

SzárD

# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

8. ÉVFOLYAM  
3. SZÁM  
1998.

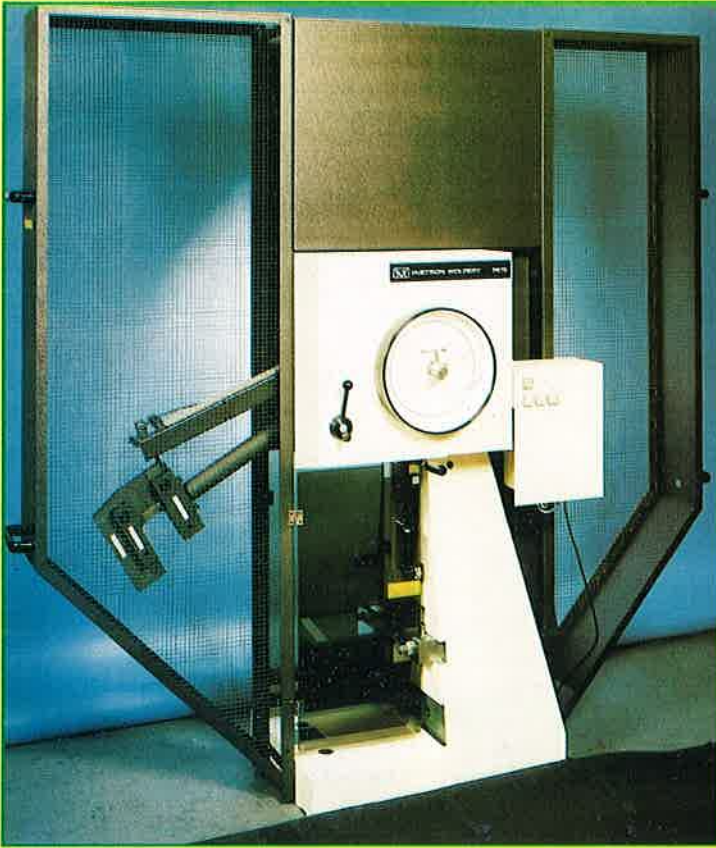


# TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT - MÉRÉSTECHNIKA



az **INSTRON WOLPERT** vizsgálógépek kizárólagos forgalmazója



rugóvizsgálógépek



ingás ütőművek



makro- és mikrokeménység-mérők



## ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

### Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR BT.** címén  
Budapest XII., Meredek u. 45.  
**1538 Budapest, Pf. 528.**  
Telefon: 319-4782  
Telefax: 319-2284

Felelős szerkesztő:  
**dr. Lehofer Kornél**

A szerkesztőbizottság tagjai:

**dr. Borbás Lajos**  
**Fücsök Ferenc**  
**dr. Havas István**  
**dr. Koczor Zoltán**  
**Ruzicska György**  
**dr. Pólos László**  
**dr. Tóth László**

Kiadja:  
**TESTOR BT.**

Felelős kiadó:  
**Szappanos György**  
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1998-ra  
(1-4. szám): 2.100,- Ft  
Előfizethető közvetlenül a kiadónál, illetve postautalványon, vagy átutalással, az EKB 13-00-0017/102 65712 számon. Az előfizető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos  
1119 Budapest, Nándorfejérvár köz 15.  
Tel./Fax: 204-0510

Előkészítés: **PC-PRINT BT.**  
Tel.: 205-6399

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

ISSN 1215-8410

## Gépészet' 98 holnap és holnapután

Ezen a címen rendezett május 28-29-én a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kara – a hazai gépészet történetében először – országos konferenciát azzal a kifejezett céllal, hogy a gépészet lehetőleg valamennyi ágazatát felölelve áttekinthető legyen a hazai kutatások helyzete és azok az eredmények, amelyek megalapozhatják a jövőt, a versenyképes magyar ipart.

E cél érdekében egyrészt a nyitó plenáris ülésen az egyes szakterületek közismert személyiségei közül felkért előadók áttekintést adtak a hazai gépipar helyzetéről gazdasági és iparpolitikai szempontok alapján (Hegyháti József), illetve a gépészet és az új anyagok (Prohászka János), a gépészet és az energetika (Hatvani György), a gépészet és az informatika (Inzelt Péter), valamint a gépészet és a környezetvédelem (Kovács Endre) aspektusából; másrészt az egyetem tanárai közül szekcióelnököket kértek fel, akik a plenáris záróülésen igyekeztek mérleget vonni – az összességében mintegy 240 előadás eredményei alapján – a gépipari alaptudományok (Ginsztler János), a gép- és terméktervező (Stépán Gábor), a gépgyártás és automatizálás (Horváth Mátyás), a gépipari informatika (Penninger Antal), a folyamat-tervezés és környezetvédelem (Lajos Tamás) szekciókban elhangzottokról. Mindezekből csak néhány jelzés értékű és jellemző megállapításra utalnék.

Mindenekelőtt egyértelmű: van jövője honi gépiparunknak,  
– mert jelenleg is a legdinamikusabban fejlődő ágazat;  
– mert erősödik vállalati szinten a kutatási-fejlesztési tevékenység, és ezzel összefüggésben az egyetemi, az alapítványi és a vállalati kutató-fejlesztő helyek érdemi együttműködése.

Az elektronika, az optika, az anyagtudomány és az informatika eredményei tükröződnek a hazai gépészeti alap- és alkalmazott kutatások és a fejlesztések eredményeiben. Előtérbe kerültek az új tulajdonságú anyagok, a kompozitok, a porkohászati anyagok alkalmazása, a lézer- és vízsugaras megmunkálások, a számítógépes tervezés, modellezés, a virtuális gyártás; a számítógépes vezérlés és a robotos szerelés. A környezetvédelmi témák viszont még nem a súlyuknak megfelelően és hiányosan szerepeltek.

Végül is a konferencia az egymás munkájának a jobb megismerésének fórumaként működött, ezért kétévenként megfogják rendezni, legközelebb 2000-ben.

Lapunk témaköre a gépészeti alaptudományokhoz kapcsolódik leginkább. Ebben a szekcióban az anyagtudomány, az anyagvizsgálat és az állapotellenőrzés témájú előadások meghatározó súllyal szerepeltek. A szélesebb körű tájékoztatás érdekében lapunk ez évi 3. és 4. számát az ebben a szekcióban elhangzottak figyelembevételével szerkesztjük. Ezúton is megköszönöm a szerzőknek a lapunknak nyújtott támogatásukat!

Lehofer Kornél

**ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN***Prohászka János:*

Gépészet és új anyagok

Mechanical engineering and new materials

Maschinenkunde und neue Materialien

69

**ÁLLAPOTELLENŐRZÉS – CONDITION CONTROL – ZUSTANDSKONTROLLE***Dévényi László, Bagi István:*

Időjárásálló acélok károsodása

Damage of weathering steels

Schädigung der witterungsbeständige Stähle

74

*Bagi István, Dévényi László:*

Erőművi csővezetékek károsodásának vizsgálata

Failure analysis of different tubes of boilers

Schädigungsanalyse der verschiedene Kraftwekrohre

76

**SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU**

Dígi-Schmidt-2 kézikészülék – hand instrument – Handgerät

Equotip SVP 40 kézikészülék – hand instrument – Handgerät

77

**VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN***Szalay Zsolt, Dévényi László:*

Porozitás kialakulásának vizsgálata és roncsolásmentes detektálásának lehetőségei nyomásos alumíniumöntvényekben

Porosity examination of pressure aluminium castings and possibilities of the NDT

Porositätsprüfungen der Aluminiumdruckgüsse und die Möglichkeiten der ZfP

78

*Németh András:*

A digitális videotechnika alkalmazása a méréstechnikában

Application of the digital video method to the measuring technics

Anwendung der digitale Videomethode für Meßtechnik

81

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

Az Instron új, szervohidraulikus gépcsaldja

The new Instron servohydraulic machine family

Die neue Instron servohydraulische Prüfmaschinenfamilie

83

*Mohácsi Gábor:*

EMS környezetvédelmi és meteorológiai mérőállomás

EMS measuring station for protection of environment and meteorology

EMS Meßstation für Umweltschutz und Meteorologie

84

*Georges H. Lyssy:*

Csomagolófóliák és csomagok gáz- és vízgőzáteresztő képességének mérése

Measuring the gas and vapor permeability of packaging films and whole packages

Messung der Gas- und Dampfdurchlässigkeit von Verpackungsfolien und Verpackungen

85

**MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE***Bartha András:*

Analitikai rendszerek a kőzet- és fémanalitikában

Nemzetközi trendek és a hazai helyzet áttekintése

Analytical systems for rock and metal analysis

International trend and the domestic review

Analytische Systeme für Gestein- und Metalanalyse

International Tendenzen und die heimische Rundschau

86

**HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN**

91

**MINŐSÉGELLENŐRZÉS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG***Koczor Zoltán, Marschall Marcell:*

Anyagvizsgálói sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában

5. rész: Az anyagvizsgálatok költségsajátosságai a minőségügyi rendszerekben

Material testing peculiarities of the quality assurance systems

Part 5: Cost peculiarities of the material testing

Die Materialprüfungseigenarten der Qualitätssicherung-Systeme

5. Teil: Kosteneigenarten der Materialprüfung

92

**MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN****Dr.h.c. Káldor Mihály**

97

**ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER**

98

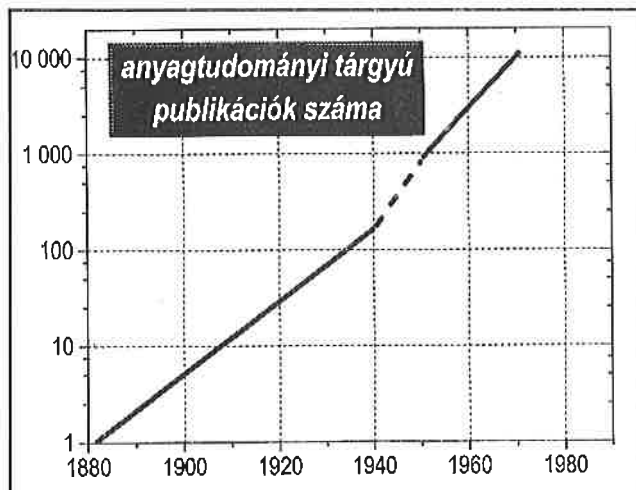
# Gépészet és új anyagok\*

Prohászka János\*\*

Miként minden műszaki tudomány és műszaki gyakorlat, a gépészet is ugyanolyan elválaszthatatlanul kapcsolódik az anyagokhoz, hiszen minden gépészeti és műszaki eredmény, közvetve vagy közvetlenül anyagok felhasználásával valósul meg. A gépészmérnök feladata a megfelelő társadalmi igények kielégítése, és ahogyan az emberek igénye nő, vele növekszenek a gépészeti alkotásokkal kapcsolatos elvárások. Természetesen ezek tükröződnek az anyagok minőségének szakadatlan fejlesztésében is. Mindezek eredményeként a gépészeti tudomány és gyakorlat elválaszthatatlanul össze van kötve az anyagtudománnyal, mely igyekszik kielégíteni azokat a követelményeket, amelyek abból adódnak, hogy a szerkesztők és a gyártók egyre nagyobb teljesítményű, korszerűbb és olcsóbb berendezéseket terveznek és állítanak elő. Ezeknek a követelményeknek azonban csak akkor tudnak eleget tenni, ha rendelkezésre állnak azok az anyagok, amelyekkel a piaci igények által megszabott gépészeti berendezéseknek az anyagokra vonatkozó feltételeit ki lehet elégíteni. Ez az állandó hajtóereje az egyre újabb anyagok megjelenésének.

Azt a kérdést is fel kell azonban vetni, hogy mit tekinthetünk új anyagnak? Ha végigtekintjük az újabb szabványokat, a folyóiratokban megjelenő dolgozatokat, az egyes vállalatok ajánlásait, akkor kiderül, hogy olyan anyag, ami korábban nem létezett alig van. A gépészet korábban is ismerte a fémeket és ötvözeteket, a fát, a textil, a műanyagot, az üveget, a követ és sorolhatnánk az anyagok valamennyi fajtáját. Mire mondhatjuk akkor azt, hogy egy adott anyag új? **Úgy vélem, hogy újnak kell tekinteni minden olyan anyagot, amely a korábbiakhoz képest megfelelőbb tulajdonságokkal rendelkezik, vagy olcsóbb azoknál.** Az utóbbi jellemző fontossága miatt meg kellett említeni, mert ez az egyik meghatározó tényezője annak, hogy egy gépészeti termék megállja a versenyben a helyét és amely kényszeríti a kutatást az állandó fejlesztés felé.

Az új anyagok túlnyomó többsége hosszú fejlesztő tevékenység eredménye és az első lépéseknél a mai felhasználási célok az esetek többségében fel sem vetődött. Annak kísérletével, hogy teljes áttekintést lehessen e területről adni, nem is szabad próbálkozni, amit az anyagokkal kapcsolatos folyóiratcikkek száma egyértelműen bizonyít az 1. ábrával. Ebből kiderül, hogy amíg a múlt században az évenként



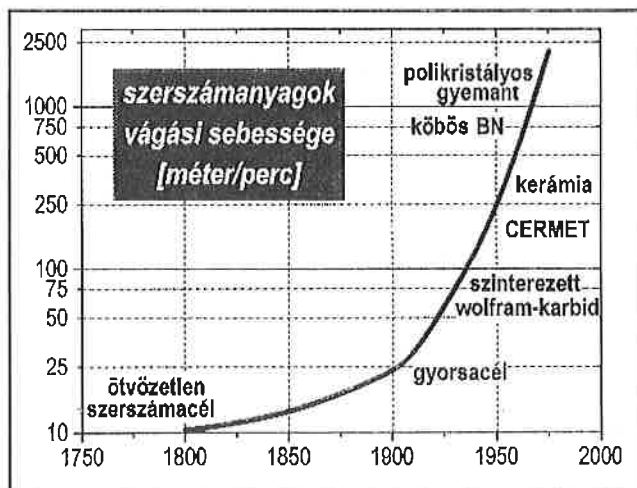
1. ábra

\* plenáris előadás a „GÉPÉSZET '98” konferencián  
 \*\* az MTA rendes tagja

megjelenő dolgozatok száma még a tizet sem érte el, addig ma áttekinthetetlenül sok cikk jelenik meg az új anyagokkal kapcsolatban, mert azok száma meghaladja a tízezret, és ha az ember a számítógépes lehetőségeken keres, kiderül, hogy még egy adott feladattal kapcsolatban is képtelen valamennyi cikket elolvasni. Ezért az „új anyagok” tekintetében is csak néhány jellegzetes példát említek meg.

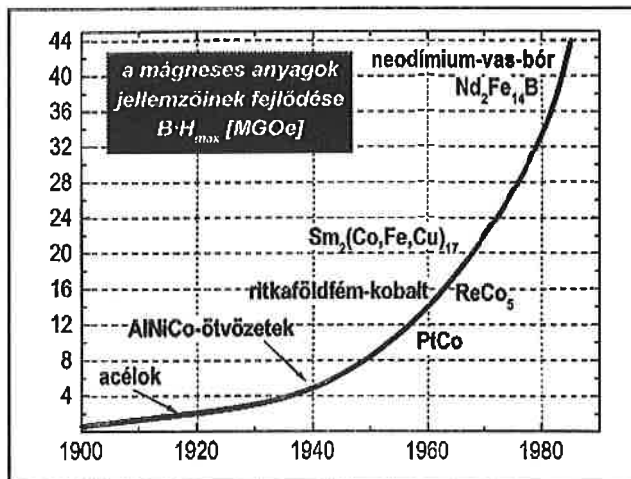
Néhány évtizede még hazánkban is elterjedt volt, pl. a vízimalmokban a fából készült fogaskerék, amelyeket imitt-amott még ma is érdekességként látni lehet. Ezeket fokozatosan – szinte a vízimalmokkal együtt – lassan teljesen kiszorították az ötvözetlen, majd az ötvözött acélok, a különböző fémek és ötvözetek (sárgaréz, bronz stb.), az öntöttvas és sok helyütt a műanyagok, sőt ma már vannak – természetesen kisméretű – fogaskerekek, melyeket nanokristályos anyagból készítenek. Ez a korántsem teljes felsorolás is azt mutatja, hogy az új anyagok száma meghatározhatatlan.

A **forgácsolószerszámok** példája is mutatja azt a korábban hihetetlen vágósebesség növekedést, amellyel ma a forgácsolószerszámokkal dolgoznak. A 2. ábra szemlélteti a vágósebesség valamint az állandóan fejlődő és a maga idejében mindig új anyagnak számító szerszámok néhány anyagának a felsorolását. Ezeknek az anyagoknak a felhasználása majdnem egyidőben terjedt el a húzókövek anyagaiként is, azzal az eltéréssel, hogy ott ma már gyémánt egykristályból készítik azokat úgy, hogy a húzókö tetengelye legyen párhuzamos az <111> kristályiránnyal, mert ilyen feltételek mellett adódik a legnagyobb élettartam. Itt a kőbős bórnitrid és a gyémánt példája mutatja, hogy az „új anyagok” régóta ismertek csak a mérnöki leleményesség és a jobbra, olcsóbbra törekvés veszi ezeket műszaki használatba.



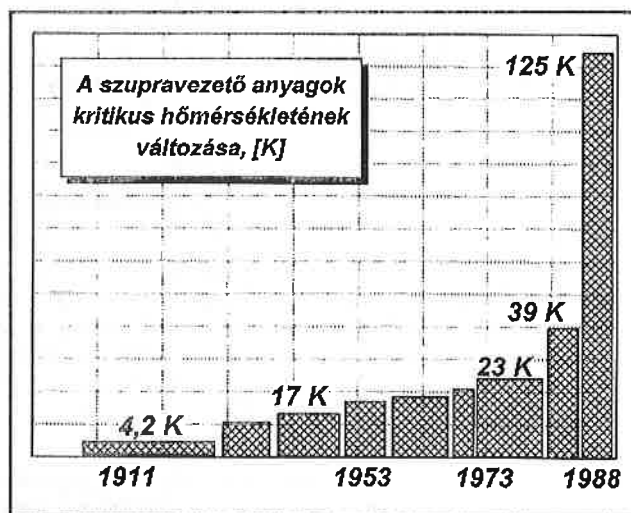
2. ábra

Megvizsgálva az anyagok fejlődését, kijelenthetjük, hogy az valamennyi anyagfajta kiterjed. Ezért érdemes megemlíteni a **nagy energiájú keménymágnesek** fejlődését is. A korábbi szénacélt először az Alnico keménymágnes váltotta fel, majd az úrhajózás mindent megmozgató súlycsökkentési követelménye a kezdeti időben az 50–50%-os PtCo keménymágneseket vette használatba. Ez a rendkívül drága anyag azért került beépítésre, mert az akkor ismert AlNiCo keménymágnesek súlyához mért csökkenés megtérült a hajtóanyag felhasználásban. A keménymágnesek ún.  $(B \cdot H)_{max}$  energiaszorzatának a fejlődését mutatja az idő függvényében a 3. ábra.



3. ábra

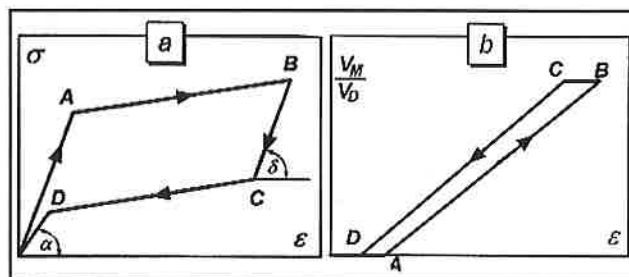
Rendkívül látványos fejlődést mutat a **szupravezető anyagok** kritikus hőmérsékletének a növekedése. Ezen a „kritikusnak” nevezett hőmérsékleten az anyagok egy részének eltűnik az elektromos ellenállása. Itt érdemes megemlíteni, hogy ezt a jelenséget 1911-ben fedezte fel Kammerling Onnes a higany vizsgálata során. A higany kritikus hőmérséklete  $-268,8^{\circ}\text{C}$ . Érthető az érdeklődés, mely ezt a jelenséget kísérte, hiszen ha az elektromos energiát szupravezetőkön lehetne eljuttatni az elektromos erőművektől a fogyasztóhoz, akkor, pl. a hazai elektromos vezetékeken nagyobb energiavesztés lehetne megtakarítani, mint amennyit a bős-nagymarosi erőmű termelne. A felismeréstől eltelt 64 év alatt a kutatások eredményeként olyan anyagot sikerült előállítani, ami a kritikus hőmérsékletet mindössze  $16^{\circ}\text{C}$ -szal emelte. Az addig ismert nagyobb kritikus hőmérsékletű szupravezető anyagok fémek voltak, bár a félvezető anyagokon is észlelték a jelenséget, nagy nyomáson és a 0 K közelében. 1988-ban egyszerre közel 100 K-nel ugrott meg a kritikus hőmérséklet (ld. a 4. ábrát). A legmeglepőbb ebben az, hogy ezt a nagy kritikus hőmérsékletet nem fémes anyagon, hanem kerámián észlelték.



4. ábra

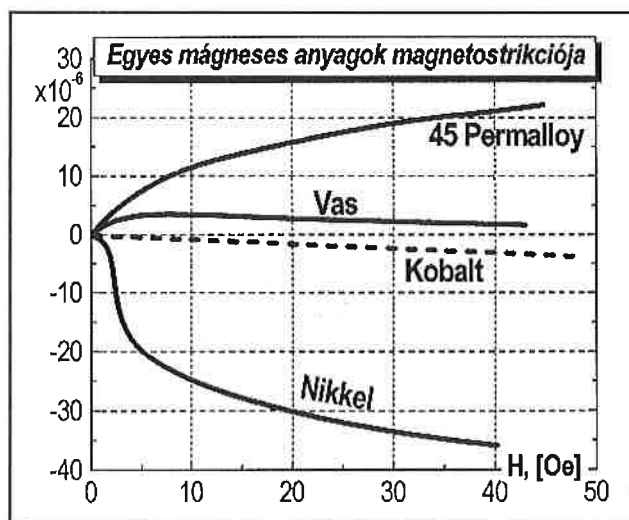
Valóban újak kell tekinteni az **alakemlékező ötvözeteket**, annak ellenére, hogy maguk az ötvözetek ismertek voltak korábban is. A *Nitinol* elnevezésű NiTi-ötvözetek martenzites fázisátalakulásánál ismerték fel, hogy ezek az ötvözetek megtartják az alakjukat bizonyos feltételek között, ha azokat képlekenyen alakítják, majd utána adott hőmérséklet fölé melegítik.

A jelenségnek az az alapja, hogy meghatározott termikus és mechanikus kezelés után a martenzites fázisátalakulás mindig azonos alakot biztosít a próbatestnek. Ha az ilyen alakú próbatestet képlekenyen deformálják, majd azt melegítik, visszanyeri eredeti alakját. Ugyanabbe a jelenségsorozatba tartoznak a **termoelasztikus anyagok**. Ezek az anyagok egy meghatározott terhelésnél fázisátalakuláson mennek át és az alakjukat a terhelés növekedésével az átalakult fázis mennyiségének a növelésével folytatják. Ha a leterhelés elkezdődik, akkor először az új fázis a rugalmas alakváltozását veszíti el, majd megkezdődik a fázis terhelés okozta visszaalakulása az eredeti fázisba, végül az eredet fázis rugalmas alakváltozása tűnik el, és a próbatest visszanyeri eredeti alakját amint azt az 5. ábra mutatja.



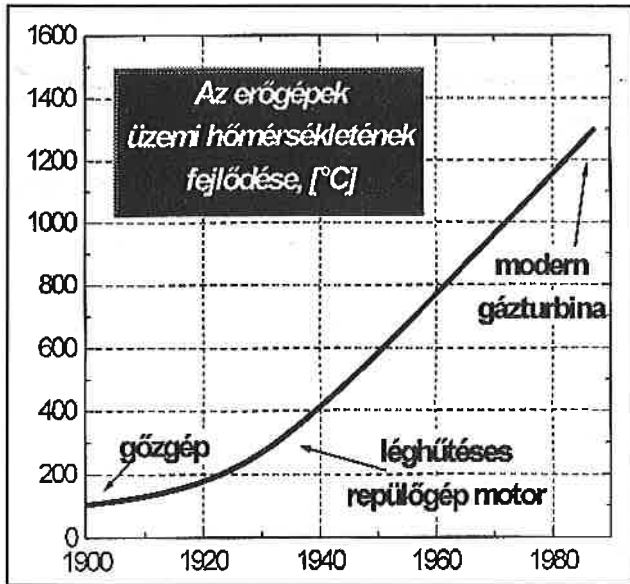
5. ábra. A termoelasztikus anyagok terhelés közben bekövetkező fázisátalakulása

Ezen a ponton érdemes megemlíteni, hogy nem csak mechanikus terhelésre, hanem elektromos és mágneses tér hatására is bekövetkezik a rugalmas alakváltozás meghatározott **ferroelektromos** és **piezoelektromos**, valamint **ferromágneses anyagokon**. A ferroelektromos és piezoelektromos anyagok alakja megváltozik, ha elektromos térbe kerülnek, és ha mechanikusan terhelik azokat elektromos dipolussá válnak. Hasonló változáson megy át a ferromágneses anyagok jelentős része is, ha mágneses térbe kerülnek. A 6. ábra mutatja néhány ferromágneses anyag magnetostrikcióját, vagyis alakváltozásukat a mágneses tér függvényében.



