szabvány szerinti tanúsítványt.

Az RmAv tanfolyamok alapozó tárgyait – anyagvizsgálat, anyag- és gyártásismeret – előzetesen kell elsajátítani az alapozó tanfolyamokon, illetve a mentességet adó szakirányú felsőfokú végzettséget, vagy az érvényes anyagvizsgáló képesítést a bizonyítvány lényegével igazolni kell.

Tanfolyamaink hallgatói nyomtatott jegyzeteket, az érvényes szabványok listáját, az MHIÉ tematikáit és vizsgakérdéseit, valamint ebédet kapnak a szorgalmi időszakban. Kérésre szállást is biztosítunk félpanzióval (kétágyas, fürdőszobás szoba, reggeli, vacsora).

Segítségét adunk az MSZ EN 473:2001 szabvány szerinti csoportosításban a termék szektorok (c, f, w, wp, t...) és a belőlük települő ipari szektorok megválasztásához, tájékoztatunk az 1. és 2. fokozatú roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamra való jelentkezés feltételeiről (alapozó tanfolyam, orvosi alkalmasság, alapképzettség, gyakorlati idő, felmentések). Kívánságra jelentkezési lapot és a tanfolyamok részletes programját elküldjük.

Célunk, hogy tanfolyamaink hallgatói jól elsajátítsák az adott eljárás elméletét és gyakorlati fortlyait. Ennek érdekében tanfolyamainkon 3. vagy 2. fokozatú képesítéssel és nagy gyakorlattal rendelkező előadók oktatnak, a gyakorlati foglalkozások MSZ EN ISO/IEC 17025 szerinti akkreditált vizsgáló laboratóriumokban folynak. A tanfolyamok legeredményesebb hallgatóit hasznos anyagvizsgáló eszközöket tartalmazó csomaggal ajándékozunk meg.

## ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA:

Alapozó tanfolyam az 1. fokozatú képesítéshez: 2002. szept. 16-17., és 2003. jan. 6-7.

Alapozó tanfolyam a 2. fokozatú képesítéshez: 2002. okt. 28-29., és 2003. febr. 24-25.

Tömörsegvizsgáló LT-1: 2003. febr. 17-26., vizsga: febr. 27-28.

Tömörsegvizsgáló LT-2: 2002. szept. 16-25., vizsga: szept. 26-27.

Rezgéselemző VAT-1, az SKF Rt-vel együttműködve: 2002. szept. 30. – okt. 9., vizsga: okt. 10-11.

Rezgéselemző VAT-2, az SKF Rt-vel együttműködve: 2003. ápr. 14-23., vizsga: ápr. 24-25.

Mágneseshető poros MT-1: 2002. szept. 18-20., vizsga: okt. 1-2., és 2003. jan. 8-10., vizsga: jan. 21-22.

Folyadékbehatolásos PT-1: 2002. szept. 23-25., vizsga: október 1-2., és 2003. jan. 13-15., vizsga: jan. 21-22.

Vizuális VT-1: 2002. szept. 26-30., vizsga: okt. 1-2., és 2003. jan. 16-20., vizsga: jan. 21-22.

Ultrahangos UT-1: 2002. okt. 7-22., vizsga: okt. 24-25., és 2003. jan. 27 – febr. 12., vizsga: febr. 13-14.

Mágneseshető poros MT-2: 2002. okt. 30. – nov. 4., vizsga: nov. 14-15.; és 2003. febr. 26-28., vizsga: márc. 11-12.

Folyadékbehatolásos PT-2: 2002. nov. 5-7., vizsga: nov. 14-15.; és 2003. márc. 3-5., vizsga: márc. 12-12.

Vizuális VT-2: 2002. nov. 11-13., vizsga: nov. 14-15.; és 2003. márc. 6-10., vizsga: márc. 11-12.

Ultrahangos UT-2: 2002. nov. 18 - 27., vizsga: nov. 28-29.; és a Ke-Tech Kft. Oktatóházában 2003. márc. 17-26., vizsga: márc. 27-28.

Kondicionáló tanfolyamok MT-2, PT-2, VT-2: 2002. dec. 2-5.; UT-2: dec. 9-12.; RT-2: 2003. jan. 13-17.; LT-2: 2003. febr. 3-6

A tanfolyamot az 1997-ben 2. fokozatú vizsgát tett kollégáknak ajánljuk. Felrészítjük a szakma alapjait, ismertetjük az új szabványokat (MSZ EN, MSZ, ISO) és vizsgálati eljárásokat, bemutatjuk a legmodernebb vizsgálati eszközöket. A kondicionáló tanfolyam hasznos segítség a résztvevők tanúsítványának a meghosszabbításához, illetve az RT-2 szakon a 16/2000. (VI.8.) SZEM rendelet szerinti bővített sugárvédelmi tanfolyam elvégzésére is.

Újraminősítő tanfolyam: akusztikus emissziós AET-2 2003. ápr. 7-16., vizsga: ápr. 17-18.  
Legalább 6 fő jelentkezése esetén induló tanfolyamok: Színképelemző SPT-2, SPT-2; Akusztikus emissziós AET-1, AET-2 és Örvényáramos ET-1, ET2 szakokon.