6. ábra

A **Ni-bázisú szuperötvözetek** használata a hőerőgépek üzemi hőmérsékletének növekedése a gépészettel kapcsolatos anyagtudomány egyik legnagyobb eredménye. A 7. ábra mutatja ezeknek a gépeknek az emelkedő üzemi hőmérsékletét a használatbavétel idejének a függvényében. A mai sugárhajtóművekben használt „kvázi egykristályos” szuperötvözetek Ni-alapúak, ami azért meglepő, mert a gázturbinákban, amelyekben lapátként használják ezeket, az üzemi hőmérséklet nagyon közel van a Ni olvadáspontjához. Itt meg kell



7. ábra

említeni azt is, hogy az 1300°C-nál valamivel nagyobb üzemi hőmérsékleten a turbinalapátok hőmérséklete kisebb. Azokat üregesre készítik, és hőmérsékletüket belső hűtéssel szorítják le. A turbina termikus hatásfoka azonban nem a lapát, hanem a turbina üzemi hőmérsékletétől függ. Hogy a hatásfok mennyivel növekedett, arra a legjobb bizonyíték az, hogy ma az ilyen turbinákkal hajtott utasszállító gépek képesek átrepülni a Csendes-óceánt. Az ilyen „kvázi egykristályos” szuperötövezetből készült lapátok használata előtt Japánba csak leszállással lehetett eljutni az európai és ázsiai kontinens fölé.

A szóban forgó szuperötövezetek szilárdságát egy új fejlesztés eredményeként Ni<sub>3</sub>Al kiválásokkal növelték. Azonban a kiválások és az alapanyag közötti fázishatárok nagy felületi energiája miatt, ennek az ötvözetnek, mint termodinamikai rendszernek jóval nagyobb a szabad entalpiája az egyensúlyi értéknél. Ez annak a következménye, hogy a kiválások és az alapanyag közötti kristályszerkezet lényegesen eltér egymástól, mert a Ni elemi cellájának az élhossza 3,5165 Å, a NiAl kiválásoké pedig 2,8813 Å. A nagy fázishatár-energia következtében ezt a többletet a próbatest, mint termodinamikai rendszer úgy csökkenti, hogy a kiválások – különösen a nagy üzemi hőmérsékleteken – viszonylag rövid idő alatt növekedésnek indulnak, megnő a kiválások *r* sugara és ezzel az ötvözet szilárdságát csökkentik, mert a kiválásokat tartalmazó ötvözet folyáshatára:

$$\sigma = \frac{Gb}{R} = \frac{3Gb\sqrt{C}}{4\pi r}$$

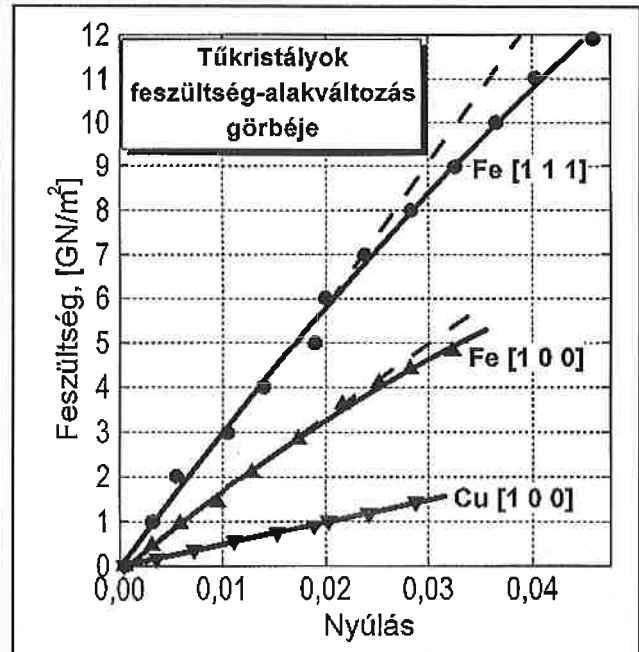
ahol a  $\sigma$  folyáshatár, *G* az adott ötvözet csúsztató rugalmassági modulusa, *R* a kiválások átlagos távolsága, *b* a diszlokációk Burgers-vektora, *C* pedig a kiválásokat okozó koncentráció.

A mai 1300°C feletti üzemi hőmérsékleteken működő gázturbinák lapátjaiban a kiválások és az alapfém szilárd oldatának rácsparamétere gyakorlatilag azonos. A Ni-alapú szilárd oldat ötvözésével csökkentették annak rácsparaméterét, a NiAl kiválásokét pedig növelték. Ezzel sikerült elérni, hogy a fázishatárokon azonos orientáció mellett azonosak a rácsparaméterek, és ezzel a fázishatár-energia a minimumra csökkent, és ezért a kiválások növekedése nagyon kis sebességre csökkent.

A gépészetnek az anyagokkal kapcsolatos igénye a legtöbb esetben a szilárdság növelésére irányul. A kristályhibákat nem tartalmazó vékony 5µm vastagságú whisker-nek nevezett szálak („tűkristályok”) szilárdsága eléri az anyagok elméleti szilárdságát, melynek nagysága

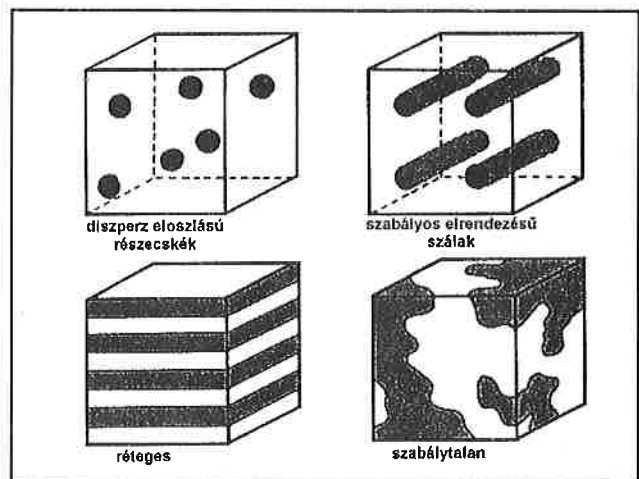
$$\sigma = \frac{Gb}{\pi a} \equiv \frac{G}{\pi}$$

ahol a a kristály rácsparamétere. Ez azt jelenti, hogy az elméleti szilárdság mintegy 1000–10000 szerese a gyakorlati polikristallin fémekben mért értéknek. A 8. ábra mutatja az elméleti szilárdságú Fe és Co whiskerek feszültség-alakváltozási görbéjét. Ezzel kapcsolatban az a probléma, hogy az ilyen nagy szilárdságú anyagot nem lehet nagy méretekben csak a már említett nagyon vékony szálakként előállítani. Innen ered tulajdonképpen a kompozitok, a társított anyagoknak a fejlesztése.

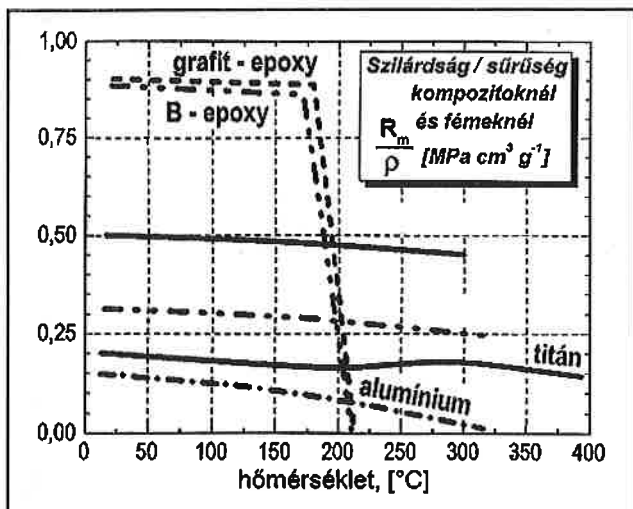


8. ábra

A társított anyagok szerkezetében megtaláljuk azokat a nagy szilárdságú vékony szálakat – legtöbbször grafit, grafit-, esetleg volframszára párologtatott B, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC vagy SiO<sub>2</sub> – melyeknek szilárdsága meghaladja a fémekét és ezeket valamilyen, rendszerint fém, vagy műgyantába ágyazzák. A kompozitanyagok szerkezetére mutat példát a 9. ábra. Ez a statisztikusan eloszló erősítő granulátumot, az erősítő szálakkal rendben elhelyezett, a lemezekből készített és a rendszeretlenül összerakott szerkezetét szemlélteti a kompozitoknak. A 10. ábrán pedig néhány társított anyagok szilárdság/sűrűség hányadosát mutatja a hőmérséklet függvényében. Az ábra 1. görbéje a grafit-epoxigyanta, a 2. a bőr-epoxigyanta, a 3. a bőr-alumínium és a SiC-alumínium, a 4. a SiC-titán, az 5. a titán és a 6. görbe az alumínium értékeit mutatja. Mint



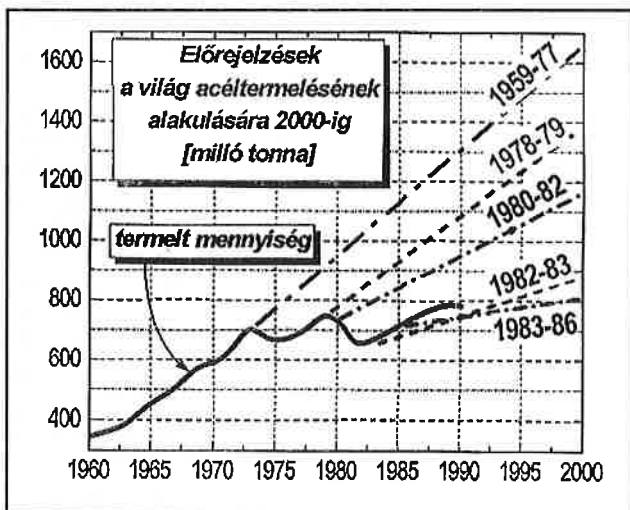
9. ábra. A kompozitanyagok néhány jellemző szerkezete



10. ábra

látható a társított anyagok szilárdság/sűrűség hányadosa sokkal jobb, mint a befoglaló anyagé és ez igen fontos szerepet játszik a repülőgép- és a gépkocsiiparban.

Az imént említett kompozitok a gépészet nagyon lényeges szilárdsági problémáival állnak kapcsolatban. E kérdéskörben azonban a legfontosabb szerepe mégis az acélnak és a vasötvözeteknek van. Sokan a kohászat és az acélgártás válságaként említik, hogy a korábbi évekhez képest – noha az acélgártás mennyisége ugyan nő – a termelés messze elmarad azoktól a várakozásoktól, melyeket ezzel kapcsolatban korábban megfogalmaztak. A 11. ábra mutatja a világ acélttermelését 1960 és 1990 között folytonos vonallal. A termelési adatokból eredő előrejelzéseket szaggatott vonalak jelzik az egyes időszakokból extrapolálva.

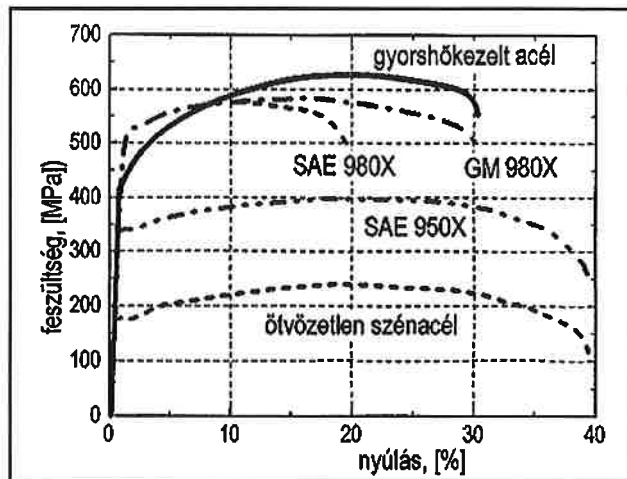


11. ábra

Úgy véljük, hogy ez az eltérés és folyamatos korrekció korántsem az acél háttérbeszorulásának az eredménye, hanem annak köszönhető, hogy az acél minősége szakadatlanul nő. Kutatók százai tesznek meg mindent, hogy az anyagok tulajdonságait javítsák és ennek eredménye az, hogy még az adott kémiai összetételű anyagnak a tulajdonságait a technológiai műveletekkel javítsák, és ez megy végbe az acélgártásban is. A folytonosan kihúzott görbék kisebb nagyobb visszaesései csak részben írhatók az adott időben a gazdasági recesszióra, hanem annak a ténynek a tükröződése, hogy egy-egy új technológia vált ismertté, mely jelentősen javította az acélok szilárdságát. Így a 70-es évek termelésének az időszakos visszaesése az ún. dual-phase acélok szerkezetének

a kialakulásával kapcsolatos technológiának, a 80-as években tapasztaltának pedig a HSLA (High Strength Low Alloy Steel) acéloknak a következménye.

Az említett technológiával kidolgozott anyagokat mutat be a 12. ábra. A diagramból és az összetételekből kiderül, hogy azonos összetétel mellett, mint amilyen, pl. az SAE 980X (USA szabvány) valamint a GM 980X, a szilárdsági tulajdonságok lényegesen különbözhetnek. Itt a különbségnek az az oka, hogy a GM 980X anyagot a General Motors

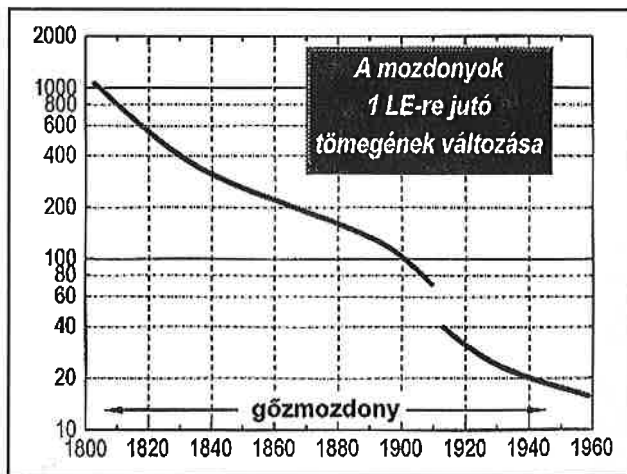


	Kémiai összetétel, [tömeg %]							
	C	Mn	Si	V	Mo	S	P	Al
gyors hőkezelt acél	0,07	0,34	0,1			0,02	0,02	0,004
SAE 950X	0,09	0,83	0,12	0,05	0,011			
SAE 980X	0,12	1,46	0,51	0,11	0,008	0,009	0,008	0,11
GM 980X	0,12	1,46	0,51	0,11	0,008	0,009	0,008	0,11
szénacél	0,05	0,32	0,02					

12. ábra A technológia hatása a szénacélok mechanikai tulajdonságaira

technológiája szerint egy olyan hőmérsékletre hűtötték le gyorsan, amelyen mind az ausztenit, mind a ferrit jelen volt és a hűtés után kétfázisú szerkezet keletkezett (dual-phase), amely martenzitből és ferritből áll.

A 12. ábra és a hozzá mellékelt táblázatban szereplő adatok szerinti gyors hőkezelt acél (BME) valamint a hasonló összetételű ötvözetlen szénacél tulajdonságai is jelentősen eltérnek egymástól. Ennek az az oka, hogy a gyors hőkezelés során a szőben forgó gyors hőkezelt acélból készült próbatesteket 2 másodperc alatt hevítettük az ausztenites tartományba, és onnan hűtöttük le gyorsan. Ezek a példák is mutatják,



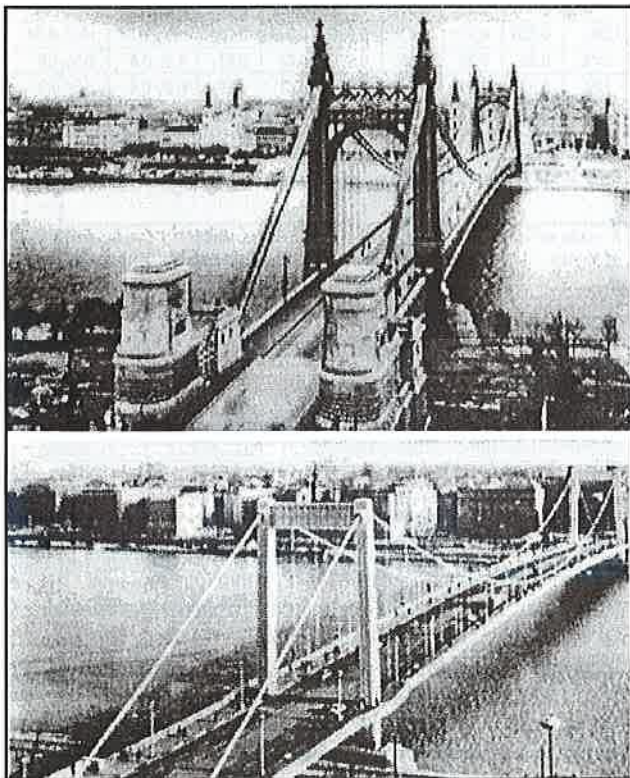
13. ábra



hogy a szilárd testek tulajdonságai rendkívül széles tartományban változtathatók a technológiák segítségével.

A tulajdonságváltozások természetesen tükröződnek a gépészeti termékekben. Jól példázta ezt a 13. ábra, amely a mozdonyok egy LE-re vonatkoztatott fajlagos tömegének változását mutatja az időbeli fejlődés során. A idősebbek számára a szemünk előtt végbement változást példázzák a régi és az új az Erzsébet híd (14. ábra) műszaki adatai. A 2. világháború során felrobbantott és az újjáépített híd adatai a következők:

	RÉGI ERZSÉBET HÍD	ÚJ ERZSÉBET HÍD
Szélessége	18 m	27 m
Terhelhetősége	450 kp/m <sup>2</sup>	900 kp/m <sup>2</sup>
A beépített acél	11300 tonna	6700 tonna



14. ábra A régi és az új Erzsébet híd

Valamennyi gépészeti termék teljesítő képességében és árában ott van a felhasznált anyagok minősége is. Ezt nemcsak a fenti példákban, hanem minden termékben észrevehetjük. Így pl. a Volkswagen kocsikban annak ellenére, hogy a teljesítményük az évek során kidolgozott azonos kategóriájú típusokban állandóan csökken, végsebességük nő és fogyasztásuk csökken.

Végül felmerül az a – véleményünk szerint a legfontosabb – kérdés, hogy mi az oka annak, hogy adott anyagokról folyamatosan kiderül, hogy tulajdonságaik rendszerint változtathatók és úgy is, hogy azok jobban megfeleljenek azoknak a követelményeknek, amelyeket a szerkesztők és a termelők támasztanak az anyagok tulajdonságaival szemben.

Már korábban felvetődött a szuperötvözetekben a kiválások fázishatár-energiájának a csökkentése, mert így kerül az anyag közelebb a termodinamikai egyensúlyhoz, mely minden változásnak az irányát meghatározza, mely egy adott termodinamikai rendszerben végbemegy. Egy termodinamikai rendszer akkor van egyensúlyban, amikor a  $G$  szabadentalpiájának minimális értéke van, amit a

$$G_e = U_e - TS_e + PV_e$$

szabadentalpia-függvény jelelemmez. Itt az indexbe írt  $e$  betű az ideális egyensúlyt fejezi ki. A reális szilárd testeknél ezt nem lehet elérni, azok mindig valamilyen

$$\Delta G = U_r - TS_r + PV_r - (U_e - TS_e + PV_e)$$

szabadentalpia többlettel rendelkeznek részben a mindig jelenlevő kristályhibák, a szabadfelületek és a terhelés nélküli feszültségtartományok miatt. Ebben a függvényben az  $r$  index a reális állapotra vonatkozik. A függvényekben az  $U$  a belső energiát a  $T$  az abszolút hőmérsékletet, az  $S$  az entrópiát, a  $P$  a nyomást a  $V$  pedig a térfogatot jelenti.

Ha most a termodinamika szerinti megfogalmazásra hivatkozunk, miszerint, *minden termodinamikai rendszer tulajdonságait annak állapota egyértelműen megszabja*, akkor a fentiekből egyenesen következik az a tény, hogy a szilárd testeinknek, anyagainknak a tulajdonságait változtatni lehet minden olyan állapotjelzővel, amelyek a  $G$  szabadentalpia függvényben szerepelnek.

A legegyszerűbben a hőmérséklet változtatható és azt mindenki természetesnek veszi, hogy a hőmérséklet változásával megváltoznak a test tulajdonságai. Képlékeny alakítással, a létrehozott kristályhiba többlet növeli a belső energiát, az entrópiát és a térfogatot. Ilymódom ismét egy megváltozott tulajdonságú anyaghoz jutunk. Szinte végtelen azoknak a lehetőségeknek a száma, melyekkel módosítani lehet az anyagok tulajdonságait és ez az oka annak, hogy a gépészet számára rendelkezésre álló új és újabb anyagok megjelenése szakadatlanul tart, és annak egyre újabb és újabb eredményei teszik lehetővé a nagyobb teljesítményű termékek előállítását.

Azt végül még érdemes és azt hiszem meg is kell jegyezni, hogy az azonos szabadentalpia többlet nem jelent azonos termodinamikai állapotot. Tehát az, hogy két próbatestnek, mint termodinamikai rendszernek a szabadentalpia többlete, ha egyenlő az még nem jelent azonosságot. Legyen a két szóban forgó próbatest közül az egyik a-val, a másik b-vel jelölve, Ha szabadentalpiájuk többlete a

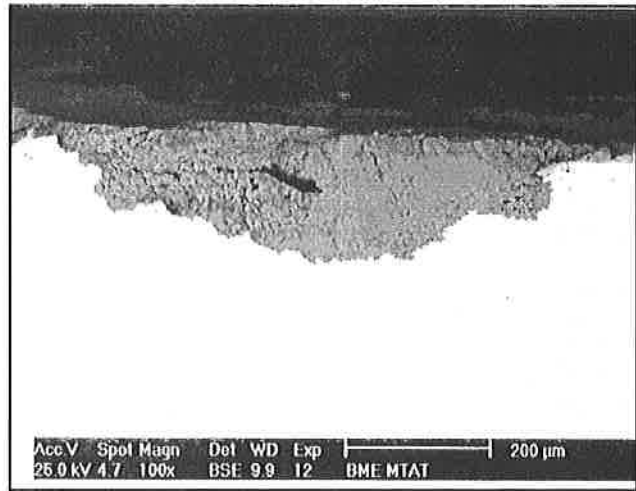
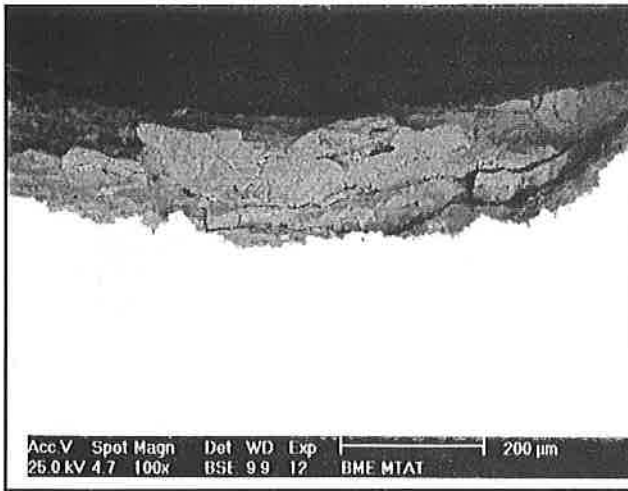
$$\Delta G_a = \Delta G_b$$

egyenlőségnek felel meg, az még csak szükséges, de nem elégséges feltétel. Az elégséges feltételt az jelenti, hogy az egyes szabadentalpia többletek minden paramétere azonos legyen. Ez azt jelenti, hogy mindkét próbatestben valamennyi kristályhiba koncentrációja azonos legyen, vagyis a:

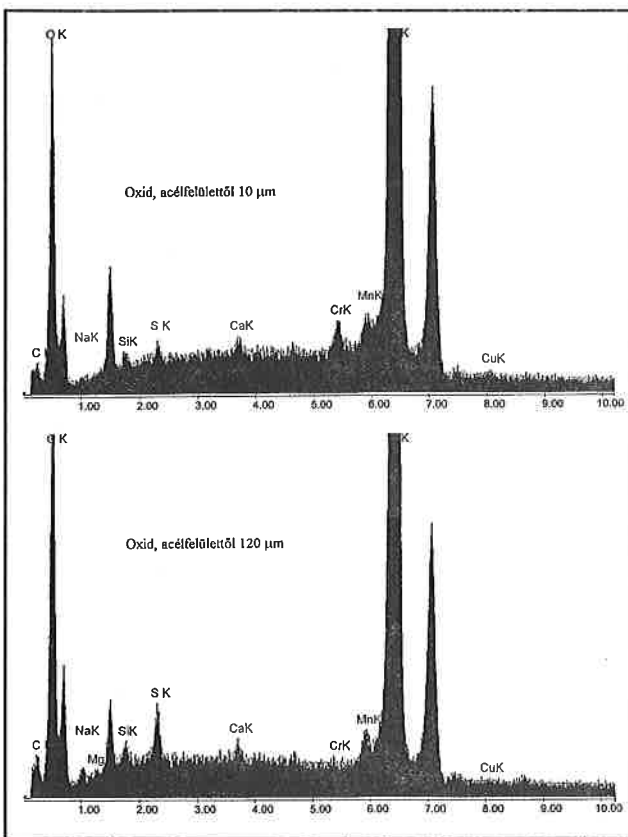
$$\rho_a^i = \rho_b^i$$

egyenlőség szerint minden kristályhibaféleség azonos legyen a két próbatestben, és ezen kívül ugyanolyan eloszlásban is legyenek. Csak ez biztosíthatja a két próbatest tulajdonságainak azonosságát, és ez teszi lehetővé azt is, hogy azonos koncentrációjú anyagoknak azonosak legyenek a tulajdonságaik. Ez a feltételrendszer teszi lehetővé, hogy a gépészetben felhasználandó anyagok tulajdonságait a kutatások egyre jobban alkalmassá tegyék a szakadatlan gépészeti termékfejlesztésre.





1., 2. ábra



3. ábra. Oxidréteg EDS spektumai

eltávolítja az oxidréteg külső rétegeiből. A korrodálódás során az oxidoknak az acélfelülethez képest bekövetkező fajtérforog változása, és a részleges oldódás az oxid fellazulásához, porózussá válásához, a felületről való könnyebb lepergéséhez vezet. A laza oxidrétegek megtartják a nedvességet, és ez a víztartalom a zárt acélszerkezeti részekben fagyásos/olvadási időjárású periódusokban az egyes szerkezeti elemek szétfeszülését okozza.

### Néhány fontosabb megállapítás:

- A vizsgált anyagok kémiai összetétele általában a szabványos korlátértékek közötti, gyakori a réz és a foszfor túllövőzése.
- A szabad acélfelületen keletkező oxid alsó rétege tömör, amorf, az acéltől távolodva csökkenő rézkoncentrációval. Ennek a rétegnek tulaj-

donítható, hogy a korrózió sebessége mintegy fele-harmada a szén-acélokénak. A tömör struktúrát egy laza, lepergő, krómot és rézet nem tartalmazó réteg fedi. Jelentős kéntartalma elsősorban a savas légkörből származik.

- A csomópontok közötti rozsdá laza, leveles szerkezetű. A többoldalról zárt geometria miatt a száradási feltételek a szabad felülethez képest rosszabbak. A nedves rozsdá a téli időszakban gyakori fagyási-olvadási periódusok alatt feszíti a kötőelemeket, és marad alakváltozásokat okozva egyre növeli a rozsdá rétegvastagságát.

- Az oszlopkonstrukciókat 37-es szilárdsági osztályú szénacélokra tervezték. Méréseink szerint a beépített anyagok általában 45-ös osztályúak, de van olyan távvezetési vonal is, ahol még magasabb, 52-es minősítésű elemeket is találtunk.

- A tényleges korrózióra, a teherviselő keresztmetszetekre vonatkozó adatok, és üzemviteli megfontolások alapján optimális beavatkozási stratégia dolgozható ki. A nyílt felületekről a jól tapadó reve-réteg (különösen a kráterekből) mechanikus módszerekkel csak nehezen távolítható el. A vizsgált festési technológiák alkalmazásával a korrózió sebessége jelentősen csökkenthető. A csomópontokban, csomólemezekben, fedett helyeken lévő oxidréteg teljes szerkezeti megbontás nélkül nem távolítható el, és megfelelően ki sem szárítható. Mechanikus tisztítás, penetrálás, majd rugalmas, tömör kittanyaggal történő lezárás, és festés lassítja a korróziós folyamatokat, de a védőhatás a nyílt felületekhez képest rövidebb időtartamú.

- A helyszíni szemrevételezéses állapotfelmérések alapján szükséges kötőelem és rácsrúd javítások, pótlások, valamint a mechanikai ellenőrző számításokkal indokolt megerősítések után elvégzett festéssel felületvédelem jelentősen meghosszabbítja a távvezetési vonalak biztonságos üzemvitelű maradék élettartamát.

A munka statisztikai vizsgálati része az MVM Rt. és az OVIT támogatásával készült.

### Irodalom:

E.J. Goodwin, J.C. Pohlman: Corrosion Resistance of Transmission Structures Fabricated from Weathering Steel. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.8. No.1. January 1993.

L.Dévényi, I.Bagi, M.Káldor: Damage of transmission structures fabricated from weathering steels. EUROMAT '94, Conference Proceedings III. p.999-1002, Balatonszéplak, 30.05.-01.06.1994.

László Dévényi: Transmission Structures Fabricated from Weathering Steel. Lecture at the Korean Advanced Institute of Science and Technology (03.05.1996) in the Republic of Korea, Taejon. Invited by: Prof. Soo Woo Nam

L.Dévényi, I.Bagi: Damage of Weathering Steels. "GÉPÉSZET '98" First Conference on Mechanical Engineering, Technical University of Budapest, May 28-29, 1998. p.74-78

# Erőművi csővezetékek károsodásának vizsgálata

Bagi István\* — Dr. Dévényi László\*

Az elmúlt években károsáselemzési és maradékélettartam-vizsgálatokat végeztünk a hazai erőművekben gyakori 670 t/h-s kazánok egyes, különféle okok miatt meghibásodott csőszakaszain. Ezek a csőszakaszok a kazánok be- illetve kilépő vezetékeiből, forrcsőveiből, valamint a túlhevítőiből származtak, és az 60.000-116.000 óra között változott. A vizsgálatokat a meghibásodott csőszakaszokból a tönkremenetel közvetlen közeléből kimunkált, valamint referenciaként az ép részekből származó mintákon végeztük. Eredményeinket összevetettük a tervező és a gyártó cég hasonló vizsgálataiból illetve az elméleti számításokból kapott eredményekkel. Elsődleges célunk a meghibásodások lehetséges okainak felderítése, továbbá a maradék élettartam becslése volt.

## Vizsgálatok

A minta-előkészítés az alkalmazott vizsgálatok jellegéhez, követelményeihez igazodott. A vizsgált anyagok többsége X20CrMoV121 valamint 15121 típusú acél volt. Általában a csődarabokból 10 mm széles gyűrűket vágunk ki, amelyekből merőleges és a hossz tengelyükkel párhuzamos metszeteket készítettünk. Esetenként a felületi vizsgálatokhoz, a felületi rétegek mikroanalíziséhez külön minta-előkészítést végeztünk. A mintákat különböző anyagvizsgálati módszerekkel vizsgáltuk. A hagyományos anyagjellemzők mérése és a vizuális vizsgálatok mellett széles körű pásztázó elektronmikroszkópos töretvizsgálatot, az alapanyag és a rajta található felületi rétegek (lerakódások, oxidrétegek) kémiai összetételének meghatározására elektronsugaras mikroanalízist, a szerkezeti változások nyomon követésére pedig több esetben mágneses Barkhausen-zaj mérést végeztünk.

A felületi oxidrétegek elektronsugaras mikroanalízisének valamint a töretvizsgálatoknál Philips XL-30 típusú pásztázó elektronmikroszkópot használtunk, amelyhez energiadiszperzív röntgenanalizátor is tartozik. A berendezés alkalmas lokális inhomogenitások vizsgálatára is. A külső és a belső felületekről egyaránt készítettünk EDS spektrumokat. Az oxidok tipikus kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja.

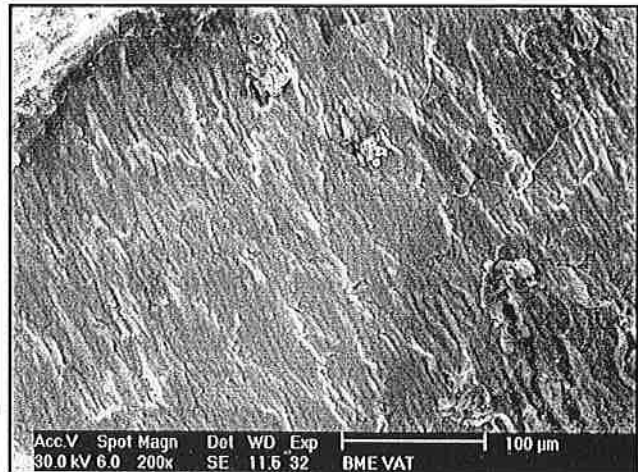
1. táblázat A cső oxidrétegeinek az elemösszetétele, tömeg %-ban

	C	O	Cu	Na	Mg	Al	Si	S	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni
A	0.25	28.0		3.1			0.60	0.3	0.24	44.2			22.8	0.4
B	0.34	13.4	30.4		0.8		0.59		0.30		0.08	0.13	53.9	
C	0.26	6.20	47.2		0.5	7.0	0.14		0.36		0.27	0.42	37.6	

A: a cső külső felületén lévő oxid, B és C: a cső belső felületén lévő oxid

Ezek tanúsága szerint a belső felületeken található rétegek elsősorban vasoxid ( $Fe_2O_3$ ) tartalmúak, ezen kívül kis százalékban található még Na, Ca, S és P. A belső felületen lévő oxid réztartalma jelentős. A réz átlagosan 1–2  $\mu m$  átmérőjű apró gömböcskék formájában rakodott le a felületre. A külső felületeken pedig számottevő mennyiségben találtunk vanádiumot. Ez a vanádiumban gazdag réteg sötét színű, jól megkülönböztethető a vörös színű vasoxidtól. A felületre merőleges irányban elvégzett lineáris mikroanalízis vizsgálat azt mutatta, hogy az alapanyagokhoz közeli részek vanádiumtartalma nagyobb, mint a felülethez közeli részek. Ennek oka a fűtési módszerben, illetve a fűtőanyagban bekövetkezett változás lehet.

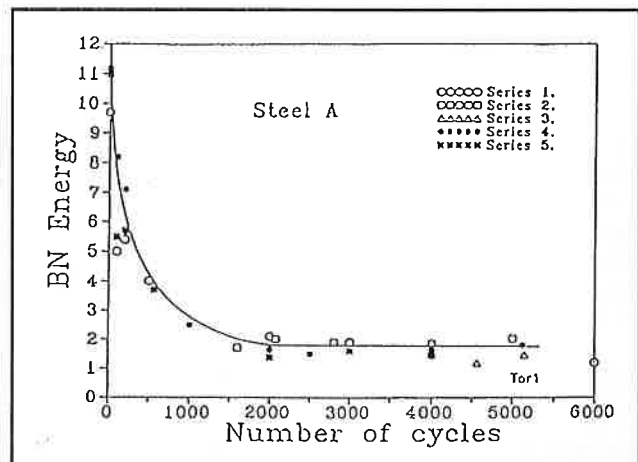
\* Budapesti Műszaki Egyetem  
Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék  
1111 Budapest, Goldmann Gy. tér 3.



1. ábra. A cső törési felülete

A töretek vizsgálatát pásztázó elektronmikroszkóppal 25x-ös és 200x-os nagyítás mellett végeztük. A mintákat a tönkrement csőszakaszokból, a felhasadás mindkét végének környezetéből munkáltuk ki. Az 1. ábrán láthatunk egy, a fáradt törésre jellemző jellegzetes töretképet. A sötétebb rész az eredeti károsodott keresztmetszeti részt, a világosabb rész pedig a laboratóriumban (folyékony nitrogénnel történt lehűtés után) végrehajtott friss törést mutatja.

A Barkhausen-zaj mérésnél szinuszos jelgenerátort, teljesítményerősítőt, mérőfejet, Krenz TRB 4000 típusú mérésadatgyűjtő és analizátor egységet használtunk, amely tartalmazta a sávszűrőket is. A minták teljesítményspektrumát Fourier-transzformációval állítottuk elő, digitális jelalakban. Az anyagok szerkezeti változásainak jellemzésére – egy adott frekvenciatartományban – a Barkhausen-zaj energiájára jellemző mérőszámot (Barkhausen Noise Energy, BNE) használjuk, amely a spektrum két frekvenciaértéke közötti szakasz integrálásával kapható. Ezt a módszert sikeresen használtuk a tipikus erőművi anyagok (P91, X20CrMoV21, 1/2Cr1/2Mo1/4Mo) hőfáradás következtében létrejövő belső szerkezeti változásainak nyomon követésére. A 2. ábrán láthatjuk a P91 acélra jellemző tipikus Barkhausen-zaj energiaváltozást a hőfáradási ciklus függvényében.



2. ábra. A BN energia változása a hőfáradási ciklusok függvényében

## Következtetések

A károsodáselemzés során előfordult meghibásodási okok az alábbi körből származtak:

- adott frekvenciájú és amplitúdójú mechanikai és/vagy hőfáradás,
- lokális túlmelegedés,
- vanádium-korrózió,
- az oxidok minőségétől és vastagságától függő eltérő hővezetési viszonyok,
- lokális mechanikai túlterhelés,
- kedvezőtlen vízkémiai állapot,
- a hegesztési hőhatás övezetek kedvezőtlen találkozása,
- a hegesztést követő nem megfelelő hőkezelés,
- az alapanyag nagymértékű mikroszerkezeti károsodása.

A károsodáselemzések során a lehetséges meghibásodási okok feltárása mellett, annak kialakulására, a folyamat identifikálására, esetenként a maradék élettartam meghatározására – és amennyiben ez

lehetséges volt – a műszaki teendőkre vonatkozó javaslatokat is megadtuk.

## Irodalom:

1. C. Moura Branco – R. Ritchie – V. Sklenička: Mechanical Behaviour of Materials at High Temperature, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996.
2. I. Bagi – J. Ginszler: Failure Analysis of Superheater Tubes of Boilers, 3rd International Conference on Heat Exchangers, Boilers and Pressure Vessels, HEB-97, 5-6 April 1997, Alexandria, Egypt.
3. I. Mészáros, M. Káldor, B. Hidasi: Barkhausen Noise Energy Measurement, Method for Characterising the Ferromagnetic Ratio of Alloys. 7th International Symposium on Nondestructive Characterisation of Materials, Prague 19-22, 1995.
4. I. Bagi, L. Dévényi: Failure Analysis of Different Tubes of Boilers, „GÉPÉSZET '98" First Conference on Mechanical Engineering, Technical University of Budapest, May 28-29, 1998. p.12-15

## SZEMLE

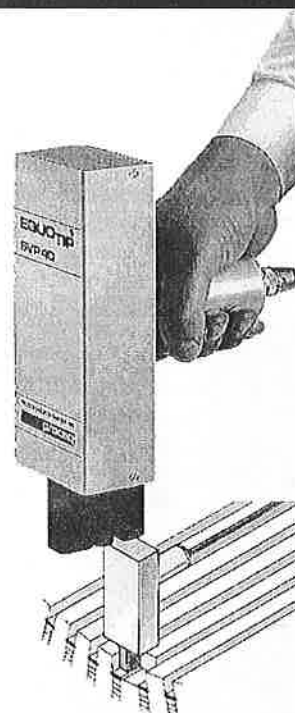
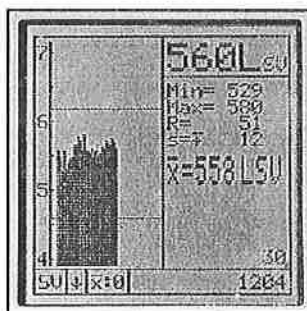
### Az ékeléses kötések ellenőrzése

A gépszerelés mind ez ideig nélkülözötte az ékeléses kötések ellenőrzésének megbízható módszerét és eszközét. Ezt a hiányt pótolja az **Equotip SVP 40** kézikészülék, amely a szabványosított Equotip dinamikus keménységmérés elvén működik, azaz induktív elven méri a keménységben végződő ütőttestnek a vizsgált felületre csapódásának (A) és visszapatánásának (B) a sebességét, amelyből képzett  $L = 1000 \cdot B/A$  értéket, annak átlagértékét és szórását megjeleníti a nagyméretű LCD ernyőjén.

Végigvezetve az Equotip SVP 40 automatizált mérőfejét például a villanymotor állórészének hornyai mentén és meghatározott távközönként megmérve a horonyba ékeltekercelemet ellenőrizhető a beékelés jósága. Minél feszesebb az illesztés annál nagyobb az L mérőszám értéke. A lazább illeszkedésű szakaszokon az L értéke kisebb, ingadozó. Így az L érték átlaga és szórása minősíti a horonyba ékeltekercelem illeszkedését.

Az automatizált mérőfej és a kijelző készülék a hálózati tápegységen keresztül kapcsolódik egymáshoz. Egy mérés ciklusideje 2 s. Az ütésenergia: 28 N.mm. A kézi mérőfej tömege: 1 kg.

Forrás: Proceq SA sajtószolgálat



### Kalibrálható betonvizsgáló



A közelmúltban került piacra a betonvizsgáló Schmidt-kalapács elektronizált változata a **Digi-Schmidt-2** készülék, amely a régebbi skála leolvasású alaptípushoz képest lényegesen pontosabb minőség- és állapotellenőrző vizsgálatokat tesz lehetővé. Ugyanis, a készülék szoftverje automatikusan kompenzálja a mérési eredményt befolyásoló tényezők közül az ütés irányát, az alaktényezőt és a beton korát.

A Digi-Schmidt-2 mérési pontossága még azáltal is fokozható, hogy a felhasználó a saját átszámítási táblázatát eltávolíthatja a készülék memóriájában, amelyek a számára fontos betontípusokon végzett összehasonlító szilárdsági sorozatvizsgálatok (lásd a fotónkon) eredményeit tartalmazzák. Az ún. típusbetonokon elvégzett méréssorozattal meghatározott kalibrációs görbékkel figyelembe vehetők a betonkeverékek eltérő összetétele, illetve a feldolgozás és a megszilárdulás eltérő feltételei. A készülék egyszerű kalibrálhatósága párosulva a már említett kompenzációs lehetőségekkel, a gyakorlatban gazdaságosan alkalmazható Schmidt-elv alapján lényegesen több és pontosabb információt szolgáltat.

Forrás: Proceq SA sajtószolgálat

# Porozitás kialakulásának vizsgálata és roncsolásmentes detektálásának lehetőségei nyomásos alumíniumöntvényekben

Szalay Zsolt\* – Dr. Dévényi László\*\*

## Bevezető

Napjainkban főként a repülőgép- és az autópárházban a nyomásos alumíniumöntvények széles körű alkalmazásának lehetünk tanúi. A jelenleg gyártott formázott öntvények csaknem 90%-át az alumínium-szilícium öntvények teszik ki [6]. A nagyarányú elterjedés a kiváló fizikai és öntési tulajdonságok kedvező kombinációjának köszönhető. Az autópárház minőségi elvárásai (ISO 9000, QS 9000) komoly követelményeket támasztanak minden alkatrészre, így az alumíniumöntvényekkel szemben is. A folyamatos megfelelés a minőség biztosításán kívül a felmerülő problémák hatékony megoldását igényli. Az öntvények minőségének egyik meghatározó eleme az öntvény porozitása. Sajnos, a porozitás a legtöbb alumíniumöntvényben általánosan előforduló hiba. Keletkezése leggyakrabban a zsugorodási üregképződésre, az oldott gázok megkezdésére illetve a kettő kombinációjára vezethető vissza.

A nyomásos öntvények sűrűsége a felszín közelében a legnagyobb (1. ábra), de a különböző forgácsoló megmunkálások során gyakran előfordul, hogy a lunkerek a felszínre kerülnek, s felületi egyenetlenségeket, illetve tömítetlenséget okoznak. Ez utóbbi jelenség szivárgáshoz, nyomáscsökkenéshez vezethet, míg a felületi egyenetlenségek a csúszó alkatrészek intenzív elhasználódását eredményezhetik, csökkentvén azok várható élettartamát.



1. ábra. Pórusok a felszín közelében, AlSi12(Cu)

A tapasztalat azt mutatja, hogy a legnagyobb gondot a 0,1-0,5 mm-es átlagos átmérőjű pórusok jelentik. Az öntvényeket feldolgozó ipar komoly problémája, hogy az anyag porózus mivolta csak későn, gyakran már csak a reklamációk után derül ki. A mai helyzetben két területen lehetne hasznos eredményt elérni: a nyers állapotban történő vizsgálat, illetve a kész mintadarab gyors módszerrel történő vizsgálata terén.

## Pórusképződés

Öntvények porozitásán általában kisméretű, kerek vagy lekerekített formájú üregeket, azok sokaságát értjük. A pórusok keletkezése leggyakrabban az olvadékból oldott gázzal illetve a dendritkarok közötti zsugorodási üregekkel hozható összefüggésbe. A porozitás a lehűlési,

megszilárdulási folyamat során képződhet a következő folyamatok eredményeképpen:

1. a szilárdulási folyamat során végbemenő térfogatváltozás;
2. az olvadékból oldott gáz kiválása és megkezdése a kristallitátharokon;
3. a fenti kettő kombinációja.

A zsugorodási üregek és a gázhólyagok nemcsak a mechanikai tulajdonságok, a nyomásállóság csökkenése és a megmunkált vagy öntött felületeken való megjelenésük miatt károsak, hanem adott esetben az öntvény teljes használhatatlanságához vezethetnek.

Mivel az öntvények minőségében rejlő különbségek leggyakrabban a gyártás során alkalmazott technológiák különbözőségére vezethetők vissza, maga a technológia határozhatja meg a az öntvényekben kialakuló porozitás szintjét. Ebből következik, hogy a gyártási módszerek részletes vizsgálata érdekes eredményekre vezethet, amint az történt *Ghomashchi* kísérletének esetében is: tapasztalatai szerint a hidegkamrás, nagy nyomásos öntés egyértelműen jobb minőségű öntvényeket eredményez, mint a hagyományos eljárás. Mérései igazolták, hogy a porozitás szintje a nullához közelít abban az esetben, ha az öntési művelet közben nem történik fémmozgás. Publikációjában arra is rámutatott, hogy minden porozitás-osztály kialakulása az öntési paraméterek függvénye. Megállapította, hogy a nyomásos öntvényeknél az öntőszerszám hőmérséklete és az öntvény túlfűtöttségi mértéke a kritikus paraméter [3].

## Porozitási kritériumok

A megfelelő és a nem megfelelő minta közötti különbséget a porozitás szempontjából valamilyen kritériummal szükséges definiálni. A jól megválasztott kritériumok ugyanakkor egy közös nyelvezetet is jelenthetnek a porozitás szintjeinek tárgyalásakor. Egyszerű megoldás lehet például az ún. "0.8/2"-es meghatározás, melynek jelentése, hogy maximálisan 0.8 mm átmérőjű, maximálisan 2 db lunker lehet egy négyzetcentiméteres vizsgálati felületen belül. Bonyolultabb esetekben esetleg porozitás-osztályokat célszerű definiálni, mint azt a következő táblázat szemlélteti:

Porozitás-osztály	PC0	PC1	PC2	PC3	PC4
max. pórusátmérő [mm]	0,1	0,4	0,4	0,7	1
min. távolság [mm]		8	8	15	30
elhanyagolható átmérő [mm]	<0.1	<0.2	<0.2	<0.4	<0.6
kivétel lehet/nem lehet	nem	nem	igen	igen	igen

## A hidrogén jelentősége

A hidrogén az egyetlen gáz, amely képes jelentős mértékben oldódni az olvadt alumíniumban és annak ötvözeteiben. Oldódási képessége közvetlenül a hőmérséklettel és a nyomás négyzetgyökével arányos [8]. A hidrogén oldhatósága jelentősen nagyobb folyékony, mint szilárd állapotban. Az alumíniumolvadék lehűtése és szilárdulása alatt a felhalmozódott oldott hidrogén molekuláris formában kiválhat, amely elsődleges és másodlagos lunkerek keletkezését eredményezheti. Amint arra *Roy* rámutat: az alumínium szilárdulásakor az oldhatóság drasztikusan csökken. Ez kigázosodást eredményez, s porozitás keletkezéséhez illetve gyengébb mechanikai tulajdonságok kialakulásához vezethet [4].

\*Ph.D. hallgató, \*\*egyetemi docens, Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkeztani Tanszék

Az alumíniumban rekedt hidrogénnek több potenciális forrása van, mint például az öntési atmoszféra, az adalékanyagok, az ötvözőanyagok, valamint a fémolvadék és az öntőszerszám közötti reakciók.

Öntött alumíniumban kétfajta hidrogén okozta porozitás fordulhat elő [8]. Jelentősebb a dendritkarok közötti hidrogén porozitás, amely akkor fordul elő, amikor a hidrogéntartalom elegendően nagy ahhoz, hogy a szilárdulási frontnál megrekedő hidrogén az atmoszférikus nyomásnál nagyobb kiváláskori nyomást idézzen elő. Másodlagos hidrogén porozitás abban az esetben fordul elő, amikor az olvadék hidrogéntartalma alacsony, és az előzőhöz hasonló nagyméretű üregek nem alakulhatnak ki, viszont a mikropórusok száma jelentős [8].

Annak ellenére, hogy a porozitást általában elkerülendőnek tartják, ám a finom eloszlású hidrogén porozitás nem biztos, hogy minden esetben káros. A hidrogén jelenléte megváltoztathatja a zsugorodási üregek formáját és eloszlását az olvadékkal gyengén töltődő formarészekben. Mivel a nagyméretű zsugorodási üregek általában károsabbak az öntvény tulajdonságaira, ez jótékonyan hathat az öntvény minőségére. Kivételes esetekben a hidrogént szándékosan adják hozzá és koncentrációját az öntvény felhasználási követelményeivel összhangban szabályozzák [7].

Gyakori feltételezés, hogy a hidrogén szándékolt, vagy tolerálható a nyomásos öntészeti alkalmazásoknál. A feltevés az, hogy a hidrogén porozitás mindig jelen van az öntvénystruktúrában, körülzárt kerek üregek formájában. Valójában a hidrogén porozitás előfordulhat gömbszerű vagy ellipszoid alakú üregek formájában is, és a zsugorodási üregek jelenlétében inkább ronjták, mint javítják a nyomásra igénybe vett öntvény szívargással szembeni ellenállását.

### Befolyásolási lehetőségek

A szemcseméretet és a szemcsestruktúrát legjobban befolyásoló tényezők az ötvözet összetétele, a lehűlési sebesség, az olvadék hőmérsékleti gradiense, illetve maga az öntési módszer [1]. Az alkalmazott öntési folyamat mellett az alumíniumöntvények tulajdonságait, a szemcsestruktúrát a különböző kémiai adalékok nagymértékben befolyásolják. E kérdéskör több kutatót foglalkoztatott, többek közt *Ghomashchi*-t is. Megállapítása szerint, ha alumíniumot szilíciummal ötvözzünk jobb önthetőség, szakítószilárdság, és kiváló korrózió-ellenálló képesség érhető el. Mivel a szilícium térfogata a szilárdulási folyamat során növekszik, a zsugorodási üregek képződésre való hajlam csökken [3].

Roy tapasztalata az, hogy a szemcsefinomító adalékok jótékony hatással vannak a porozitás csökkentésére. Munkája szerint ezeknek az olvadékhoz kis mennyiségben történő hozzáadásával szabályozni lehet az öntvény szemcsestruktúráját. Ez bizonyos esetekben a porozitás mértékének a csökkentéséhez is vezethet [4].