Vállalatok, társaságok részére kihelyezett tanfolyamokat, speciális igényeket kielégítő képzési formákat is szervezünk. Fogalmazzák meg igényeiket!

Tanfolyamainkat évről-évre azonos időszakban szervezzük, kurzusaink már 5-6 jelenkező eseten is elindulnak, ezért velünk évekre előre tervezhet!

Küldjön egy névjegykártyát, és kérje részletes ismerletlő lüzetünket!

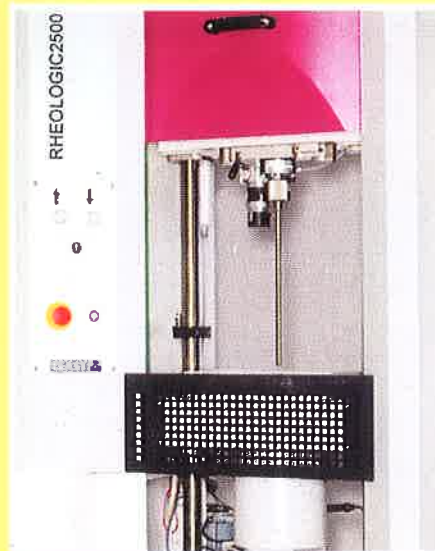
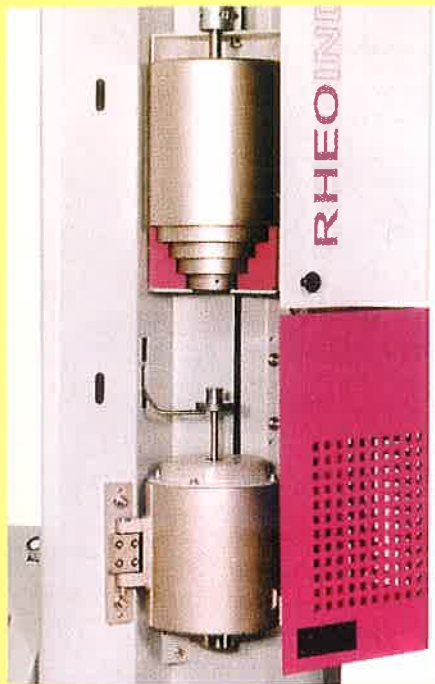
Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál

Dénes Gáborné



# FOLYÁSINDEX-MÉRŐ CSALÁD



A CEAST készülékek teljes választékát forgalmazza:

**TESTOR Kft.** Budapest XII., Meredek u. 33. • 1538 Budapest, Pf. 528  
Tel.: 319-1-319 • Fax: 319-2284 • [www.testor.hu](http://www.testor.hu) • [info@testor.hu](mailto:info@testor.hu)



# Zwick / Roell - minőség, megbízhatóság

**Univerzális szakítógépek húzó-, nyomó-, hajlító vizsgálatokhoz.**  
A vizsgálóberendezések működtethetők számítógépről, illetve anélkül.

A testXpert szoftver egyszerűen kezelhető, mégis nagy komfortot biztosít. A standard vizsgálati szoftverek előnyös ár/teljesítmény viszony mellett garantálják a szabványos vizsgálatok elvégzését, míg a mester vizsgáló szoftverek segítségével egyedi vizsgálatok építhetők fel. Szükség esetén beállítható az "egy gombos kezelés" is.



## **ZWICK Basicline - új, kedvező árú szakítógép termékcsoport**

A család 500N, 5, 10, 20 kN terhelhetőségű anyagvizsgáló gépeket tartalmaz. Modulokból összeállítható, igen rövid szállítási határidejű (1 hét) berendezések.

## **Íngás ütőművek**

Charpy, Izod, ütveszakító metódusú vizsgálatokhoz analóg vagy digitális kijelzéssel, számítógép, nyomtató illesztésének lehetőségével

## **Keménységmérő berendezések**

Shore, Rockwell, Brinell, Vickers skálákon, kézi, asztali kivitelben.

## **Meltindex mérők**



# Precisa

**Mérlegek:**  
félmikro-, analitikai-,  
laboratóriumi és ipari kivitelben  
(0,01 mg - 60 kg).  
**Nedvességmeghatározók**



*Akreditált mérlegkalibráló laboratóriummal rendelkezünk*

**AHLBORN** - maximális flexibilitás a mérés technikában  
Mérő- adatgyűjtő rendszerek fizikai, kémiai, villamos mennyiség mérésére

**IKA** - Laboratóriumi készülékek, mágneses keverők, keverőmotorok stb.



**Forgalmazás, márkaszerviz, szaktanácsadás:**  
**SENSELEKTRO Kft.**  
1064 Budapest  
Vörösmarty u. 33.

Tel./Fax (36-1) 342-79-82  
Telefon (36-1) 351-43-17  
e-mail: [senselektro@interware.hu](mailto:senselektro@interware.hu)