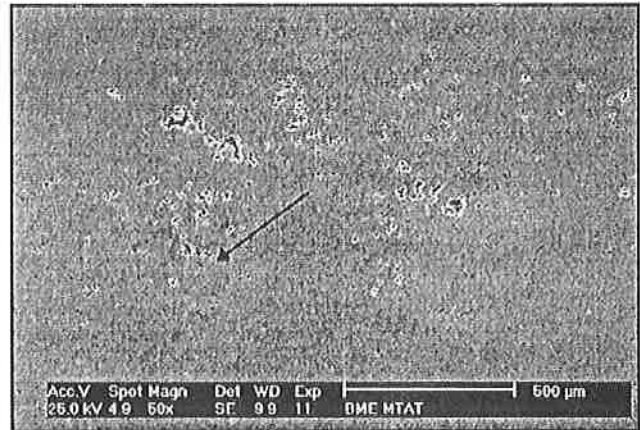
*Schindelbacher* kísérletei azt mutatták, hogy AlSi12-t stronciummal (500 ppm Sr) ötvözve még vékony falvastagságok esetén is jelentősen finomabb szemcsestruktúra érhető el. Hasonló eredményeket kapunk nyomásos öntésnél is, megnövelt szilárdulási idő esetén. Mindez nagyobb sűrűséget, így alacsonyabb porozitásszintet eredményez [7].

### Mérési eredmények

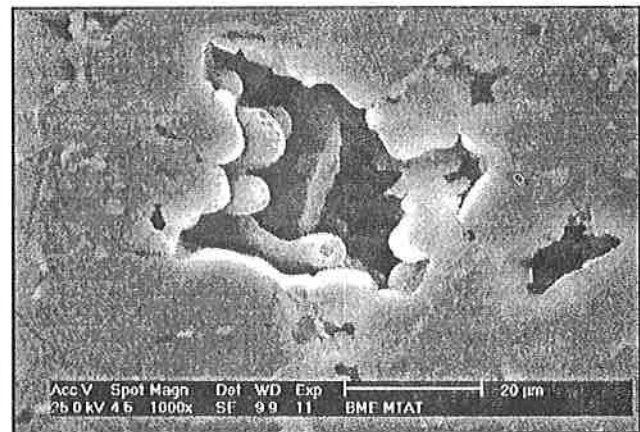
Az összehasonlító mérések GD-AlSi12(Cu) típusú (3.298.05) nyomásos öntvényeken Philips XL30 típusú elektronmikroszkóp fel-

használásával történtek. A készülék energiadiszperz röntgenanalizátora segítségével a minták különböző fázisai környezetének, szövetelemeinek az összetétele is vizsgálható. A különböző szövetelemekek elvégzett mérések eredményei a 2. táblázatban találhatóak, amely a szövetelemek összetételét az előforduló elemek tömegszázalékos megoszlása szerint tartalmazza.

Az egyes szövetelemek kémiai összetétele megfelel az irodalomból ismert többalkotós egyensúlyi diagramjaiknak mind a primer módon kristályosodott dendriteknél és poligonális részecskéknél, mind az utóljára megdermedő eutektikus tartományoknál.



2. ábra. Szórt porozitás AlSi12(Cu)-ban,  $d_{\text{átl}} \approx 60 \mu\text{m}$



3. ábra. Lunker 1000-szeres nagyításban

A 2-ábra szórt porozitást mutat, mely az ipari alkalmazásoknál az egymással összefüggő üregek, a szívargásvesztés miatt a legnagyobb problémát okozza, míg a 3. ábrán egy - a 2. ábrán nyíllal jelölt - lunker figyelhető meg kinagyított formában. Az üreg szélén és belsejében jól kivehetőek a dendritkarok, melyből következik, hogy ezt a pórust a szilárdulási folyamat során végbemenő térfogatváltozás hozta létre.

2. táblázat Mérési eredmények összefoglalása

Szövetelem	Al	Si	C	O	Fe	Mg	Mn	Pb	Na	K	Ca	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn
Dendrit ág	55,88	7,40	24,92	2,01	1,16	1,09	0,27	NA	0,88	1,84	NA	2,57	NA	NA	NA	1,44	0,54
Poligonális	59,21	10,58	3,24	0,90	05,84	1,44	6,09	NA	NA	NA	NA	NA	0,09	1,27	NA	1,20	0,15
Eutektikum	59,95	2,61	8,29	NA	0,32	2,47	0,08	1,22	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,90	22,41	1,78
Lunker belső felülete	65,15	11,28	5,09	13,60	0,58	1,41	0,12	NA	NA	NA	0,16	NA	NA	NA	NA	1,89	0,72
Ötvözet átlagos összetétele	81,96	12,22	NA	NA	0,73	1,81	0,33	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2,03	0,96
Ötvözet előírt összetétele	Rest.	10,5-13,5			max. 1,2	max. 0,4	0,1-0,5	max. 0,2							max. 0,2	max. 1,2	max. 0,5

## Roncsolásmentes vizsgálati módszerek

A vizsgálati módszereket alkalmazhatóság szerint alapvetően két nagy csoportba célszerű sorolni. Az első csoport a laboratóriumi körülmények között kis mennyiségű mintán elvégezhető vizsgálatokat, míg a másik csoport a az ipari méretekben végezhető vizsgálati eljárásokat tartalmazza. Az ipari alkalmazással szemben támasztott követelmény a fajlagosan alacsony költség, a gyors, egyszerű detektálási módszer.

A szóba jöhető roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek: a sűrűségmérés, az ultrahangos detektálás és a röntgen- illetve neutron-radiográfia.

### Sűrűségmérés

Az úgynevezett Archimedes-módszer olcsó, és sok esetben hatékony. Lényege, hogy a minta tömegének és térfogatának hányadosával egy átlagos sűrűség mérőszámot kapunk. Ha a mérőszám értéke kicsi, akkor valószínűleg a minta porostartalma nagy, és megfordítva. A térfogat az adott sűrűségű folyadékba merített és az eredetileg mért súly különbségéből számítható. Gondot jelenthet a megfelelő pontosságú mérleg biztosítása, mivel a minták tömege jelen esetben 200 g feletti. A minta felületének előkészítése (zsíraltalanítás) is gondos munkát igényel, ha a felületen megkötött gázbuborékok a mérítéskor leválnak.

### Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos vizsgálat célja a makroszkopikus inhomogenitások, anyagfolytonossági hiányok felderítése és kiterjedésük meghatározása. Az ultrahang-hullámok képesek az alumíniumöntvények porozításáról hasznos információt szolgáltatni [5]. Az ultrahanggal történő roncsolásmentes vizsgálat két fizikai jelenségen alapul. Az egyik, hogy a hanghullámok az anyagban gyengülnek, a másik, hogy a hullámok a minta faláról és inhomogenitásairól visszaverődnek. A metallurgiai szerkezet és a porozítás hatását a longitudinális ultrahang-hullámok terjedésére Jacob vizsgálta. Eredményei azt mutatták, hogy a sűrűség, így a porozítás meghatározható kombinált sebesség- és csillapodási mérésekkel, ha a szemcseméret adott tartományon belül tartható [2].

### Röntgenradiográfia

A legelterjedtebb vizsgálati módszer a röntgenradiográfia. Két típusát különböztethetjük meg, az egyik a film vagy papír radiográfia, a másik a valós idejű radiográfia vagy radioszkópia. Ez utóbbi előnye, hogy a vizsgálat alatt a minta mozgatható és így a hibák sokkal hamarabb behatárolhatók. Bár a valós idejű radiográfia önmagában kiterjeszti a hibák detektálásának és helymeghatározásának a lehetőségét, létezik egy még fejlettebb technika az úgynevezett CT (Computer Tomography), amely több síkbeli metszeti képből számítógépes úton háromdimenziós képet állít elő. A röntgenradiográfia hátránya, hogy költséges, és általában csak a 0.5 mm átmérő feletti lunkeket mutatja ki.

### Neutronradiográfia

Ellentétben a röntgen- és a gamma-radiográfiával, ahol az egyes elemek ún. tömeggyengítési együtthatója egy folytonos görbe mentén változik, a neutronradiográfia óriási előnye, hogy a tömeggyengítési együtthatók nagyságrendekkel eltérhetnek a periódusos rendszerben egymás mellett álló elemek esetében is. Ez a jelenség teszi lehetővé, hogy röntgennel megkülönböztethetetlen elemek, összetevők láthatóvá váljanak neutronradiográfiával. Hátránya, hogy általában nehézkes (költséges) a sugárforrás biztosítása és alkalmazása sokkal komolyabb körülményeket igényel, mint a fent említett többi módszer esetében.

### Következtetések

Leginkább a kristályosodási folyamat befolyásolásával lehet eredményt elérni a lunkerképződés visszaszorításában, illetve az átlagos porusméret csökkentésében. A megszilárdulás folyamatát az előállítás

technológiai folyamatai alapvetően befolyásolják. Az alumíniumban és ötvözetekben kialakuló porozitást befolyásolják a technológiai jellemzők, az olvadási oldott hidrogéntartalma, az öntési technológia, az adalékanyagok, az öntési nyomás és atmoszféra. Mivel a lunkerképződésért elsősorban a zsugorodási üregek képződés és az olvadási feloldott gáz a felelős, ezért a gáztalanítás, a potenciális hidrogénforrások kiküszöbölése, illetve a nagy nyomású öntési technológia alkalmazása vezetett leginkább eredményre.

Az öntvények porozitásának meghatározására roncsolásmentes vizsgálati módszereket célszerű alkalmazni. A felmerülő lehetőségek közül (Archimedes-módszer, ultrahang, röntgen-, neutronradiográfia) minden módszer rendelkezik relatív előnyökkel, illetve hátrányokkal. Az ipari vagy laboratóriumi alkalmazhatóságuk megítélése kizárólag konkrét vizsgálatok alapján lehetséges.

## Irodalom

1. Káldor, M. (1990) „Fizikai Metallurgia”, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 191-217
2. S. Jacob, P.Y. Brazier, V. Husarek (1989), „Controlle par ultra-sons de la qualite de pieces moulees en allages d'aluminium”, Fonderie- Fondeur D'aujourd'hui 82 fevrier 14-24
3. M.R. Ghomashchi and K.N. Strafford (1993) „Factors influencing the production of high integrity aluminium/silicon alloy component by die and squeeze casting process”, Journal of Materials Processing Technology, 38. 303-326
4. N. Roy, A.M. Samuel, F.H. Samuel (1996) „Porosity formation in Al-9 Wt Pct Si-3 Wt Pct Cu alloy systems”, Metallurgical and Materials Transactions Vol. 27A, 415-422
5. R. Ambardar, M.T. Muthu, S.D. Pathak and O. Prabhakar (1995) „Effect of porosity, pore diameter and grain size on ultrasonic attenuation in aluminium alloy castings”, Insight Vol 37 No 7 July
6. G.B. Barkay, L. Dévényi, J. Ginzler, B. Hidasi, N. Karni, T. Konkoly (1994) „Investigation on Aluminium-Alumina Composite Castings”, EUROMAT '94 Conference Proceedings III. 939-943
7. G. Schindelbacher (1996) „Veredelung von Aluminium-druckgusslegierungen. Einfluss auf Gefüge und mechanische Eigenschaften”, Giesserei-Praxis, 17. 309-315
8. A.K. Gupta, B.K. Saxena, S.N. Tiwari and S.L. Malhotra (1992) „Pore formation in cast metals and alloys”, Journal of Materials Science 27 853-862

## Felvételi pályázat a Magyar Minőség Házába

A Magyar Minőség Háza a tanúsított minőségbiztosítási rendszerben gyártott, kiemelkedő minőségű hazai termékek tárháza, amelybe a Magyar Minőség Társasághoz 1998. szeptember 18-ig benyújtott és a független szakzsűri által elfogadott pályázat alapján lehet bejutni.

**A pályázathoz mellékelni kell** a termék jó minőségét igazoló dokumentumokat, mint amilyenek lehetnek

- a hazai vagy külföldi vásárdíjak, nagydíjak
- a két évnél nem régebbi Kiváló Áruk Fóruma oklevél
- a Rendszeresen Ellenőrzött Kiváló Magyar Termék védjegye
- igazolás az igényes piacra szállított jelentős volumenű exportról
- a minőségbiztosítási rendszer tanúsítványának másolata
- a pályázó nyilatkozata arról, hogy terméke mely tulajdonságait tartja értékesnek, tartalmaz-e szabadalmat, találmányt, mennyi a magyar származás részaránya, és
- esetleg egyéb dokumentumok.

A zsűri által elfogadott termékeket a Magyar Minőség Társaság oklevéllel és reklámozható kisplasztikával díjazza, a hazai médiákban és külön kiadványban széles körben népszerűsíti, illetve a VII. Magyar Minőségi Hét nemzetközi konferencia keretében a pályázó ismertetheti és ki is állíthatja a díjnyertes termékét. Ez utóbbi feltétele a termékenkénti 37.600 Ft pályázati nevezési díj befizetése.

**Részletes felvilágosítást adnak** a Magyar Minőség Társaságnál Pákh Miklós, Füredi László, Neumann Emese a 218-3011 telefonon, vagy a következő címen:

1091 Budapest, Üllői út 25., fax: 218-0267, e-mail: mmt@mail.matav.hu



# A digitális videotechnika alkalmazása a méréstechnikában

Németh András\*

## Bevezetés

Mérési feladatok során gyakran előfordul, hogy a mért jellemzőt közvetlenül nem tudjuk meghatározni. Ez adódhat abból, hogy az adott jelenség lezajlása túl gyors a feldolgozáshoz, vagy a közvetlen mérés befolyásolja a kísérletet. Ilyen esetben célszerű felvételt készíteni a folyamatról, majd a felvétel alapján meghatározni a mérendő mennyiséget. Ez a felvétel lehet állókép, amelynél egy adott pillanathoz tartozó állapotot rögzítjük, vagy mozgókép, ahol a jelenséget folyamatában vizsgáljuk. Ez a viszonylag régóta alkalmazott módszer közvetlenül alkalmas minden olyan folyamat megfigyelésére, amely optikailag érzékelhető (pl.: elmozdulás, távolság, mozgáspálya, részecskeszám stb.). Ha filmfelvételt készítünk, akkor közvetlenül az adott eseményhez tartozó időpontot is meg tudjuk határozni.

Ezek után felvetődik a kérdés, hogy milyen újdonság rejlik ebben a technikában. Természetesen itt is a számítástechnika fejlődése jelenti az előrelépést. A következőkben egy olyan video-módszerről lesz szó, amely során az elkészített felvételt digitalizálva, számítógépen dolgozzuk fel. Így lehetővé válik az egyszerű, pontos és algoritmizálható mérés.

## A digitális videotechnika

Az utóbbi években tapasztalható multimédiás fejlődés a PC-k piacán megteremtette a lehetőséget a különböző rendszerű videofelvételek digitális feldolgozására, aminek korábban a merevlemez meghajtók átviteli sebessége és a videokártyák megjelenítése szabott határt. Ma már elérhető áron kaphatók olyan digitalizáló kártyák, amelyek képesek egy hagyományos videofelvétel mind input (videóról PC-re), mind output (PC-ről videóra) átvételére. Ezen kívül megjelentek a digitális videokamerák, amelyek tovább bővítik az alkalmazási lehetőségeket.

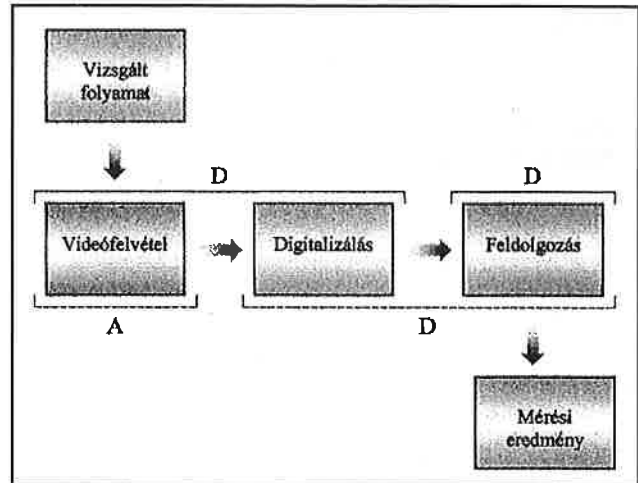
Mindezek alapján kétféle technikát különböztetünk meg. Az egyik az ún. *analóg-digitál (AD)* átvitel [1], amely során a kazettára rögzített felvételt egy – a számítógépbe illeszthető – digitalizáló kártya segítségével alakítjuk át szabványos digitális file formátumra (pl.: AVI, MOV, BMP, JPG). A másik a *digitál-digitál (DD)* rendszer, amelynél a digitalizálás már a kamerában megtörténik (digitális kamera), így a felvétel szabványos porton keresztül közvetlenül átvihető. Az átvitel eredménye itt is egy szabványos képsorozat. Egy méréshez kialakított rendszer blokkvázlata az 1. ábrán látható.

## Alkalmazás

A módszer a műszaki gyakorlatban széles körben alkalmazható. Klasszikus méréstechnikai probléma a rövid idejű folyamatok kvantitatív kiértékelése (pl.: rövid idejű kúszás, repedésterjedés, periódusidő meghatározása, mozgáspálya felvétele stb.).

Ezeknél a méréseknél elsősorban távolság vagy idő jellegű mennyiségeket, vagy ezek összefüggését mérhetjük eredményesen. Ha elvonatkoztatunk a műszaki gyakorlatról, akkor a megfelelő optikai rendszer kapcsolásával alkalmas a szabad szemmel nem látható jelenségek megfigyelésére, értékelésére is. Ilyenek például a kémiai reakciók vagy a mikrobiológiai folyamatok. Ezekben kívül számos esetben tapasztalhatjuk, hogy a mérési körülmények (hőmérséklet, környezeti hatások, helyhiány) közvetett, optikai eljárást igényelnek.

\* PhD hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépszerkezettani Intézet (nemetha@bigmac.eik.bme.hu)



1. ábra. Digitális, optikai mérési folyamat

A továbbiakban – visszatérve a műszaki gyakorlathoz – egy repedésterjedés vizsgálata kapcsán mutatom be a módszert [1].

## Feldolgozás

Az előzőekben leírt módon létrejött képsorozatokat számítógépen értékelhetjük ki. A kiértékeléshez egy ún. vágóprogramot – amellyel az idő mérhető – és egy képfeldolgozó programot – amellyel a távolság mérhető – használunk. Ezek a szoftverek (pl.: Adobe Premiere™, Adobe Photoshop®, Corel Movie, Corel Photopaint stb.) ma már viszonylag nagy számban állnak rendelkezésre, így mindenki kiválaszhatja a számára megfelelő grafikus környezetet. Ezekben az általános programokon kívül használhatunk mérésorientált célszoftvert is [2].

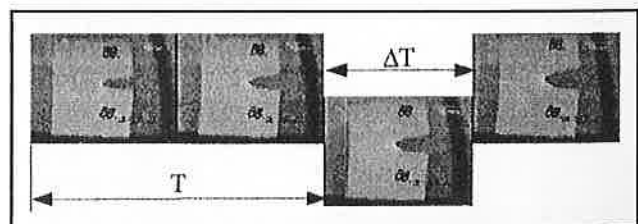
A következőkben a távolság és az idő mérési elvét mutatom be.

### Időmérés:

Az egyes eseményekhez tartozó időpont mérése viszonylag egyszerű, hiszen a vágóprogram minden egyes képkockához hozzárendeli létrejöttének elsőhöz viszonyított időpontját. Fontos a mérés pontossága. A legkisebb időegységet ( $\Delta T$ ) a másodpercenkénti képkockák száma ( $f$  [frame/s]) határozza meg.

$$\Delta T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Mivel az AD rendszerben  $f=25$  frame/s, a rendszer alkalmas minden olyan jelenség vizsgálatára, amely létrejöttének ideje nem kisebb, mint 0,04 s. Digitális kameránál  $f$  akár ezres nagyságrendű is lehet, tehát jóval gyorsabb folyamatok is vizsgálhatók vele. A 2. ábrán a repedési folyamat időfüggésének mérése látható.



2. ábra. Időmérés képsorozaton

## Távolságmérés:

A képernyőn egy síkbeli jelenet két pontja közti  $S$  távolságot a raszteres képformátum alapegységében; *pixelben* mért távolságok ( $H^*$ ,  $V^*$ ,  $R^*$ ) segítségével mérhetjük. Az egyes betűk értelmezése a 3. ábrán látható. Az  $S$  távolság meghatározásának a menete a következő:

Az ismert  $R$  [mm] referenciaméret és a mért  $R^*$  [pixel] segítségével meghatározzuk a hosszarányt

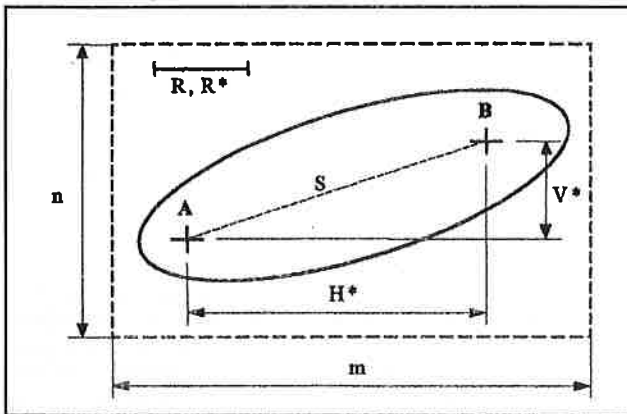
$$p = \frac{R}{R^*} \quad (2)$$

Mérjük a  $H^*$  [pixel] és  $V^*$  [pixel] horizontális és vertikális méreteket  
Kiszámítjuk  $H$  [mm] és  $V$  [mm] értékét

$$\begin{aligned} H &= p H^* \\ V &= p V^* \end{aligned} \quad (3)$$

Meghatározzuk az  $AB$  távolságot

$$S = \sqrt{H^2 + V^2} \quad (4)$$

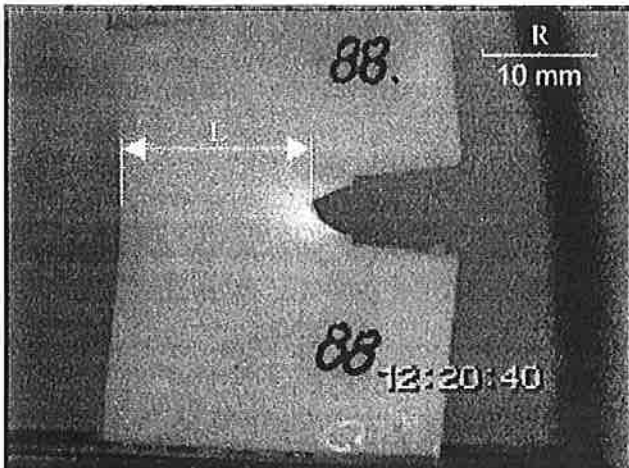


3. ábra. Távolságmérés raszteres képen

A számításból látható, hogy a  $p$  hányados gyakorlatilag a méretepontosságot jelöli. Másfépp kifejezve:

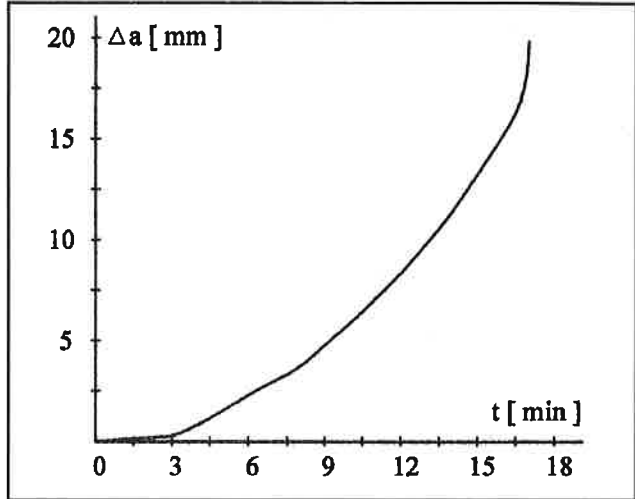
$$p = \frac{H}{m k_H} = \frac{V}{n k_V} \quad (5)$$

ahol  $m$  és  $n$  a horizontális és vertikális felbontás,  $k_H$  és  $k_V$  0 és 1 közti szám, a horizontális és a vertikális fedettségi tényező. Látható, hogy a pontosság a felbontástól és a fedettségtől függ. A felvételnél tehát ügyelni kell a minél nagyobb fedettségre, aminek az optikai feladat (tárgy-



4. ábra. Ligament mérés

távolság, tárgyméret) szabhat határt. A fedettség a kamerához kapcsolt, az optikai feladathoz igazodó lencserendszerrel növelhető. A felbontás az  $AD$  rendszernél ( $m \cdot n = 768 \cdot 576$  pixel) állandó, a  $DD$  rendszernél nagyobb és változtatható. A 4. ábrán a repedéshossz közvetett mérése látható. Az egyes képkockákhoz tartozó repedéshossz felhasználásával a repedésterjedés-idő diagram meghatározható (5. ábra).



5. ábra. Repedésterjedés PA-6 próbatesten (SEN-T)

## Összefoglalás

Megállapítható, hogy az ismertetett módszer széles körben alkalmazható, megfelelő pontosság mellett olyan mérési feladatoknál, amelyek optikai megfigyelést igényelnek. További fejlesztési lehetőséget jelenthet olyan szoftverek kidolgozása, amelyek az adott feladathoz igazodva a kiértékelést automatikusan elvégzik. Ezzel a feldolgozási folyamatot jelentősen gyorsíthatjuk.

## Irodalom

- [1] Németh, A.: Polimerok repedésvizsgálata digitális videótechnikával; Műanyag és Gumi, 35 (1998)
- [2] Harnisch, J.: Az OMNIMET képanalizáló rendszer felhasználása; Anyagvizsgálók Lapja 1998/1

## Érintésmentes nyúlásmérés video-extenzométerrel



az Instron Ltd. kizárólagos hazai képviselőjétől:

### TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT - MÉRÉSTECHNIKA

Budapest XII., Meredek utca 45. • Tel.: 319-4728 Fax: 319-2284

## Az Instron új, szervohidraulikus gépcsaládja

Az 1998. év nagy újdonsága az Instron Ltd.-nél az új, **8800 sorozatszámú** szervohidraulikus gépcsalád bemutatása. Kezelőpanelja nagyban hasonlít az elődje, a 8500 sorozat konzoljára, ám a lényeges technikai változtatások a rendszer belsejében történtek, elsősorban a vezérlésben, az adatgyűjtés és feldolgozás sebességében értek el óriási fejlődést. Így a vizsgálógépek a lehető legalkalmasabbak a különböző, szabályosan és rendszeresen változó igénybevételek mellett történő nagy- és kisciklusú fárasztóvizsgálatok, törésmechanikai vizsgálatok végzéséhez, illetve a kiegészítő terhelőkerettel a biaxiális, azaz az összetett húzó-nyomó és csavaró igénybevételekkel történő biomechanikai és egyéb vizsgálatok, valamint termomechanikus fárasztóvizsgálatok végzéséhez. Az új rendszer lehetővé teszi felhasználója számára, hogy a gépet a kezelőpanelről (1. ábra) vagy számítógépről vezérelje (lásd a címloldalon). Ezt már a konfiguráció összeállításakor célszerű figyelembe venni, hisz' a gép telepíthető kezelőpanellel, PC vezérléssel és a kettő kombinációjával is.



1. ábra. A kezelőpanel, amely gyors és rugalmas lehetőséget ad a közvetlen vizsgálatokhoz számítógép nélkül.

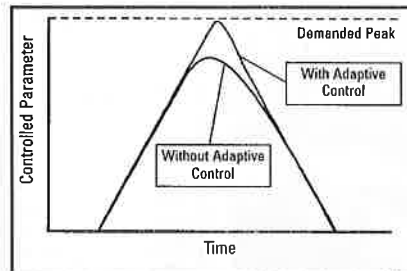
Az említett vizsgálatok igényeinek a kielégítéséhez a valós idejű elsődleges funkciók, mint az igénybevételi határértékek, események, az amplitúdó szabályozását, az adatok naplózását, az illesztés ellenőrzését, a szűrést, a ciklusok számlálását stb. a fix (firmware) programok végzik, tekintettel a gyors reakcióidő igényre. A szoftverek a vizsgálatok beállított paramétereit kezelik, az adatgyűjtést, -tárolást és kiértékelést, valamint a bizonylatolási funkciót látják el. Viszont az összes, a biztonsághoz is kapcsolható funkció, mint például a hidraulika vezérlése – az erre a legmegbízhatóbb módon – hardveresen szabályozott, mivel ez egyszerű és azonnali beavatkozást tesz lehetővé.

Mindezekről a rendszer lelke, a **FastTrack 8800 vezérlő elektronika** gondoskodik, amely a National Instruments-nél kifejlesztett új HS488 nagy teljesítményű, szabványosított GPIB interfészt használja (ANSI/IEEE Standard 488.1-1987), amelynek az adatátviteli sebessége 8 MB másodpercenként. A FastTrack 8800 lehetővé teszi a tisztán hardveres interfész és a szoftveres interfész – a

FastTrack Console – használatát. Ez utóbbi a Windows 95 és az NT alatt is fut.

A FastTrack 8800 rendszernek a dinamikus vizsgálatok pontos és megbízható elvégzése szempontjából a legjellemzőbb vonásai a következők:

Az **adaptív szabályozás** milliszekundumonként úgy korrigálja a PID-et, hogy a vizsgált anyag válaszreakciójától függetlenül a terheléskép a vizsgálat szerint megkívánt marad. Ugyanis a FastTrack 8800 rendszer az erő-, elmozdulás- és nyúláscsatornákon 19 bites felbontást alkalmaz, amely a manapság elterjedt 16 bites rendszerekhez képest nyolcadára csökkenti a kimutatható legkisebb erő-nyúlás növekményt. Így a szabályozás lényegesen pontosabb a gép 1–100% névleges kapacitás tartományában, és az adatvesztés is lényegesen lecsökken. Erre mutat példát a 2. ábra, amely a háromszög profilú igénybevétel lefutását szemlélteti az adaptív szabályozással és a nélkül.

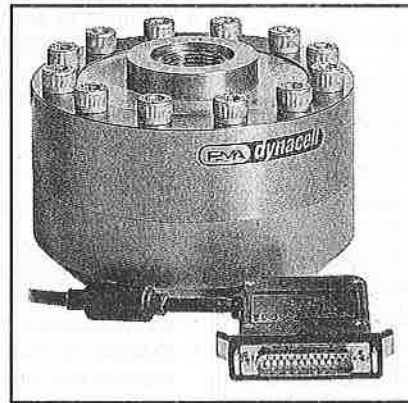


2. ábra. Háromszög profilú igénybevétel csúcsa adaptív szabályozással és a nélkül.

Az **automatic loop shaping** firmware program arra hivatott, hogy automatikusan úgy állítsa be a vezérlőhurok paramétereit, a vizsgált anyag tulajdonságaitól függően, hogy a vizsgálat a kívánt terhelésgörbe szerint folyjon le.

Az **amplitúdó szabályozás** lehetővé teszi az igénybevétel amplitúdójának – például kisciklusú fárasztásnál – a kívánt értéken tartását akkor is, ha a vizsgálat közben az anyag terheléssel szembeni ellenállása megváltozik (lágyul vagy felkeményedik).

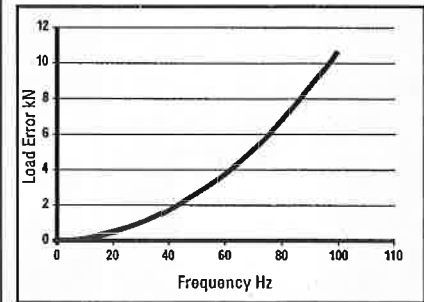
A szoftverek széles kínálata áll rendelkezésre például a törésmechanikai vizsgálatokhoz ( $K_{IC}$ ,  $J_{IC}$ ), a da/dN repedésterjedési sebesség meghatározására, a kisciklusú vagy a véletlen terhelésű fárasztó- illetve feszültség-



3. ábra. Dynacell erőmérő cella.

korrozíós vizsgálatokhoz. A szoftverek mindegyike Windows 95 és NT alatt fut, és kompatibilis a régi 8500 sorozatszámú Instron-gépekhez is.

A vizsgálógép másik nagy újdonsága az Instron-gyártmányú **Dynacell erőmérő cella** (3. ábra), amely a világ első kereskedelemben kapható dinamikusan kompenzált erőmérő cellája. A cellába beépített gyorsulásmérő jeleit a FastTrack 8800 rendszer feldolgozza és automatikusan kompenzálja a dinamikus igénybevételből származó tehetetlenségi erők befolyását az erőmérésre. Ez különösen ott jelentős ahol az erőmérő cella nagy gyorsulásnak illetve lassulásnak van kitéve (pl. nagyciklusú fárasztás) (4. ábra).



4. ábra. Az erőmérés gyorsulás okozta hibája a hagyományos cella használatakor egy 100 kN-os gép befogójának 1 mm-es amplitúdóval történő lengetésével a vizsgálati frekvencia függvényében. Az új Instron-Dynacell ezt a hibát gyakorlatilag kiküszöböli.

A berendezés automatikusan felismeri és kalibrálja a hozzá csatlakoztatott erőmérő cellát, megakadályozva ezáltal a kalibrálatlan cellával történő mérést. A túlterhelés elleni védelem is automatikusan a csatlakoztatott erőmérő cellához fog igazodni. Más gyártó celláját is felismeri a berendezés, ha a megfelelő kialakítású csatlakozóval van ellátva. A cellák automatikusan és manuálisan is kalibrálhatóak.

Minden szabályzó csatornának maximum négy mérőátalakítója (transducere) van, amelyek erőmérő cella, nyúlásmérő bélyeg, nyomásmérők, gyorsulásmérők stb. bemenetei lehetnek. Minden ilyen bemenet képes adatgyűjtési funkcióra és az ún. controller board (vezérlő tábla) segítségével szabályozásra is alkalmassá tehető. Maximum 5 db nyolccsatornás nagy sebességű adatgyűjtő kártya csatlakoztatható a rendszerhez.

Egy, a próbatest védelmét biztosító funkció is beépítésre került, amely különösen a vizsgálat előkészületi fázisában (befogás) hasznos, mivel megakadályozza a minta túlterhelését.

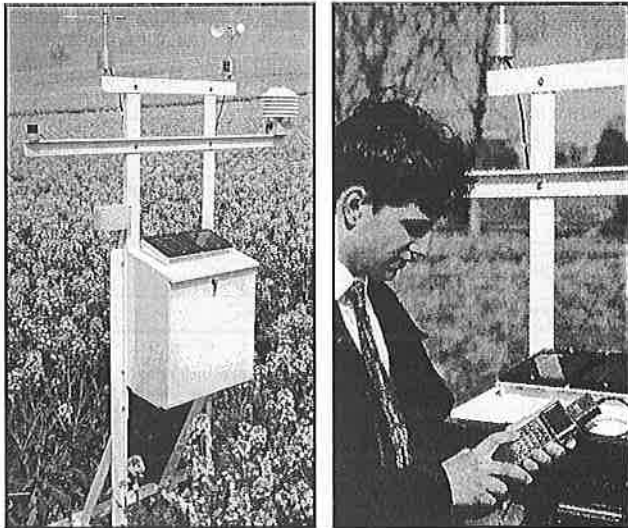
A berendezés távirányítóval is működtethető. Használata megkönnyíti a kezelő tevékenységét a vizsgálat során.

Az Instron 8800 sorozatszámú gépcsalád, amely számos technikai újdonságot használ, mindenben megfelel az ezredforduló legmagasabb anyagvizsgálási követelményeinek. Teljesítménye és sokoldalúsága miatt az alkalmazási területe széles.

Toth Péter

# EMS környezetvédelmi és meteorológiai mérőállomás

Az európai integrációba igyekvő magyar gazdaság és környezetvédelem számára alapvető fontosságú, hogy környezetünk állapotát folyamatosan nyomon követhessük. Az ELE International (Anglia) cég monitor rendszere többfunkciós lehetőségeket kínál. Többek között alkalmas ipari létesítmények környezetének imissziós figyelésére, meteorológiai paraméterek folyamatos gyűjtésére, folyóvízeink állapotának ellenőrzésére, mezőgazdasági kultúrák mérés-technikai támogatására vagy a rendszer működhet akár ezek tetszőleges kombinációjaként is.



A rendszer egyik előnye abban áll, hogy a felhasználó specifikálja és "építi fel" az állomást azáltal, hogy maga határozhatja meg

- a) a mérendő paramétereket,
- b) a feladatnak megfelelő adatgyűjtőt,
- c) a rendszer tápellátását,
- d) az adatgyűjtés és feldolgozás módját és
- e) a mérőállomás mérőállványát.

a) Az 1. táblázat az EMS rendszerhez rendelhető érzékelők típusairól adnak rövid tájékoztatást. A rendszerhez adott esetben más érzékelő is csatlakoztatható, de ez a gyártóval külön egyeztetést igényel.

b) Miután a felhasználó eldöntötte, hogy milyen mérőérzékelőket kíván használni, ki kell választania a megfelelő adatgyűjtőt. Összegezve a szükséges analóg és digitális csatornák számát az adatgyűjtő típusa könnyen meghatározható. Célszerű a szükségesnél néhány csatornával többet választani a rendszer későbbi bővíthetőségének biztosítása érdekében. Természetesen a kombinált hőmérséklet/páratartalom érzékelő két analóg csatornát igényel. Az adatgyűjtő memóriája 128 k RAM kapacitású, ami megközelítőleg 55 000 adat tárolását teszi lehetővé.

A 2. táblázat az adatgyűjtő választékokat mutatja.

2. táblázat

**EMS környezetvédelmi/meteorológiai mérőállomás adatgyűjtői**

típus	analóg csatornák száma	digitális csatornák száma	kezelőegység/kijelző
MM950	4	3	nem
MM950	8	3	nem
MM900	4	3	igen
MM900	8	3	igen
MM900	16	3	igen
MM900	24	3	igen
MM900	32	3	igen

1. táblázat

## EMS környezetvédelmi/meteorológiai mérőállomás érzékelői

szenzor	méréstartomány	ponlosság	csatorna (analóg/digitális)
<b>Szél</b>			
Szélirány	0...65 m/s	+/- 2 %	digitális
Szélsebesség	0...360 fok	+/- 2 fok	analóg
<b>Levegő</b>			
Légnyomás	950...1050 hPa	+/- 0.5 hPa 20 C-on	analóg
Relatív páratartalom	0...100 %	+/- 2 % (0.95 % között)	analóg
Hőmérséklet	-20...70 C	0.2 C 20 C-on	analóg
Kombi RH/T	0...100 % RH, -20...70 C	+/- 0.1 C, +/- 2 %	2 * analóg
<b>Napsugárzás</b>			
Pyranométer	0...5000 W/m2	+/- 3 %	analóg
Pyranométer	0...2000 W/m2	WMO1	analóg
Pyranométer	0...2000 W/m2	WMO2	analóg
Kvantum besugárzás	0...5 mol/m2/sec	+/- 3 %	analóg
UVA	0...50 W/m2	+/- 7.5 %	analóg
UVB	0...50 W/m2	+/- 7.5 %	analóg
Lux	0...200 000 Lux	+/- 3 %	analóg
<b>Eső</b>			
Esőmérő	0.1 mm/billenés	+/- 1 %	digitális
Esőmérő	0.2 mm/billenés	+/- 1 %	digitális
Esőmérő	0.5 mm/billenés	+/- 1 %	digitális
<b>Talaj</b>			
Hőmérséklet	-20...80 C	+/- 0.2 C	analóg
Tensiométer	0...820 hPa	+/- 1.5 %	analóg
Nedvesség	0...100 %	+/- 2 %	analóg
<b>Víz</b>			
Hőmérséklet	-20...80 C	+/- 0.2 C	analóg
Áramlási sebesség	0.04...5 m/s	+/- 1.5 %	digitális
Áramlási sebesség	0.03...10 m/s	+/- 1.5 %	digitális
Vízszint	igény szerint		
Párolgás	200 mm	+/- 1 mm	analóg
<b>Levegő</b>			
CO	0...2000 ppm	+/- 1 ppm	analóg
CO2	0...3000 ppm	+/- 2 %	analóg
H2S	0...200 ppm	+/- 1 ppm	analóg
SO2	0...100 ppm	+/- 1 ppm	analóg
NO2	0...100 ppm	+/- 1 ppm	analóg
Cl2	0...100 ppm	+/- 1 ppm	analóg
H2	0...2000 ppm	+/- 1 ppm	analóg

c) Az adott környezet határozza meg a tápellátás milyenségét, amely lehetséges:

- hálózatról (220V, 50 Hz)
- tölthető akkuról, amit időszakosan cserélni kell, ezért célszerű tartalék akku garnitúrát fenntartani, és
- napelemes egységről.

d) Az adatgyűjtés módját az adott felhasználási terület határozza meg. Történhet on-line módon, így az adatok egy megfelelő átviteli kábelen vagy rádió modemen keresztül szimultán jelennek meg egy központi számítógépen. Történhet szakaszosan is, amikor a felhasználó bizonyos időközönként (pl. havonta a mintavételi idő függvényében) egy PSION adatgyűjtővel vagy hordozható PC-vel menti ki a mért adatokat.

Az adatfeldolgozásra a speciális DIALÓG 900 szoftver áll rendelkezésre, ami teljes numerikus/grafikus adatfeldolgozást tesz lehetővé. A mért adatok dokumentálhatók és igény szerint tovább feldolgozhatók. On-line üzemmódban a mérőállomás stilizált rajza jelenik meg a képernyőn az aktuális mért paraméterekkel együtt. Amennyiben az EMS rendszer szélesség/szélirány érzékelőkkel van felszerelve, úgy a szoftver 'szélrózsa' diagramot rajzol, aminek segítségével következtetni lehet a légszennyezés helyére és természetesen mennyiségi/minőségi információkhoz is jutunk.

e) A rendszer mérőállványa több kivitelben készül a mérési helyszín függvényében.

Néhány EMS alkalmazási példa:

1. Meteorológiai állomás  
Szélirány, szélesség, levegő hőmérséklet/páratartalom, eső és légnyomás mérésére MM 950 adatgyűjtővel.
2. Környezetvédelmi mérőállomás  
Szélirány, szélesség, levegő hőmérséklet, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> mérésére MM 900 adatgyűjtővel.

Mohácsi Gábor

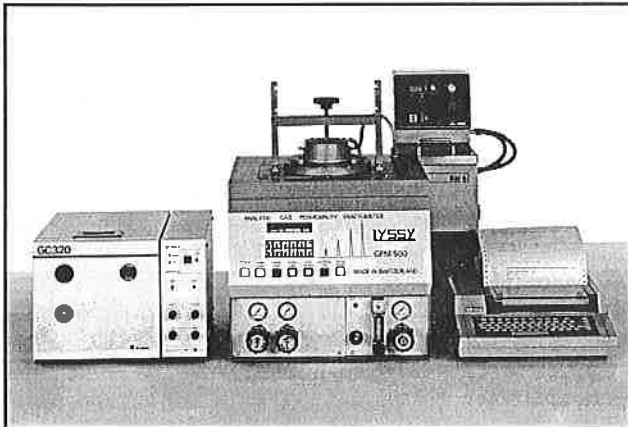
# Csomagolófóliák és csomagok gáz- és vízgőzáteresztő képességének mérése

Georges H. Lyssy\*

Kereken 35 évvel ezelőtt jelent meg a közleményem a TARA című folyóirat 1963 novemberi számában az első kereskedelmi forgalomba hozott permeabilitás-mérő készülékről. Ennek fejlesztése annak a tézisnek az elfogadásán alapult, amely szerint az akkoriban ismert csomagolófóliák – többnyire a vízhatlan celofánok és a polietilénnel társított változataik – gáz- és vízgőzáteresztő képessége a különböző gázokra más és más, de a hőmérséklettől és a parciális nyomástól függ. Ennek bizonyosságául ismertethettük a hővezetőképesség megváltozásának mérésén alapuló készüléket.

Manapság a csomagolóipar új és hatékonyabb gátat jelentő csomagolófóliákat fejlesztett ki. Ez párhuzamosan új vizsgálati módszerek és készülékek fejlesztését is szükségessé tette. Ezekből néhány év alatt 300-nál is többet már üzembe helyeztek a világ több, mint 200 laboratóriumában. Időközben új, érzékenyebb és a korszerű elektronikával automatizált készülékeket fejlesztettek ki, amelyek mentesítik az embert a rutinmunka alól kizárva a szubjektív tévedés lehetőségét.

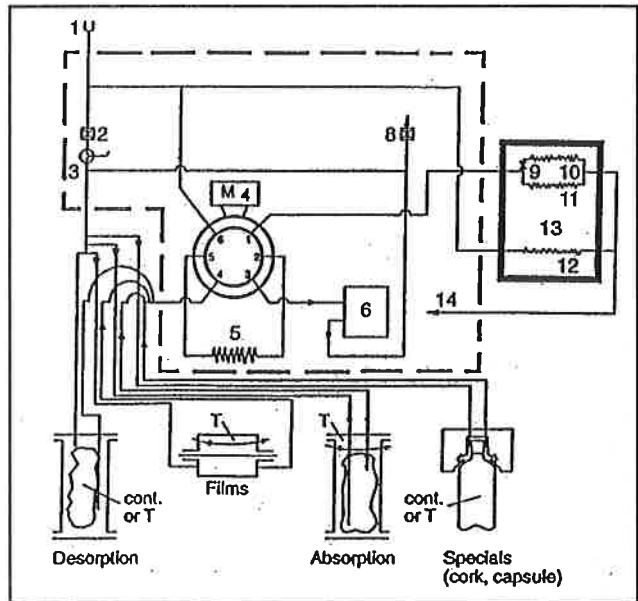
## A GPM-500 típusjelű készülék



1. ábra. A GPM-500 típusjelű permeabilitás-mérő rendszer (középen a mérőkészülék, jobbra mögötte a keringtetős termosztát, balra a GC 320 típusjelű gázkromatográf és jobbra a HP számítógépes nyomtató)

A következőkben ismertetésre kerülő készülék a szabadalmi leírásban – CH Patent 618013, US Patent 41 12739, Japán Patent 1339591, Deutsches Patent 2820294 és másokban – foglaltak szerint működik és lehetővé teszi számos permanens gáz és vízgőz áteresztésének a mérését izostatikus feltételek mellett. Ez a feltétel jobban megfelel a valós nyomásviszonyoknak, mint a korábban ajánlott és ma is szabványos (ASTM D 1434) nyomásmérési eljárás, amely a mintegy 1 bar nyomáskülönbség folyamatos kiegyenlítődése mellett méri a fólia gázáteresztő képességét.

A GPM-500 típusjelű gázáteresztőképesség-mérő készülék blokkvázlatát a 2. ábra szemlélteti. A kamrát a gáztömören behelyezett fóliaminta két részre osztja. A kamra alsó részében a referencia vívógáz – rendszerint hélium –, míg a felső részében a mérőgáz, illetve gázkeverék (pl.:  $1/3 \text{ CO}_2 + 1/3 \text{ O}_2 + 1/3 \text{ N}_2$ ) áramlik azonos, atmoszférikus nyomáson. A referencia gázt egy kis szivattyú áramoltatja zárt rendszerben. Időről időre átkapcsolva a gázminta-szelepet (M) a referencia gáz és az



2. ábra. A GPM-500 permeabilitás-mérő blokkvázlata (→ a He vívógáz útja, → a T-gáz, azaz a mérőgáz ill. gázkeverék átvezetése, ill. tartózkodása a fóliák – films –, ill. a zárt csomagok deszorpciós és abszorpciós vizsgálatakor)

időközben a fólián átszivárgott mérőgáz keverékének egy meghatározott mennyiségét elemzési célból a gázkromatográfba vezetik, amelynek a megfelelő adszorpciós oszlopai a mérőgáz komponenseit leválasztják és kvantitatíve megelemezik. A mérőgáz különböző komponenseinek a növekedését egy integrátor értékeli és a kijelzőn megjeleníti a fóliaminta permeabilitásának az egyes komponensekre egyidejűleg, de külön-külön meghatározott értékét pl.  $\text{ml/m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{bar}$  mértékegységben.

Ugyanezzel a készülékkel meghatározható a zárt csomagok permeabilitása is. Emellett deszorpciós mérések is végezhetők, mégpedig roncsolásmentesen és a csomag természetes tartalmának megváltoztatása nélkül. Az abszorpciós mérésekhez a referencia gázt át kell vezetni a vizsgálandó csomagon, amelyet kívülről a mérőgáz vesz körül.

Mivel a permeabilitás jelentősen függ a hőmérséklettől, ezért az egész készülék egy keringtető termosztáttal állandó hőmérsékleten tartható.

Az RS 232 interfészen keresztül valamennyi adat további feldolgozás céljából átvihető számítógéphez.

## Más permeabilitás-mérő készülékek

Az ismertetett permeabilitás-mérő univerzális rendszeren kívül kifejlesztettük a más-más elven mérő, de ugyancsak eredeti megoldású permeabilitás-mérő készülékek teljes választékát.

Az L100-4002/4004 típusjelű mérőrendszer a csomagolófóliák gázáteresztő képességét a már említett nyomásváltozás elvén vizsgálja és a nyomást a hővezető képesség alapján az ún. Pirani-cella méri. A mérés vezérlése és a kiértékelés automatizált.

A fóliák vízgőzáteresztő képességének méréséhez, illetve a zárt csomagok abszorpciós és deszorpciós vizsgálatához egy nagy érzékenységű, roncsolásmentes dinamikus eljárást és automatizált készüléket fejlesztettünk ki. A csomagolófóliák vizsgálatához ugyancsak rendelkezésre áll az új, gravimetrikus mérési eljárás is. Mindkettőhöz szabadalmaztatott mérést vezérlő és értékelő szoftver tartozik.

\*Zollikon ZH. Svájc

## Analitikai rendszerek a kőzet- és fémanalitikában Nemzetközi trendek és a hazai helyzet áttekintése\*

Dr. Bartha András\*\*

Az érc- és kőzetanalitikai, valamint a fémanalitikai szakcsoportok úgy döntöttek 1994 őszén, hogy a mindkét szakmát érintő leépítések hatására kialakult helyzetre való tekintettel a két szakcsoportot egyesítjük, és Érc-, Kőzet- és Fémanalitikai Szakcsoport néven hozunk létre egy új szakcsoportot, amelynek feladata – elsősorban az átmeneti helyzetben – a folyamatosság biztosítása. Nem terveztünk az első időszakban túlzott aktivitást, inkább az volt a célunk, hogy a fenti területeken tevékenykedő szakembereket összefogjuk, és a meglévő szervezeti kereteket ne hagyjuk szétesni.

### Az érc- és kőzetanalitika helyzete

A terület rendkívül szerteágazó, bemutatása során többféle szempontot is érvényesíteni lehet. Szigorúan véve most csak az elemanalitikai rendszereket kívánom áttekinteni, nem ismertetem részletesen azokat a módszereket, berendezéseket, amelyek az ásványos összetétel meghatározására valók. Az elemanalitikába azonban bele fogom érteni az egyre nagyobb jelentőséggel bíró izotóp-összetétel meghatározási lehetőségeket is.

Az érc- és kőzetanalitikai szakcsoport korábban főleg az ipari kutatóintézetek, a bányavállalatok és a MÁFI analitikai szakembereit tömörítette. A 80-as évek végén kezdődő átalakulási folyamatok ezeket a kutatóhelyeket nagyon megrázták: több közülük megszűnt, vagy kft-kbe alakultak át, amelyek megmaradt, annak pedig jelentősen csökkent a létszáma. S bár a 90-es évek elején néhány cég – főleg pályázati pénzen (OTKA, Phare, OMF) – vásárolhatott műszereket, de azok fenntartására, működtetésére, szervizelésére évről évre kevesebb pénz jut.

Az 1. táblázaton látható a múlt, amikor az érc- és kőzetanalitikai szakcsoportot ezeknek a cégeknek az analitikusai alkották elsősorban. Azóta a KBFI megszűnt, a SZIKKTI szintén megszűnt, és néhány kft. alakult a helyén, így az elemanalitikai részleg, a Cem-Kut Kft., a főleg ásványos összetétel meghatározásával foglalkozó SZIKKTI Labor Kft., a SZIKKTI Kerámia Kft. és a Betonolith Kft.

mányosan szakcsoportunk motorjának számítottak, megszűnt, néhány kft. alakult a helyén. Itt a bányászat 1997 októberében szűnt meg.

Szintén megszűnt az Országos Érc- és Ásványbányák Vállalat, az egri labor nem létezik többé.

A recski labor lényegében készenléti állapotban van, nem készülnek elemzések, nem megy a tűzi labor sem, itt egyedül az ércelőkészítő működik.

Hasonló sorsra jutott az Aluterv-FKI is, műszerei egy része eladásra került, vállalatok, alapítványok működtetik most ezeket a műszereket.

Megszűnt, illetve szintén kft-sedett az Almádi Bauxitkutató Vállalat, amely a hazai, és nyugodtan mondhatjuk, a világ szinte valamennyi jelentős bauxit-előfordulásáról származó mintáknak az analízisében megfelelő szakértelemmel rendelkezett.

Az ELTE Kőzetan-Geokémia Tanszékén működő kis kamara-laboratórium szintén felszámolásra került.

Más cégek, ahol nem volt ennyire drasztikus a változás, jelentősen átalakultak. Jó példa erre a MÁFI, melynek laboratóriumaiban összesen 54 fő dolgozott a 93-as nagy leépítést megelőzően, ezután 20-an maradtunk. Ezen belül az elemanalitikai osztály, mely a korábbi nedves kémiai csoportból és a szinképelemző laboratóriumból alakult ki, szintén jelentősen karcsúsodott, létszáma 20-ról 9-re csökkent. Azt hiszem, ez a társaság maradt talán a kőzetanalitika olyan bázisa Magyarországon, ahol még a hagyományos módszerekhez is értnek, és végzünk is ilyen méréseket amellet, hogy a műszeres technikák kőzetanalitikai bevezetésében is élen járunk (ICP-AES, ICP-MS stb.).

A felsorolt kutatóhelyek megszűnése, illetve átalakulása nehéz helyzetbe hozta a hazai kőzet- és ércanalitikat, mert nagyon sok olyan szakember vonult nyugdíjba, illetve hagyta el a pályát, akik területüket valóban magas szinten tudták képviselni. A volt karakteresnek mondható laborok helyén alakult kft-k, miután meg akarnak élni a piacon, egyre inkább elmennek a környezetvédelmi analízisek irányába, megszűnnek a profilizista laborok, illetve kutatóhelyek, és nagyon sok fontos terület gazda nélkül marad. Tapasztalatból mondhatom, hogy a mostani helyzet nagyon súlyos terheket ró a még állva maradt laborokra, hiszen az oktatástól a kutatásig jelentkeznek a megrendelők, de technológiai jellegű minták elemzési igényei is rendszeresen felmerülnek, nem ritkán néhány minta kedvéért kell nagyon nehéz analitikai-feltérési feladatokat megoldani. Természetesen ezek a feladatok – főleg, ha az egyetemektől érkeznek – gyakran nagyon igényesek, kidolgozásuk, megoldásuk sok energiát igényel, fizetni értük pedig csak nagyon korlátozottan tudnak. Így olyan helyzet alakul ki, hogy sokszor egymást ajánlgatjuk, győzködjük, vállalja el a munkát valamelyik másik labor.

A leépítésekkel párhuzamosan nagy mértékben változott az analitikai igény is. A háttérbe szoruló nyersanyagkutatás helyére Magyarországon, de azt lehet mondani legalábbis Európa-szerte egyre inkább a környezetföldtani feladatok ellátása lépett. A mélyfúrások korábbi részletes vizsgálatát egyre inkább a felszíni képződmények vizsgálata váltotta fel. A geokémia súlya és aránya növekszik a földtani kutatási irányok között. Egyre nagyobb súlyt kapnak az alkalmazott földtani kutatások, az ország földtani környezetállapotának vizsgálata, geokémiai alapszintértékek és anomáliák meghatározása, és ezzel összefüggésben az egészségvédelemmel kapcsolatos kutatások elvégzése.

A 2. táblázaton láthatók a kőzetanalitikában az utóbbi időben jelentkező igények. Ezek itt most az olyan igényeket jelentik, ahol nagyszámú minta elemzését kell elvégezni, és az eredmények a nyert adatok elemzése és szintetizálása alapján születnek. A geokémiai prospekció analitikai bázisát a Földtani Intézetben korábban az optikai emisszós

1. táblázat

#### Az érc- és kőzetanalitika korábbi fontos bázisintézményei

KBFI	– Központi Bányászati Fejlesztő Intézet
SZIKKTI	– Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet
Mecseki Ércbányászati Vállalat	
Országos Érc- és Ásványbányák Vállalat:	
	Egri laboratórium
	Recski Laboratórium
Aluterv-FKI	– Fémipari Kutató Intézet
Bauxitkutató Vállalat	
ELTE Kőzetan - Geokémia Tanszék	
MÁFI	– Magyar Állami Földtani Intézet

A SZIKKTI laboratóriuma volt korábban a hazai szilikátanalitika egyik fontos kutatóhelye, vezetője, dr. Tráger Tamás hosszú ideig a szakcsoport elnöke volt. A Cem-Kut Kft.-ben továbbra is folyik elemanalitikai munka, de műszerzettségük meglehetősen elöregedettnek mondható.

A Mecseki Ércbányászati Vállalat, melynek munkatársai hagyó-

\* Az 1998. évi Analitikai Anketon az Érc-, Kőzet- és Fémanalitikai Szakcsoport részéről elhangzott előadás.

\*\* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest

spektrográfia jelentette. Ennek pontossága azonban bizonyos feladatok megoldásához nem bizonyult kielégítőnek.

2. táblázat

**Igények a kőzetanalitikában****Korábban:**

Elsődlegesen feladat volt a kőzetalkotó főkategorizáció meghatározása hagyományos nedvensanalitikai módszerekkel és műszeres eljárásokkal. Geokémiai prospekció: optikai emissziós spektrográfias meghatározások

**Az utóbbi időben:**

Nyersanyagkutatás háttérbe szorul és a környezetföldtani feladatok kerülnek előtérbe:

- Felszínalatti vizek geokémiai vizsgálata
- Országos geokémiai felvételek

Cél: A felszín jelenlegi környezet-geokémiai állapotának felvétele, nullállapot meghatározás, nyersanyagcélú értékelés az anomália területeken

Magyarország (1:500.000) geokémiai térképének elkészítése

**Foregs-módszerek alapján:**

- Hegyvidéki területek stream sediment felvétele (1:200.000)
- Arany kutatás. Carlin típusú aranyérc potenciál felmérése (Au, Ag, As, Tl, Sb, Hg)
- Agrogeokémiai térképezés (1:100.000) Talaj-anyakőzet-talajvíz rendszerek agrogeológiai célú tanulmányozása
- Agyagásványok ritka földfém-tartalmának meghatározásán keresztül genetikai következtetések levonása
- Víz-kőzet kölcsönhatási folyamatok
- Adszorpció vizsgálatok

A Foregs (Forum of European Geological Surveys) 1995. évi ülésén megfogalmazódott az a szándék, hogy az európai geológiai intézetek analitikai módszereit szabványosítsák, illetve harmonizálni kell, hiszen egyre erősebben jelentkezik az az igény, hogy a különböző intézetekben született analitikai eredmények összehasonlíthatók legyenek egymással. Sok olyan feladat van, ahol geokémiai háttérértékek, anomália-területek meghatározásánál, környezeti állapotfelvételek elvégzésénél az adott vizsgálandó terület országhatárokon átnyúlik, a kiértékelésbe különböző országok laboratóriumaiban született eredményeket be kell vonni. Nagyon fontos volt az a döntés, hogy Magyarország geokémiai felvételezését Foregs-módszerek alapján végezzük el. Hasonlóan a hegyvidéki területek stream sediment felvételezése is ezen az alapon kezdődött el. Olyan fontos új területek is kutatásra kerültek, mint a Carlin típusú aranyérc potenciál felmérése, vagy az agrogeokémiai térképezés. A felmérések során nagyon gyakori igény, hogy mind a teljes, mind a kioldható elemtartalom meghatározásra kerüljön.

A MÁFI részt vesz egy, az európai geológiai intézetek analitikai módszereit harmonizáló projektben, melynek az a célja, hogy a felmérések eredményeit kölcsönösen elfogadhatóvá tegye. Mind a teljes elemtartalom, mind a mobilizálható, kioldható elemtartalom meghatározási módszereit érinti ez a projekt.

A 3. táblázaton a kőzetanalitikában alkalmazott teljes és kioldható elemtartalom meghatározására alkalmas módszereket tekintjük át. Azt mondhatom, valamennyi analitikai módszert művelik Magyarországon, legfeljebb nem mindegyiket rutinszerűen, illetve úgy fogalmazzák inkább: valamennyi módszernek van magyar művelője, csak ezeknek a méréseknek egy része külföldi kutatások, ösztöndíjak során valósult meg. Neutronaktivációs és röntgenfluoreszcens mérések végzésére természetesen van lehetőség Magyarországon. Itt nyilván finanszírozási problémákról van szó, a geokémiai projektek finanszírozása általában nem megoldott. Ez azt jelenti, hogy a Földtani Intézet a reá hátruló feladatokat kénytelen önerőből megoldani, akkor is, ha erre lenne ideálisabb megoldási lehetőség. Ezért nem alkalmazunk NAA illetve XRF méréseket a teljes elemtartalom meghatározásoknál.

3. táblázat

**Teljes és kioldható elemtartalom meghatározási módszerek****Teljes elemtartalom meghatározása****Szilárd módszerek:**

NAA – neutronaktivációs analízis

XRF – röntgenfluoreszcens analízis

Szilárd minták közvetlen bejuttatása spektrométerekbe: a lézerablációs (LA), illetve az elektrotermikus párologtatásos (ETV) induktív csatolású plazmás (ICP) módszerekkel:

LA-ICP-AES atomemissziós spektrometria

LA-ICP-MS tömegspektrometria

ETV-ICP-AES atomemissziós spektrometria

ETV-ICP-MS tömegspektrometria

Porbefúvásos ill. szuszpenziós technikák

**Oldatos technikák:**

Alkáli ömlesztéses feltárás

Teljes feltárás HF tartalmú savkeverékkel atmoszférikus nyomáson, ill. zárt rendszerben

**Kioldható elemtartalom meghatározása:**

Kioldás királyvízzel

Kioldás HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> keverékkel

Enyhe kivonószerek

Sorozatos kioldások növekvő erősségű kivonószerekkel

A lézerablációs mintabevitelnek vannak művelői, pl. az ELTE-n dr. Nagy Béláné LA-optikai emissziós méréseket végez. A nagyon új és divatos technikának számító LA-ICP-MS mérésekre a MÁFI-ban lesz lehetőség remélhetően a nagyon közeli jövőben. A technikának vannak magyar művelői, így Borszédi Jánosnak, Bertalan Évának és Dobosi Gábornak volt alkalmuk ilyen kutatásokat végezni külföldi tanulmányútjaik során. Az ETV, az elektrotermikus párologtatásos módszereknek Kántor Tibor kitűnő hazai szakértője, és Galbács Gábornak voltak Belgiumban ETV-ICP-MS kutatásai. A MÁFI-ban a teljes elemtartalom meghatározása a különböző feltárásokat követően spektrometriás módszerekkel kerül sor: AAS, ICP-AES, ICP-MS módszerekkel.

A földtani gyakorlatban a királyvízes feltárást fogadta el a Foregs, ezzel oldjuk ki azokat a komponenseket, amelyek a jövőben egyáltalán mobilizálódhatnak. A talajtani gyakorlatban szívesebben alkalmazzák a HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> keverékkel történő kioldásokat, míg a környezetvédelmi analitikában népszerűek a sorozatos, egyre növekvő erősségű kivonószerekkel végzett extrakciók. Magyarországon régóta végeznek ilyen típusú meghatározásokat Hlavay Józsefék.

A Vjtuki-ban Cravero Istvánék évek óta végeznek nyitott és zárt rendszerű mikrohullámú feltárási kísérleteket üledékek nehézfém tartalmának oldatba vitelére. A MÁFI-ban mi magunk is vizsgáljuk az ellenálló ásványok feltárhatóságát mikrohullámú feltáróban különböző savkeverékek alkalmazásával.

Az érc- és kőzetanalitika nagyon szerteágazó terület. Ha meg akarjuk ítélni, hogy egy intézet, vagy analitikai rendszer, vagy a szakma globálisan milyen erőt képvisel, mennyire közelíti meg a világszínvonalat, vagy a nemzetközi színvonalat, el kell helyeznünk az illető rendszert a hasonlóak között a világon. Longerichnek volt egy előadása az 1995-ös CSI-t követő ICP-MS posztzimpóziumon, ahol arról beszélt, hogy a geokémiai kutatások során alkalmazott analitikai módszereket rangsorolva ő az XRF, ICP-MS, LA-ICP-MS, ICP-OAS sorrendet tudná felállítani.

Ez a sorrend a kanadai Newfoundland-i Egyetem Földtudományi Tanszékének a laborjában kialakult helyzetet tükrözi, vagyis egy gazdag országról van szó, ahol a geokémia valamennyi ágát művelik. A kanada-

iak 1983 óta élen járnak az ICP-MS módszer geokémiai alkalmazásaiban.

Néhány, általam ismert geoanalitikai laboratórium felépítését szeretném vázolni.

A Dél-Afrikai Geológiai Intézetben arccal a nyersanyagkutatás felé fordulnak, nagy mintaszámban végeznek elemzéseket, de allig-allig foglalkoznak oldatos technikákkal, szinte valamennyi analitikai feladatot röntgenfluoreszcens módszerekkel oldanak meg. Ennek oka elsősorban az, hogy nem nagyon vannak rászorítva arra, hogy környezeti geokémiai módszerekkel foglalkozzanak. A hidrológiai kutatásokat Dél-Afrikában nem a Geológiai Intézet, hanem a Water Affairs végzi. A geokémiai prospekciós munkáik során egy szimultán Philips XRF készüléket használnak, amellyel a 4. táblázatban látható kimutatási határokat érik el. A földkéregbeli gyakorisági adatok és a XRF kimutatási határok összevetéséből kiténik, hogy csak néhány elemnél kell megelégedniük gyengébb kimutatási határral, mint amit a földkéregbeli átlagok indokolnak. E módszerrel egyébként évi 100,000 talaj- illetve patakhordalék minta elemzését képesek elvégezni.

4. táblázat

**Prospekció a Dél-Afrikai Földtani Intézetben  
XRF kimutatási határok, és az átlagos gyakoriság  
a földkéregben**

PW 1606 PHILIPS XRF spektrométer  
24 elem szimultán meghatározása, Rh Compton MAC korrekcióhoz,  
3 háttéracsatorna  
Helikopteres mintavétel, 1 minta/km<sup>2</sup>  
Szitálás után a 40 µm alatti frakciót sajtoltják, elemzik

Elem	XRF kimutatási határ	Földkéregbeli gyakoriság
Sc	1 ppm	22 ppm
TiO <sub>2</sub>	0.01%	0.57%
V	5 ppm	135 ppm
Cr	4 ppm	100 ppm
MnO	0.01%	0.10%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01%	5.63%
Co	10 ppm	25 ppm
Ni	10 ppm	75 ppm
Cu	9 ppm	55 ppm
Zn	3 ppm	75 ppm
As	10 ppm	1.8 ppm
Rb	4 ppm	90 ppm
Sr	1 ppm	375 ppm
Y	1 ppm	33 ppm
Zr	1 ppm	165 ppm
Nb	5 ppm	20 ppm
Mo	0.2 ppm	1.5 ppm
Sn	2 ppm	2 ppm
Sb	5 ppm	0.2 ppm
Ba	10 ppm	425 ppm
W	4 ppm	1.5 ppm
Pb	4 ppm	12.5 ppm
Th	4 ppm	9.6 ppm
U	2 ppm	2.7 ppm

A Dél-Afrikai Geológiai Intézetnek egyébként 7 darab különböző energia- és hullámhosszdiszperzív XRF készüléke van, nincs ICP-MS

készüléke, és ICP-AES készüléke is csak egy van, amit még én vettem 1993-ban.

Az európai földtani intézetekben mind az oldatos ICP-OES, illetve ICP-MS technikákat, mind a XRF technikát egyaránt művelik, elég itt az általam ismert finn, angol, német vagy a francia intézet példáira hivatkozni. Például a Német Szövetségi Geológiai Intézetben, Hannoverben 120 fős nagy laboratórium van, az XRF berendezéssel, évi 15.000 mintát határoznak meg üvegyöngyből, van 3 db ICP-AES, 2 db ICP-MS, 1 db nagy felbontású ICP-MS készülékük és atomabszorpciós berendezések mindenféle csatolt technikákkal. Abszolút nincsenek rákényszerítve arra, hogy bevételt termeljenek, sőt, nem megengedett a számukra az, hogy a magáncégeknek konkurenciát támasszanak a környezetanalitikai piacon. Teljesen profitiltizták maradhatnak. Hasonlóan erős a legtöbb nyugat-európai labor is, de a cseh, a szlovák és a lengyel labor is nagyon ütőképes, XRF, ICP-AES és AAS bázison működnek, évi 20–30.000 minta meghatározására képesek. Lényegesen nagyobb a létszámuk, pillanatnyilag az ICP-MS hiányzik csak a palettájukról, de csak rövid idő kérdése, hogy mindhárman vegyenek ilyen berendezést.

A nagy különbség az igazán erős, gazdag laborok és köztünk az, hogy nálunk úgy alakult ki az elemanalitikai labor, hogy az oldatos technikákra épülő klasszikus gravimetriás labor helyét váltotta fel.

Szinte minden feladatot meg tudunk oldani, csak olyan nagyon leépített létszámmal, és lehetetlenül kevés működtetési pénzzel rendelkezünk, hogy meg sem tudjuk közelíteni az optimális működtetési feltételeket. A megoldás a finanszírozási rendszer megváltozásával születhetne meg, erre azonban pillanatnyilag nem sok remény látszik. Jól működő XRF laborokkal kellene kooperálni a jövőben, ehhez azonban pénzre lenne szükségünk, vagy barterügyletként elemzésekkel kell majd fizetnünk: pl. ICP-MS mérésekkel az XRF elemzésekért.

Az 5. táblázaton a MÁFI elemanalitikai labor főbb műszerei láthatók. A 6. táblázat az OTKA 5. sz. Földtani Műszerközpontot mutatja be.

A közzetelemzési rendszerek helyzetének megértéséhez talán segítséget jelent egy olyan laboratórium árainak bemutatása, amely

5. táblázat

**A MÁFI Labor fontosabb műszerei**

JY-70 ICP-AES készülék  
VG PlasmaQuad II STE ICP-MS készülék LaserLab 2 lézerepárolgatóval (Nd: YAG lézer, 1064 nm)  
Varian SpectrAA-10BQ atomabszorpciós készülék folyamatos hidridfejlesztővel és ETV egységgel  
AMA 254 higany meghatározó  
Pye Unicam SP-9 AA berendezés  
Milestone MLS MEGA 1200 mikrohullámú feltáró  
Waters ionkromatográf vezetőképességi és UV detektorral  
FISONS Carlo Erba NA 1500 NCS elemanalizátor (C, S, N meghatározásához)  
PEKIN-ELMER 1600 FTIR spektrofotométer  
HP 5890 GC  
Philips XRD készülék, PW 1710, számítógép vezérelt, kiértékelő szoftverrel  
MOM Derivatográf PC  
JEOL pásztázó elektronmikroszkóp ásványtani és mikropaleontológiai vizsgálatokhoz  
Kriogén magnetométer magnetosztratiográfiai célokra CCL  
LEICA spektrofluorometriás mikrofotométeres mikroszkóp



6. táblázat

**Az 5. sz. OTKA Földtani Műszerközpont**

Gesztorintézmény: Magyar Állami Földtani Intézet

Tagok:

- ELTE Kőzettan-Geokémia Tanszék
- ELTE Ásványtani Tanszék
- ELTE Alkalmazott Földtani Tanszék
- MTA Geokémiai Kutató Laboratórium
- JATE Ásványtan, Geokémia Tanszék
- Atomki – Atommag Kutató Intézet
- Vituki – Vízügyi Tudományos Kutató Intézet

Kanadában működik ugyan, de rendkívül nehéz versenyhelyzetbe hozza a hazai laborokat. Árai annyira olcsók ugyanis, hogy a postaköltséggel együtt megéri a megrendelőknél ebben a laborban elemzést tenni.

A 7. táblázatban a Kanadai Activation Laboratories Ltd, az ACT-LABAS elemzési programja látható. Itt tehát összesen 48 elem meghatározását, beleértve az aranyat is, végzik el 16 USD-ért (2 évvel ezelőtti ár) ami postaköltséggel együtt kevesebb, mint 4000 Ft-ot jelent. Azok a megrendelők, akiknek az eredmény nem túl sürgős, és a kész analitikai csomagokkal megelégednek, kb. 80 Ft-ért kapnak egy kompo-

7. táblázat

**A kanadai ACTLABS elemzési csomagja 48 elemre**

**Neutronaktivációsan meghatározott elemek**

elem	kimutatási határ	elem	kimutatási határ
Au	2 ppb	Na	0.01%
As	0.5 ppm	Nd	5 ppm
Ba	50 ppm	Rb	5 ppm
Br	0.5 ppm	Sb	0.1 ppm
Ce	3 ppm	Sc	0.1 ppm
Co	1 ppm	Se	3 ppm
Cr	5 ppm	Sm	0.1 ppm
Cs	1 ppm	Sn	100 ppm
Eu	0.2 ppm	Ta	0.5 ppm
Fe	0.01%	Th	0.2 ppm
Hf	1 ppm	Tb	0.5 ppm
Hg	1 ppm	U	0.5 ppm
Ir	5 ppb	W	1 ppm
La	0.5 ppm	Yb	0.2 ppm
Lu	0.05 ppm		

Kevert savas teljes feltárást követően

**ICP-OES módszerrel mért elemek:**

elem	kimutatási határ	elem	kimutatási határ
Ag	0.4 ppm	Mo	1 ppm
Al	0.01%	Ni	1 ppm
Be	2 ppm	P	0.001%
Bi	5 ppm	Pb	5 ppm
Ca	0.01%	Sr	1 ppm
Cd	0.5 ppm	Ti	0.01%
Cu	1 ppm	V	2 ppm
K	0.01%	Y	2 ppm
Mg	0.01%	Zn	1 ppm
Mn	1 ppm		

Az elemzési csomag ára 16 amerikai dollár

nenst, aranyat, ezüstöt, ritkaföldfémeket is beleértve. Hasonló kőzet-analitikai gyárak még az ír OMAK, vagy az ausztrál ANALABS. Alapvetően neutronaktivációs és XRF bázisra épülnek ezek a laborok, de rendkívül erősek a minta-előkészítésben, és az oldatos technikákban egyaránt. A "széncsatát" ők a rendkívül nagy mintaszámmal nyerik meg, heti több ezer minta fut át rajtuk, nem nagyon vannak egyévre szabott elemzések, analitikai csomagok vannak. Nagyon erős marketingmunka folyik ezeken a helyeken, és igen hatékonyak. Ismerve a hazai árakat, ezekkel a csomagokkal nem lehet versenyezni, hiszen ma Magyarországon olyan 500–2000 Ft közötti komponens árak vannak ebben a koncentrációtartományban.

Az eddigiek során kőzetelemzési meghatározásokat ismertettem, ahol tehát viszonylag nagyszámú minta vizsgálata volt szükséges. Van azonban a kőzetelemzéseknek egy olyan új ága, ahol viszonylag kis mintaszámban elvégzett elemzésekkel vonnak le genetikai következtetéseket. Ez a viszonylag új terület az izotóp-geokémia. Az MTA Geokémiai Kutatólaboratóriumában Demény Attilának végeznek C, H, O izotóp méréseket egy Finnigan tömegspektrométerrel. A Debreceni Atomkiban Hertelendi Edéék saját építésű tömegspektrométerrel végeznek C, H, O, N, S könnyű, stabil izotóp méréseket, illetve K-Ar kormeghatározásokat végeznek. Ezek a berendezések gázanalitikai MS készülékek. Az ország két ICP-MS készülékén, a Vituki-ban és a MÁFI-ban folynak kísérletek nehézfém izotóp meghatározására toxikus elemek esetén, egyrészt a szennyezések eredetének lokalizálására, másrészt genetikai elkülönítésre.

A nemzetközi gyakorlatban a TIMS (thermo ionisation mass spectrometry) szerepét egyre inkább átveszi a LA-ICP-MS (laser ablation ICP-MS), mivel a TIMS-hez a minta-előkészítés igen időigényes. A Quad-ICP-MS szórása csak ritkán elegendő ehhez a feladathoz (0.1-0.5%), de a HR-ICP-MS (high resolution) szórása már jobb 0.05-0.2%, illetve az ICP-TOF-MS (time of flight-repülési idő ICP-MS) 0.05-0.1% RSD és a MS-MC-ICP-MS (magnetic sector-multicollection) 0.002-0.01% RSD értéke már eléri a TIMS szórását. A sokkal gyorsabb minta-előkészítés miatt az izotóp-geokémiai mérésekhez a jövő útja tehát a különböző HR, MC illetve TOF LA-ICP-MS mérések. A TOF és a MS-MC technikák lényegesen jobb szórása egyrészt a stabilizált ionáram és ionstatistika miatt érhető el, másrészt azért, mert ezekkel az új technikákkal a különböző izotópok szimultán meghatározására van lehetőség. A TOF-készülékkel pl. 10 s alatt végig lehet pásztázni a spektrumot.

Ígéretes új kutatási terület az agyagásványok genetikájának megismerésére azok ritkaföldfém-eloszlásának analízise útján. Ilyen méréseket egy éve végzünk a MÁFI-ban ICP-MS módszerrel.

**A fémanalitika helyzete**

A fémanalitika területéről – mivel ebben én nem vagyok igazán járatos – nagyon sok segítséget kaptam dr. Vorsatz Brunó professzor úrtól, aki sokáig a fémanalitikai szakcsoport elnöke volt. Az érintett laboratóriumok vezetőivel konzultálva sikerült begyűjteni sok értékes információt. Természetesen itt is hangsúlyoznom kell, hogy beszámoló a fémanalitika helyzetéről a teljesség igénye nélkül készült. Korábban a fémanalitika a nagyüzemek laboratóriumaihoz kötődött. Ezek a laborok zömében ma is megvannak, működnek, sorsuk nagymértékben függ az iparági megrendelésektől.

A vas- és acéliparban a két nagy cég, a Diósgyőri Kohászati Művek és a Dunaújvárosi Vasmű (Dunaferr) viszik a prímet.

A diósgyőri Metalcontrol Vaskohászati és Minőségellenőrző Központ Kft. (vezető: Nádkúti Tivadar) közel 100 fős laboratóriumával látja el a Kohászati Művek analitikai igényeit. Ez a labor egyébként a Miskolci Egyetem kihelyezett Minőségbiztosítási Tanszéke is egyben. Az EU-hoz tartozó angol NAMAS cég által akkreditált laboratóriumról van szó, mely zömében 1989-90-es berendezéseivel megbízhatóan, jól működik, és azt lehet mondani: a műszaki színvonal nagyjából megfelel a nyugati cégek hasonló laborjainak, vagyis lényegében képviseli a nemzetközi

színvonalat. A 8. táblázat mutatja a labor fontosabb eredményeit. Az XRF berendezést fémek, salakok, szilikátok, ferroötvözetek meghatározására használják. A szikra spektrométerek a gyártási folyamatra belülről szimultán berendezések. Működik még a Metalcontrolnál egy központi labor, amely az analitikai piacon dolgozik, és elsősorban környezetvédelmi jellegű méréseket végeznek.

8. táblázat

### Metalcontrol

#### Vaskohászati és Minőségellenőrző Központ Kft műszerei

- 1 db XRF-spektrométer: ARL 8680, szimultán-szekvens
- 4 db szikra-spektrométer: ARL, szimultán
- 1 db ICP-AES-spektrométer: ARL-3410 szekvens
- 7 db C-, S-, H-, O-, N-elemző készülék: LECO-elemanalizátor
- 1 db hordozható spektrométer: Metalscan 1650

Azt lehet általánosan is mondani, a legtöbb ipari labor indít környezetvédelmi mérésekre alkalmas részleget, egyre csökken az ún. profiltizta laborok száma.

A vas- és acélipar másik nagy cége a Dunaferrehez kötődő Qualitest Minőségügyi Kft. 200 fővel működő nagy laboratóriumi egység, amely a Dunaferren belüli elemzési igényeket elégíti ki, minőségbiztosítási és környezetvédelmi méréseket végez. A Minőségbiztosítási és Környezetvédelmi Divíziók mellett az Anyagvizsgáló Divízió a legjelentősebb, mintegy 140 fővel. Főleg a Vasmű igényeit szolgálják ki, de külső megrendelésre is dolgoznak. A mechanikai és fizikai tesztekre most nem térnek ki, ezért a 9. táblázaton csak a spektrokémiai osztály műszerparkját mutatom be. Ehhez az összeállításhoz Bocz Andrásról, a divízió helyettes vezetőjétől kaptam sok segítséget. A szikra spektrométerek megbízhatóan működnek, 1 percen belüli adatszolgáltatásra képesek. Ezekkel a berendezésekkel gyakorlatilag valamennyi fémanalitikai feladatot el tudják végezni, salakok, ércék, környezetvédelmi minták analízisére is lehetőség van. A cég átvászelte a privatizációt. Itt is előjön a profiltizta laborok kérdése, vagyis, hogy szinte mindenki beszáll a környezeti minták piacára. Ez persze érthető. A Qualitest működése megnyugtató, berendezéseik többnyire jók, vagy felújítottak, megfelelnek a nemzetközi színvonalnak. A LIMS (Laboratory Informations Manager System) rendszert bevezették, és jól működik.

9. táblázat

### A QUALITEST berendezései

- 3 db szikra spektrométer: ARL-3460
- 1 db XRF-spektrométer: ARL 8660, szimultán
- 1 db XRF-spektrométer: ARL 8410, szekvens  
Uniquant szoftverrel
- 1 db ICP-AES-spektrométer: ARL2510, szekvens
- 2 db AA-atomabszorpciós készülék
- 4 db C-, S-, N-, H-elemző készülékek: LECO

A Csepeli Fémmű Analitikai laborja szintén jelentős analitikai erővel képvisel. (vezetője: Szentmiklósi László). Műszereit a 10. táblázat illusztrálja. Ez is akkreditált labor, mint az előbbi kettő, de most 1997-ben nem újították meg az akkreditálásukat. Az egész cég egyébként az ISO 9002 szerint működik. Az analitikai labor 22 főből áll, 4 műszakban dolgoznak

10. táblázat

### Csepeli Fémmű Analitikai Laboratórium

- 3 db XRF spektrométer: ARL 8680, szimultán-szekvens  
ARL 9400 szekvens  
ARL1990 szimultán-szekvens
- 2 db szikra spektrográf: Q-24  
PGS-2

itt is. Mintáik zöme rézötvözetek, bronzok, alpakák. A fizikai tesztek is beleértve 500.000 komponens mérésére kerül sor évente. A cég még nincs privatizálva, jelenlegi tulajdonosa a Magyar Fejlesztési Bank. Sorsa nyilvánvalóan nagymértékben függ attól, ki lesz a tulajdonos. Műszereik jók, főleg az XRF berendezések számítanak korszerűnek, a 9400-as szekvens készülék új. Terveik között szerepel a spektrográfok cseréje spektrométerekre, és a nedvesanalitikai részleg fejlesztése ICP-AES illetve AA készülékekkel.

A Csepel Művek területén működő AGMI (11. táblázat) Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. laboratóriuma nemzetközileg akkreditált, (vezetője: Gyórfi dr. Buzási Anna). Fémek, ötvözetek, levegő, víz, környezeti minták, környezeti állapotfelmérés jelenti a fő profiljukat. 1992-ben alakultak át részvénytársasággá és az önprivatizáció után önfenn tartók lettek. A labor jó példája annak, hogy azoknak az ipari laboroknak, melyek mögött csökken az iparágai megrendelések száma, milyen irányban kell elindulniuk ahhoz, hogy talpon maradjanak.

11. táblázat

### AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. Laboratórium műszerei

- 1 db XRF spektrométer: PW - 1460, szekvens
- 2 db emissziós spektrográf: Q-24
- 1 db emissziós spektrográf: PGS-2
- 1 db szikra spektrográf: Spectro Test F, mobil berendezés
- 1 db AA spektrométer: Unicam SP-9 láng+grafit

Az alumíniumipar területén befejeződött a privatizáció. Ajkán pl. a MAL Rt. tulajdonába került az alumíniumkohó. Az Alufém Kft. laborja 24 órás üzemmódban dolgozik, nagyon stabil berendezés a szikra gerjesztésű szimultán-szekvens ARL spektrométer. Tartaléka egy 20 éves XRF berendezés, melyet egyébként timföldgyári vizsgálatokra használnak fel, de fém alumínium is mérhető rajta. Jó készülékek, de persze előbb-utóbb újabbakat kell majd venni.

Ajkán van még egy formaöntőde, a Le-Belifer féle öntőde. 100% francia tulajdonban lévő öntődéről van szó. Ők egy Spectro szikra spektrométert használnak, melynek van egy gazdája, aki a kalibrálást, ellenőrzést végzi, de az olvasztárok a műszakban be vannak tanítva, és önállóan ellenőrzik a gyártási folyamatot, vagyis mérnek a készülékkel. Automata rendszer jelzi, hogy a túrésen belül van-e az összetétel. A cég ISO-9002 szerint működik. Ez az analitikai rendszer nemzetközi színvonalú.

A volt székesfehérvári Kőfém-et az amerikai ALCOA cég vette meg. Szinképanalitikai laborjuk pillanatnyilag 2 fővel működik, vezetője Patai Antal. Az ISO előírások szerint működik a cég, kevés szakmai kapcsolat maradt a magyar analitikusokkal, az American Technique Center irányítja a méréseket. Főleg alumíniumipari termékeket, idomokat, tüskéket, hengerelt, olvasztott árukat elemeznek. Két szikra spektrométerük van, egy Baird és egy Spectro LABS készülék. Felújított készülékek, 2000-ig terveznek új berendezéseket vásárolni. A cégnek van egy nedveslaborja is, ahol ICP-AES, AA és XRF berendezésekkel sok környezeti mintát elemeznek.

A Mosonmagyaróvári Motim Timföld és Alumíniumipari Kft.-nél timföld, korund, Zr tűzálló anyagok, Al-hidroxid, Mg-spinell, elektromullit elemzéseket végeznek. (Winkler Péter) A 12. táblázaton láthatók a labor berendezései. Sokféle készülékük van, néhányat közülük, pl. az ICP-AES készüléket, a szedigráfot vagy az ionkromatográfot az Aluterv-FKI-től vették, de magyar gyártmányú műszereik is vannak. Nem akkreditált labor, de a cég ISO-9002 szerint működik. Nyersanyagok és termékek mérése folyik, valamint gyártásközi ellenőrzés. Néhány dolgot ki kellene cserélni, pl. spektrográfot spektrométerre, de megfelelő színvonalon működő ipari labor ez.

A felsorolt példák mellett megemlítendő még, hogy az utóbbi 8 évben

12. táblázat

## MOTIM Timföld és Alumíniumipari Kft műszerei

- 1 db XRF spektrométer: ASA-1024 Atomki gyártmány, energiaszelektív
- 1 db neutronaktivációs berendezés: MTA-1527 bauxitelemző
- 1 db XRF spektrométer: ARL 8480 szimultán-szekvens
- 1 db ICP-AES spektrométer: ARL-típusú, szimultán-szekvens, felújított, új szoftver
- 1 db C-, S-elemző készülék: LECO
- 1 db spektrográf: Q-24 váltóáramú ívgerjesztéssel
- 1 db ionkromatográf: Bio-Rad
- 1 db Szedigráf
- 1 db lézerdiffrakciós szemcseelemző: Malvern

10 db Hilger gyártmányú szikra spektrométert helyeztek üzembe olyan öntödékben és kohászati üzemekben, ahol ezekkel a készülékekkel oldják meg a gyártásközi ellenőrzést, és a végeredmények analizését. Így a Ganz-Mávag-Soroksári Vasöntöde, az Egri Vasöntöde, a Salgótarjáni

Kohászati Üzem, a Szolnoki Mezőgép, a Mofém Csornai Színesfém Öntöde, a Kecskeméti Alumíniumipari Szövetkezet, az Orosházi Alföldi Kőolajipari Gépgyár, a Salgótarjáni Acélárugyár, illetve az Inotai Bauxitbányák Vállalata.

A Nemesfémvizsgáló Rt. még a fémanalitika egyik fontos szereplője. ICP-AES módszerrel elemeznek nemesfémeket (Au, Pd, Rh). Készülék: ULTRACE JY ICP-AES berendezés.

A fémanalitikáról általánosan elmondható, hogy megoldandó feladat a kis öntödék helyzete. Ezeknél egyre nagyobb gondot okoz a korrek analitika hiánya. A klasszikus vizsgálatokra egyre kevesebb ember maradt, egyre kevesebben értenek hozzá, spektrométerek beszerzésére pedig nincs módjuk ezeknek a kis öntödéknek, illetve nincs meg a méréshez a szakértelmük. Komoly feladat lenne olyan analitika kidolgozása, ahol a technikus az öntés során be tud avatkozni.

Végezetül köszönetet szeretnék mondani dr. Vorsatz Brunó professzor úrnak, a Fémanalitikai Szakcsoport korábbi elnökének értékes tanácsaiért, és az előadásban érintett laboratóriumok munkatársainak, vezetőinek a szükséges információk rendelkezésre bocsátásáért.

## Elemanalitikai feladatainak gyors, megbízható és gazdaságos megoldásához korszerű, számítógéppel vezérelt, egyszerűen programozható spektrométereket kínál a TESTOR

A mobil ARC-MET 900 S&P és a hordozható ARC-MET 930 S&P optikai emissziós spektrométerekkel egyszerű programváltással a fémötvözetek sokféle fajtáját elemezheti. **Meghatározhatja** az acélok legfontosabb ötvözőjét, **a karbont** és a szennyezői közül **a foszfort és a kenet is**, mégpedig laborpontossággal néhány perc alatt!

Az ARC-MET spektrométerek előnyösen alkalmazhatók például:

- karbantartások minőségbiztosítási feladataihoz, megelőzve az

esetleges anyagcserélésből adódó károkat, üzemzavarokat például az erőművi, vegyipari, technológiai berendezések javításakor;

- acél- és fémöntödékekben a betét összeállításához és az adagvezetéshez; műbizonylatok kiállításához;
- a beérkező szállítmányok gyors ellenőrzéséhez;
- az acél-, a fémötvözet-, illetve a fémhulladék-kereskedelemben azonosításra és az elvesztett vagy hiányos műbizonylatok pótlására.

Kérjen ajánlatot! **TESTOR** – Budapest XII., Meredek u. 45. • Telefon: 319-4728 • Fax: 319-2284

## HÍREK

### Szerkezetek integritása a hálózaton

Az Elsevier Science kiadó új on-line szolgáltatása a **Structural Integrity Network SiNET** nyolc jelentős témakörrel nyújt átfogó információkat a szerkezetek épsége (integritása) iránt érdeklődőknek, mégpedig:

- a SiAlert a kiadó gondozásában megjelenő nyolc folyóirat: az Engineering Failure Analysis, az Engineering Fracture Mechanics, az International Journal of Fatigue, az International Journal of Impact Engineering, az NDT & E International, a Theoretical and Applied Fracture Mechanics, a Tribology International and Wear tartalomjegyzékét és a közlemények rövid kivonatait közli.

Ezt a szolgáltatást díjmentesen ki lehet próbálni. Bejelentkezés a <http://www.elsevier.nl/locate/SiNET> címen.

- a SiCommunications – a közleményekről,
- a SiPublications – a kiadványokról, könyvekről,
- a SiConference – a rendezvényekről,
- a SiPublishing Services – a kiadói szolgáltatásokról,
- a SeNews – a szakterület híreiről,
- a SiWho s Who – a szakértőkről és
- a SiFeedback – a visszacsatolásokról ad információkat.

Az érdeklődők részletes tájékoztatást kaphatnak:

Mark Lester, Global Marketing Elsevier Science, Tel.: +44 0 1865 843177, fax: +44 0 1865 843929, E-mail: [m.lester@elsevier.co.uk](mailto:m.lester@elsevier.co.uk)



### ASME-szeminárium Budapesten

A Gépipari Tudományos Egyesület és az ASME, az Amerikai Gépészmérnökök Egyesülete közötti együttműködés keretében május 25-én szemináriumot tartottak a Budapesti Műszaki Egyetemen.

Matolcsy Mátyás, a GTE elnöke megnyitójában hangsúlyozta, hogy a magyar ipar szerkezet- és tulajdonosváltását követően növekszik a két egyesület közötti együttműködés jelentősége. Ginzler János, a BME rektorhelyettese köszöntőjében kiemelte: ez az első alkalom, hogy az ASME magas szinten képviselteti magát hazánkban.

Gad Hetsroni, az ASME alelnöke bevezetőjében a gazdaság globalizálására hívta fel a figyelmet, amely igényli a műszaki tudományos együttműködést, az eredmények integrálását és a technikai követelmények egyeztetését.

Michael Michaud, a nemzetközi kapcsolatok igazgatója az ASME szervezetét ismertette. Egyesületüknek a világ 13 régiójában mintegy 125 ezer tagja van, ebből 24 ezer az egyetemista. Évente 30 konferenciát és 200 továbbképző tanfolyamot szerveznek. Jelentős a műszaki kiadói és a szabványosítási tevékenységük.

A bevezető előadásokat követően – a szeminárium meghirdetett témájával összhangban – Martin Koenig instruktorként az ASME szabályzatokról és az ASME akkreditálási eljárásról tartott többrészes előadást. Az elhangzottak a Technical seminars című ASME-kiadványban részben megtalálhatók.

Az érdeklődőknek ajánljuk, hogy vegyék fel a kapcsolatot az ASME hazai képviselőjével, dr. Váradi Károly műegyetemi docenssel, e-mail: [varadi@eih.bme.hu](mailto:varadi@eih.bme.hu).

# Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában

## 5. rész: Az anyagvizsgálatok költség-sajátosságai a minőségügyi rendszerekben

Dr. Koczor Zoltán – Marschall Marcell

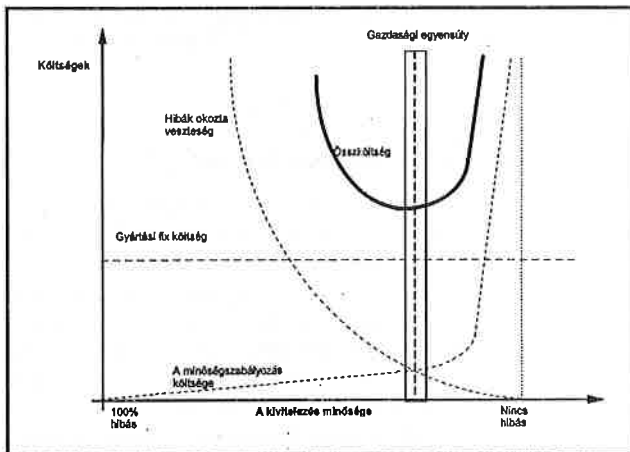
### Az anyagvizsgálatok és a minőségköltségek

#### A minőségköltségek értelmezése

Könnyen belátható, hogy a minőségnek és a költségeknek szoros kapcsolata van. Gyakori megjegyzés az erőforrás-korlátos cégeknél, hogy könnyű ott minőséget létrehozni, ahol minden feltétel adott hozzá. Ugyanakkor csak a minőség jelszaváért ritkán hajlandó valamely tulajdonos komoly összegeket áldozni, sőt jogos az elvárása, hogy a minőségügyi tevékenység önmagában is nyereséget jelentsen. Ha jól értelmezzük a minőséget és a minőséggel összefüggő költségeket, úgy a befektetések és a jó helyre történő befektetésekből származó megtakarítások valóban nyereségként kezelhetők.

Mindenki érzi, hogy egy atomerőmű vezetékeinek használatba vétel előtti repedésvizsgálata mekkora haszonnal jár egy baleset-höz képest, illetve, hogy a nyomkövetés és visszavezethetőségi rend kidolgozása hogyan szüntethet meg nagy reklamációs költséget jelentő hibaokokat.

Ismert, viszonylagosan stabil piaci elvárások között ezek a költségek akkor is nagyok, ha a gyenge minőség létrehozása miatt ugyan keveset költünk az értékteremtésre, de sokba kerül a hibák elhárítása, és akkor is, ha a piac által el nem várt minőségért áldozunk túl sokat. A költségeknek létezik minimuma, mely a piaci elvárások pontos ismerete és a hatékony minőségteremtés révén érhető el. (1. ábra)

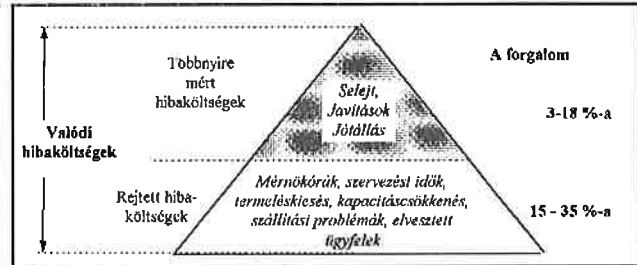


1. ábra. A szolgáltatási összköltség alakulása a „tökéletesség” függvényében

A minőséggel kapcsolatos költségek mérése egyszerre alkalmas arra, hogy  
 – a minőségügyi tevékenység hasznát mérje, megfelelő motivációt adva ezzel,  
 – a folyamatok állapotát és a beavatkozások indokoltságát és sikerességét mérje.

Tudomásul kell azonban venni, hogy a minőség hiányával összefüggő költségek gyakran nem azonosak a könyvelési és a pénzügyi kontrolling rovatok értékeivel, nem is határozhatóak meg mindig közvetlenül, áttételes hatásokkal kell számolni. A minőség hiányából származó tényleges költségeknek túlnyomó része rejtett költség. (2. ábra)

Ezeknek a költségeknek — úgymint a selejtek, a javításoknak és a jótállásnak — az ipari átlaga a forgalom 0-6%-a. A piramis alsó, sokkal

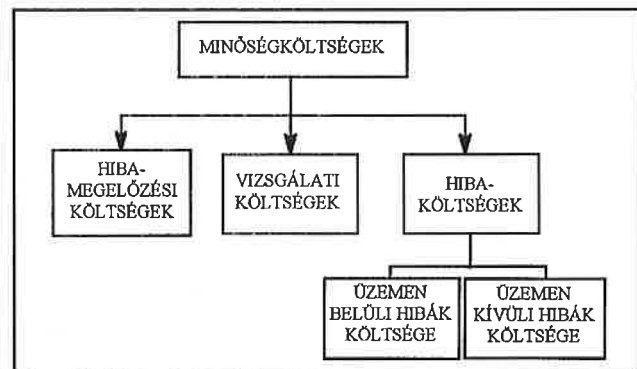


2. ábra. A mért és rejtett hibaköltségek aránya egy távközlési szolgáltatónál

nagyobb része a gyenge minőség rejtett költségeit jelképezi. Erre példa a felmerülő problémák megoldásához szükséges mérnöki és menedzsmentidő, elvesztett rendelések stb. Ezeknek a rejtett költségeknek az átlaga - egyes felmérések szerint - az iparban 15-35% vagy még több.

#### A minőségköltségek fajtái

A minőség hiányából származtatható költségfajtákat a 3. ábra szerint célszerű csoportosítani.



3. ábra. A minőségköltségek felosztása

Cikksorozatunk szempontjából elsősorban azok a költségek érdekesek, amelyek az anyagvizsgálatokkal van összefüggésben. Az egyes költségnemek fontosabb elemeit megemlíjtük, részletezni azonban csak az anyagvizsgálatokkal vélhetően összefüggő költségelemeket fogjuk.

#### A hibamegelőzési költségek

Ezek az olyan eljárások és tevékenységek során keletkező költségek, amelyeknek kifejezett célja a gyenge minőségű termékek és szolgáltatások megelőzése. Ilyen tevékenységek:

- a helyszíni próbák
- a beszállítói felülvizsgálat, értékelés
- a beszállított termék minőségtervezése
- a termék minőségtervezése
- a tervezési és termék felülvizsgálatok (Végső tervezési felülvizsgálatok közti ellenőrzés költsége annak megállapítására, hogy a termék vagy szolgáltatás megfelel-e a fogyasztói igényeknek.),
- a minőségügyi oktatások,
- a minőségügyi dokumentálás,
- a minőségi rendszerek auditja,
- a piackutatás,
- a vevői elégedettség mérése,
- a termékértékelés (-tanúsítás) (A felhasználói elvárások felmérése és folyamatos értékelésének költsége, beleértve a megbízhatóságra és teljesítményre vonatkozó visszajelzéseket.),

- a szerződés-felülvizsgálat és
- telepítések esetén a helyszíni bemérések.

## Vizsgálati és értékelési költségek:

Ezek a termékek és szolgáltatások illetve folyamatok mérésével, értékelésével és vizsgálatával kapcsolatos költségek a minőségi és teljesítménynormáknak való megfelelés biztosítására.

- **általános beszerzési költségek** (A beszerzett készletek, anyagok vagy szolgáltatások alkalmazhatóságának meghatározására végzett ellenőrzések, illetve vizsgálatok során keletkező költségek.)

- **átvételi vizsgálatok** (A beszerzett termékeken, illetve szolgáltatásokon végzett összes rutin- vagy különvizsgálat költsége (pl. előszűrési vizsgálatok költsége).)

- **idegenáru ellenőrzések műszer költségei** (A beszerzett termékek vagy szolgáltatások értékelésére használt berendezések és mérőműszerek beszerzésének, amortizációjának, hitelesítésének és karbantartásának költsége.)

- **műszerek karbantartási és kalibrálási költségei** (A követelményeknek való megfelelést biztosító eljárások, folyamatok, szolgáltatások vagy termékek értékelésére használt mindenféle mérőműszerek vagy ellenőrző berendezések karbantartásával és hitelesítésével kapcsolatos munka- vagy szolgáltatási költségek.)

- **beszállítói termék módosítása, minősítése,**

- **termék és ellenőrző programok** (Mindenemű vállalati költség (beleértve utazást), mely a beszállítói termékek módosításával kapcsolatos bármiféle tevékenység során merül fel.)

- **helyszíni teljesítmény értékelése,**

- **A termék- vagy szolgáltatás minőségi vizsgálata** (A folyamat során vagy a készterméken vagy -szolgáltatáson végzett minőségi minőségellenőrzéssel és -igazolással kapcsolatos kiadások.)

- Különleges helyszíni vizsgálatok

- Külső jóváhagyás

- Adatgyűjtés, -feldolgozás és -tárolás

## Belső hibaköltség

„A belső hibaköltségek olyan költségek, amelyek a termékek vagy szolgáltatások minőségi követelményeinek nem teljesítéséből még a kiszállítás előtt keletkeznek.” (ISO 9004/6.3.2.b) Ide sorolható valamennyi a minőségbiztosított folyamat során tapasztalt hiba – pl. a mérések hibái – kijavításának költsége, ha az az átadás előtt realizálódik.

## Külső hibaköltségek

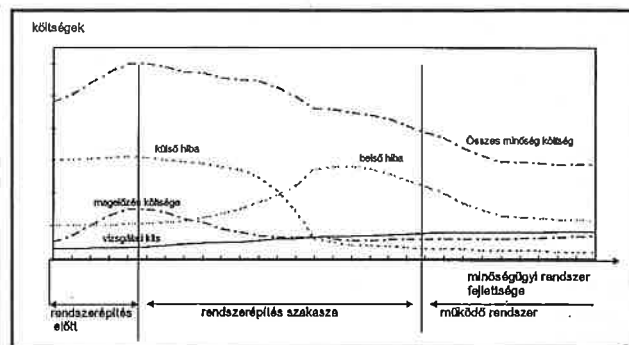
Az abból adódó költségek, hogy a termékek vagy a szolgáltatások nem felelnek meg a követelményeknek vagy a fogyasztói igényeknek. A külső hibaköltségek az után merülnek föl, hogy a terméket leszállították a fogyasztónak vagy az a szolgáltatást igénybe vette. Ilyen költségek:

- Panaszvizsgálás / ügyfélszolgálat,
- Visszaküldött áru
- Az üzembe helyezést követő utólagos fejlesztési költségek
- Visszavonási költségek
- Jótállási ügyek,
- Termékgarancia
- Szavatossági költségek
- Kötvételek
- Ügyfél / felhasználó goodwill-je
- Elvesztett üzletkötések, eladások

## A minőségköltségek változása a rendszerépítés során

A minőségköltségek mértéke és összetétele változik a rendszerépítés, -bevezetés és működés folyamán. A tapasztalatok szerint a minőségköltségek jelentősen átstrukturálódnak a minőségügyi fejlődés közben. (4. ábra) Kezdetben a külső hibaköltségek zuhanásszerűen csökkenést mutatnak, mert a rendszer életre keltésével a hibákat már házon belül észreveszük és nem a vevő a „külső” minőségellenőr. Ennek következtében a belső hibaköltségek először megnövekednek, később azonban ahogy a vizsgálati és hibamegelőző tevékenységek hatékonyan kezdenek működni, a belső hibaköltségek csökkennek. A belső hibaköltségeknél adódó megtakarítások az összes minőségköltség csökkenését eredményezik a vizsgálati és megelőzési költségek növekedése ellenére.

A megelőzési költségek görbéje a rendszerépítés kezdetén és során egy erős kiugrást mutat. A rendszerépítéssel kapcsolatos meg-



4. ábra. A minőségköltségek összetevőinek alakulása a minőségügyi rendszer fejlődése során

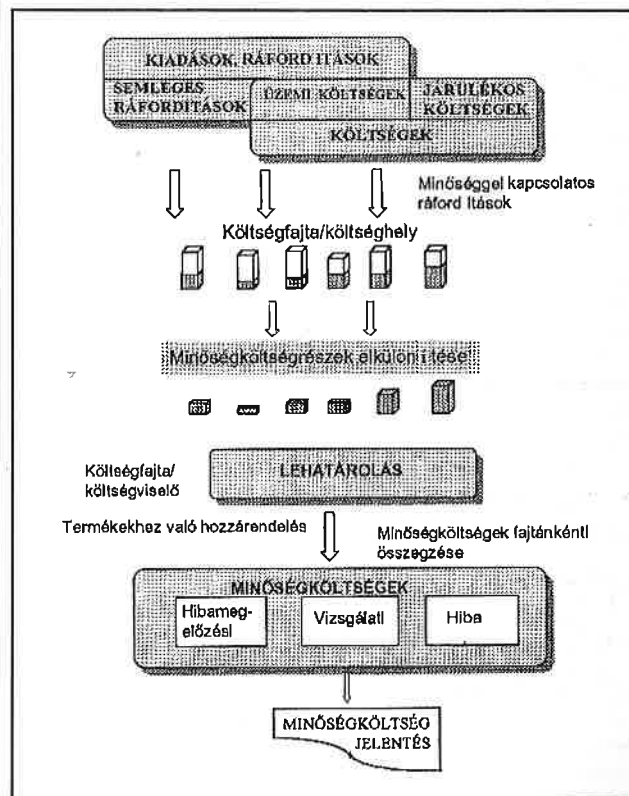
növekedett kiadások, mint a képzési és dokumentációs költségek, a külső tanácsadók díjazása, a rendszer kialakításával természetesen a költségvetés szervezési, szerzési költségei, valamint az audit költségei okozzák a megelőzési költség hirtelen növekedését. A kezdetben növekedő költségek később összességükben csökkennek és a rendszer beáll egy gazdaságos működési szintre. Ahogyan a rendszer fejlődik a költségmegtakarítás tartósan mérhető. A jól tervezett és működtetett minőségügyi rendszereknél a kezdeti, akár 20-25%-os minőségköltség (értékesítési bevételek arányában számolva) 6-8 % alá csökkenhet.

## A minőségköltségek meghatározásának módja

Mivel a minőségköltségek a minőségügy sajátosságai szerint bontottuk fajtákra, problémát jelent, hogy a szokványos költségnemek szerint történjen meg a tördelése. Ilyen szokványos költségnemek tekintjük például a bér-, az anyag- és a rezsiköltségeket.

Ha a gyűjtés során egy-egy költségfajtát ki akarunk számítani, – hogy a rejtett minőségköltségek aránya minél kisebb legyen – szükség a költségnemenkénti bontás.

Újabb dimenziót jelent a költségelemzésnél és a visszacsatolásoknál a költségek keletkezési helyének az azonosítása. Ez területenként (szervezeti egységenként) történhet, de azon belül is bontható. Egyes esetekben célszerű a területeket folyamatokkal azonosítani (5. ábra).



5. ábra. A minőségköltségek meghatározásának sémája

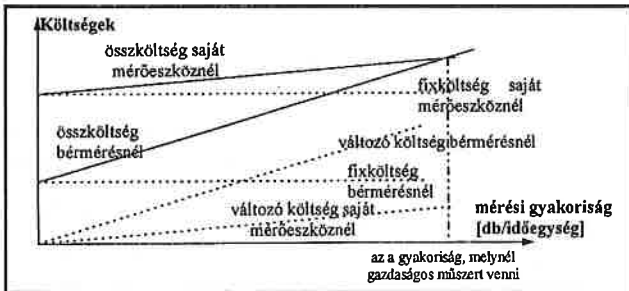
## Az anyagvizsgálatok költség szerinti értékelése

A mérőeszközrendszer és a mérési feladatok meghatározásánál felvetődik a kérdés:

- vegyünk-e műszert vagy végeztessünk bémérést,
- olcsó vagy drágább műszer szükséges-e,
- magunk kalibráljunk vagy vegyünk igénybe szolgáltatásokat szakemberektől?

Amennyiben a minőségköltségek alapján sikerül meghatározni egy mérési gyakoriságot (nem csak az előírt méréseket, hanem a lehetséges fejlesztések, kísérletek, hibák utáni újramérés eseteit is beleszámolva), úgy a mérőeszközökre vonatkozó döntéseket gazdaságilag az alábbi egyszerűsített modellel érdemes előkészíteni. A változatokat a gyakoriság ismeretében, mint költség alternatívákat érdemes kidolgozni és összehasonlítani. Ez könnyű az ismert vagy becsülhető költségnemekre (beszerzésekre, bérszolgáltatásokra), nehezebb a megoldásokkal járó kockázatok és költségekkel csak szubjektíven azonosítható tételeknél (piac- vagy presztízsvetés).

A mérésekkel kapcsolatos gazdasági döntésekhez több olyan adatra van szükség, melyek a korábbi gyakorlatból, illetve a vélhető szükségletek becslésével határozható meg. Ezek közül az információk közül a „magunk mérjük vagy rendeljük meg?” kérdéshez legfontosabbak a mérlegkészítésnél használt jelleg szerint besorolt költségek (6. ábra), mégpedig:



6. ábra. Megtérülési modell

- a mérési gyakoriságtól független vagy első körben függetlennek tekintendők javasolt költségek, mint
- a mérőeszközök beszerzési ára és a telepítési költségek, vagy amortizációs költségek,
- a mérőeszköz-felügyeleti, kalibrációs (amennyiben nem esetenkénti kalibrálásra kerül sor) és hitelesítési költségek,
- a kapcsolattartási költségek (beszállítói nyilvántartás, szerződések...) a bémérővel;
- a mérési gyakoriságtól közel arányosan függő vagy első körben ilyennek tekintendők javasolt költségek, mint a mérést végzők munkabére és a bémérés költsége.

Hasonlóan és talán gyakrabban megoldandó dilemma, hogy magunk kalibráljunk, vagy bízunk meg akkreditált labort ezzel. Itt az előbbi elemek analóg megfelelőjén túl azonban feltétlenül számolni kell a saját kalibrálásnál fenntartandó etalon költségeivel is.

A vázolt modell nem tartalmazza azt a tényt, hogy a műszerek tönkremennek és a meghibásodnak. Pedig mind költség, mind a mérésekkel összefüggő biztonság szempontjából meghatározó a mérőeszközök megbízhatósága.

## A műszerek élettartama és megbízhatósága

### A megbízhatóság fogalma

Gyakran gondoljuk, hogy a mérőeszközökkel szemben megfogalmazott elvárások csak az átadás-átvétel pillanatában értékelhető tulajdonságokra vonatkoznak. Valójában a mérőeszközök sajátosságai felhasználásuk során is változó jelleggel rendelkeznek. Ezen változásnak csak egy részét lehet a kalibrálások, műszerápolások keretében megoldani.

A minőség idővonatkozású szempontjai közül a legfontosabb a megbízhatóság. A megbízhatóság olyan gyűjtőfogalom, mely a használhatóságot jellemzi az azt befolyásoló tényezők, azaz a hibamentesség,

a karbantartathatóság, és a karbantartással való ellátottság figyelembe vételével<sup>1</sup>.

A megbízhatóság más értelemben (a hibamentesség) a mérőeszközöknek azon képessége, hogy előírt funkcióját adott feltételek között, az adott időszakban képes-e ellátni. Az összehasonlításokhoz általában feltételezzük, hogy a mérőeszköz az időszak kezdőpontján olyan állapotban van, hogy funkcióját képes ellátni.

A megbízhatóságot elemeire bontva, terméktípusonként a következő fogalmak válnak értelmezendővé (7. ábra):



7. ábra. A megbízhatóság értelmezése

Az eszközöknek az a képessége, hogy adott időpontban valamennyi meghatározott funkcióját képes betölteni.

**Hibamentesség:** Az eszközöknek az a képessége, hogy adott időpontban, vagy adott időszakban ellátja előírt funkcióját, feltéve, hogy a szükséges külső erőforrások rendelkezésre állnak.

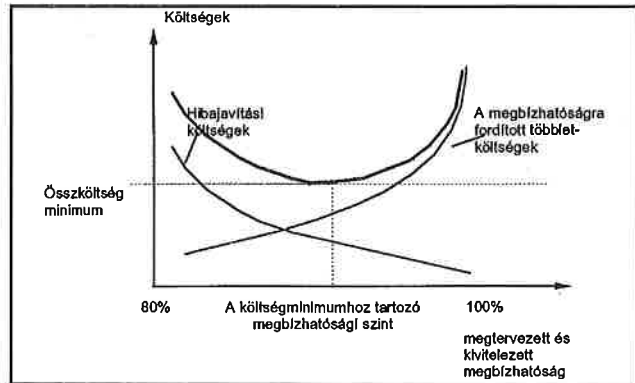
**Használhatóság:** A mérőeszközöknek az a képessége, hogy adott időpontban, vagy adott időszakban ellátja előírt funkcióját, feltéve, hogy a szükséges külső erőforrások rendelkezésre állnak.

**Tartósság:** A termékek az a képessége, hogy előírt funkcióját a határállapot bekövetkezéséig, a használat és karbantartás adott feltételei között ellátja.

**Karbantartathatóság:** A mérőeszközöknek az a tulajdonsága, hogy meghatározott használati feltételek között olyan állapotban tartható, illetve olyan állapotba állítható vissza (pl. belátható időtartamú nagyjavításokkal), amelyben előírt funkcióját teljesíteni tudja, ha karbantartását adott feltételek között és az előírt eljárások, valamint erőforrások felhasználásával végzik el.

**A karbantartással való ellátottság:** A mérőeszközök mellé nyújtott szolgáltatás, amely biztosítja az állapotfenntartást vagy a meghibásodó termék olyan helyettesítését, pótlását, kijavítását, amely a funkció ellátásában belátható, maximált kockázatot jelent.

Amennyiben a mérőeszközök megbízhatósága az eszköz kiválasztási folyamatának tudatos részévé válik – például a költségek optimalizálásával (8. ábra) –, úgy ezzel együtt jár



8. ábra. A megbízhatóságra fordított költségek optimalizálási modellje

- a mérések minőségi javulása (a vevői igénypontok pontosabb kielégítése),
- a váratlan meghibásodások mennyiségi csökkenése, a megfelelő üzemfenntartás kialakítása,
- a megfelelő szervizszolgáltatás kidolgozása, a szükséges és elégséges tartalom alkatrészek előállítása és biztosítása,
- az alkatrészek, a mérőrendszer élettartam szempontjából való egyensúlyosság kialakítása,
- a kártérítési kiadások csökkenése.

<sup>1</sup> Az MSZ EN ISO 8402:1996 és az IEC 50 (191) alapján.

**A működőképesség, mint a megbízhatóság legfontosabb összetevője**

A vevő (a mérőeszköz beszerzője) jogosan várja el, hogy a gyártó törekedjen a termékek megbízhatóságával kapcsolatban arra a leggazdaságosabb szintre, amely a javítás, vagy a tönkremenetelig tartó élettartammal, a javítási és kiesési költségekkel függ össze. Adott gazdasági környezetben létezik a vevő minőségromlás miatt elszenvedett veszteségéből és a megbízhatóság létrehozásának költségéből összesített értéknek optimuma. A megbízhatóság fokozására befektetett többlet beruházás egy bizonyos megbízhatósági szintig nagyobb értékű, mint a kiváltott garanciális javítási, kártérítési és a vevők elfordulásával járó veszteség (8. ábra).

A probléma jellege miatt gondot jelent a vevő számára, hogy a termékjellemzők időbeli tartóssága a vásárlás pillanatában csak remélhető, a bizalom alapján megítélhető tulajdonság, ezért alakult ki sokféle garanciális és szavatossági konstrukció. A termékek használat során mutatott tulajdonságváltozása különböző sebességű lehet, és néhány kivételtől eltekintve („bejárás”, „összedolgozás”, „érés” ...) általában romló tendenciát mutat.

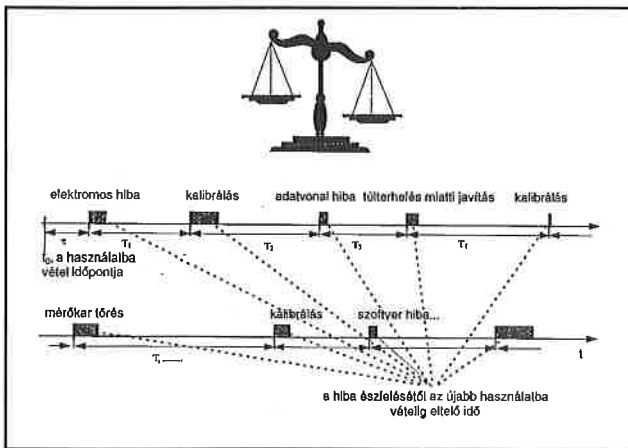
A megbízhatóság számszerűsítésére alkalmasak

- a terméknek a vizsgált időpontban való rendelkezésre állásának statisztikája,
- a hibamentes működés időtartamára vonatkozó statisztikák, valamint
- a hibamegszüntetés jellemző időstatisztikája.

A bemikrofonozott mérőteremben a felszerelt mikrofonok megbízhatóságát mérhetjük az adott pillanatban működő és az összes mikrofon részarányával. A bémérések árát befolyásoló üzemeltetési költségek szempontjából az egyes mikrofonok várható élettartama, vagyis a hibamentes működés jellemző időtartama lesz érdekes. Amennyiben egy-egy mikrofon tönkremenetele a mérési eredményt zavarja össze, úgy a mérés átlagos időtartama alatt tönkremenő mikrofonok száma is fontos jellemző lehet. A teljes terembérlés szempontjából fontos adat a hibás mikrofonok cseréjéhez tartozó időtartam is.

A hibamentes időtartam kifejezésénél eltérő fogalmakat kell alkalmazni a tönkremenetel szempontjából „kétállapotú” mérőeszközök és a javítható és a javítás után újra funkcionáló mérőeszközök esetében.

A meghibásodásig eltelt közepes időtartam, amit gyakran jelölnek MTTF-fel (mean time to failure) mint a megbízhatóság statisztikája használható. Kétállapotú termékekre ez az időszak a jellemző élettartam (közepes élettartam) is. Javítható termékek esetében a meghibásodások közti közepes időtartam MTBF (mean time between failure), és az első meghibásodásig eltelt közepes időtartam MTTF (mean time to first failure) is használható a megbízhatóság számszerűsítésére.



9. ábra. Egy képzeletbeli mérlegrendszer meghibásodási és javítási időintervallumai

MTTF értékét az első beavatkozások időpontjának átlagolásával lehet meghatározni ( $\tau$ -k átlaga), melyet egy széria valamennyi mérlegére vagy szakítógépére összegyűjtöttek. MTTF értéke a  $T_1$ -k átlagolásával kapható meg. MTTR a javítások időtartamát jelképező dobozok szélességi értékeinek átlagaként képezhető el.

A karbantartás jellemzőnek számontartására a hiba megjelenésétől a megjavításig eltelt közepes időtartam MTTR (mean time to repair) alkalmas. Az egyes jellemző időtartamok meghatározásához szükséges adatok és azok viszonya a 9. ábrán látható.

A felsorolt mutatók alkalmasak arra is, hogy a készenléti tényező, vagyis az adott pillanatban rendelkezésre álló részarányt, vagy a rendelkezésre állás valószínűségét fejezzük ki a felhasználásukkal:

$$K(t) = P[\text{A vizsgált időpontban az eszköz működőképes}] = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

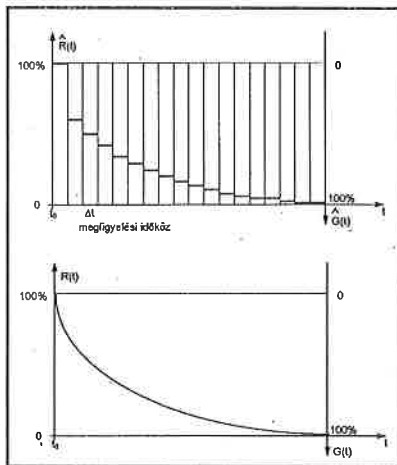
A mérőeszközök megbízhatóságának növelése érdekében a felsorolt statisztikákat a probléma fajtának leginkább megfelelő adatfelvételezésel (műszernapló) szokták felvenni.

A minőségi jellemző változása fokozatos értékcsökkenésként, esetenként hirtelen tönkremenetelként jelentkezik. Megbízhatóság alatt azt a valószínűséget értjük, hogy a mérőeszköz (az egyed) az előírt (elvárt) minőségjellemzőjét meghatározott feltételek között adott ideig megtartja. Nemcsak a termékek elhasználódási, tönkremeneteli „hajlandóságát” nehéz előzetesen meghatározni, hanem az ezt kiváltó véletlen és törvényszerű hatásokat (pl. túlterhelések, műszerlejtés...) is csak hozzávetőlegesen becsülhetjük. Ezért a termékek élettartamát valószínűségi változóként kezeljük.

**Az élettartam számszerűsítése**

A jelenségek statisztikai leírására a használatba vett „kétállapotú” állománynak az a része használható, mely meghibásodott. Ennek fajlagosított értéke a kiesési részarány. Ha át akarunk térni a megbízhatóság statisztikai tárgyalására, ehhez rendelhető az a matematikai formában megadható függvény, mely a kiesés valószínűségét adja meg (10. ábra). A kiesett termékegyedek komplementer halmaza az adott időpontban még működő egyedek halmaza. Ezt a túlélési valószínűséggel fejezhetjük ki:

$$R(t) = 1 - G(t)$$



10. ábra. A kiesési részarány és a kiesési valószínűség ábrázolása

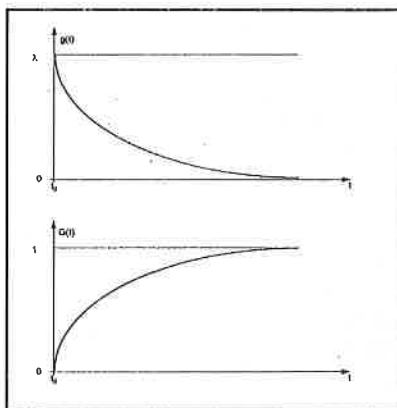
A kiesések számának időegységre vonatkozó értékét kiesési gyakoriságnak nevezzük. Ennek értéke a kiesési valószínűség függvény idő szerinti deriváltja:

$$g(t) = \frac{dG(t)}{dt}$$

Egy jellegzetes és a véletlenszerű kiesések természetrajzát is tükröző elméleti eloszlás és sűrűségfüggvény az exponenciális-eloszlás. A kiesési valószínűségfüggvény, mint eloszlási függvény, a kiesési sűrűség, mint valószínűségi sűrűségfüggvény értelmezhető és értéke (11. ábra):

$$G(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \text{ illetve } g(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$

Az üzembe állított termékek, illetve a próba-terhelések során tesztelt termékek tönkremeneteli jellemzői azonban gyakran nem, vagy csak időszakosan illeszkednek az exponenciális függvény lefutásához. Ezért egy



11. ábra. A kiesések valószínűségi leírása

általánosabb (több paraméterrel a valósághoz illeszthető) sűrűségfüggvényre van szükségünk. Ez az eloszlás a Weibull-eloszlás.

$$\text{A kiesési sűrűségfüggvény } e \text{ szerint: } g(t) = \frac{b}{T} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$$

$$\text{a kiesési valószínűség függvény pedig } G(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$$

Az így kapott összetettebb függvény megfelelő paraméterválasztással ( $b = 1$ ) az exponenciális, de más értékek mellett a normális, vagy a lognormális eloszláshoz közelítő eloszlást is adhatja.

Mivel az időegységre eső kiesések a megfigyelt állomány csökkenése miatt általában csökkenő értéket mutatnak, a kiesési gyakoriságok összehasonlításakor különböző meredekségű görbéről kell meghatározni a kiesések intenzitását és ellenőrizni a görbe exponenciális jellegét, ami egyszerre nehezen végezhető el. Ezért célszerű további fajlagosítással elemezni az eloszlást.

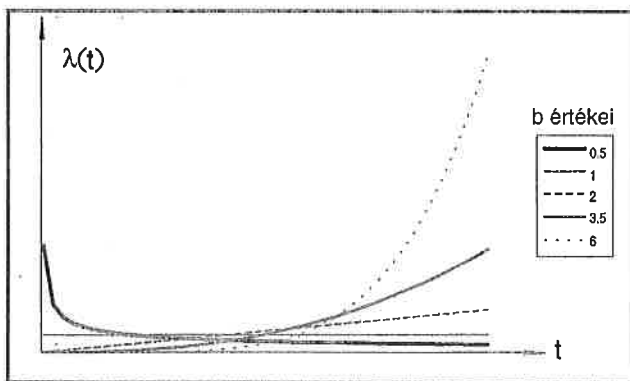
Ha nem a kezdeti állomány mennyiségére fajlagosítjuk az időegység alatt kieső egyedek részarányát, hanem a még megmaradó (működő) állományra, úgy egy új mennyiséget kapunk, amit *kiesési rátának*, vagy *kiesési részarányának*  $\lambda(t)$  nevezünk.

$$\lambda(t) = \frac{g(t)}{1 - G(t)}$$

A kiesési valószínűség tapasztalattal megfeleltethető függvényei nemcsak a várható kiesési részarányokra adnak előrejelzést, hanem segítségével a kiesések okaira is következtetéseket lehet tenni.

A kiesési ráta a Weibull-eloszlás esetén  $\lambda(t) = \frac{b}{T} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{b-1}$  összefüggés szerint alakul.

A „ $b$ ” eltérő értékeinél a kiesési ráta alakja már nemcsak a csökkenési sebességben különbözik, hanem az 1-nél kisebb értékeknél csökkenés, az 1-nél nagyobbaknál növekedés figyelhető meg a görbe lefutásában (12. ábra):



12. ábra. A kiesési ráta lehetséges változásai

## Az értékelésből levonható gyakorlati következtetések

Egy termékhalmoz (állomány) eltérő kiesési rátával jellemezhető időszakai az alábbi oknyomozásra, illetve értelmezésre adnak jogalapot:

A  $b < 1$  értékeinél (a kiesési ráta függvénye csökkenő) a használatba vétel kezdeti szakaszán mutatkozik a még megmaradó állományra vonatkoztatva is jelentős kiesés. Ennek vélhető okait a gyártás fel nem fedett, de a működés során hibát okozó gyengeségeiben kereshetjük. Az ilyen statisztikát mutató termékeknél ezt az időszakot „korai kiesések” szakaszának szokták nevezni.

A  $b = 1$  értéket mutató időszakokban (a kiesési ráta függvénye állandó) a kiesések a még megmaradt állományra vonatkozóan egyenletes (időegységenként azonos %-a esik ki a még működő termékeknek), ezért ez elsősorban a termék felhasználási környezetét jellemzi. Az itt tapasztalható magasabb értékek a termék használata során jelentkező nagyobb kockázatára utalnak.

Ha az eladott mérlegek a kezdeti szervizeken túl vannak, a kiesések egyenletes szakasza inkább minősíti az adott iparág vagy

térség mérési kultúráját, mint a gyártás során elkövetett hibákat (túlterhelés, ápolás, avatatlan kezek, a mérések gyakorisága).

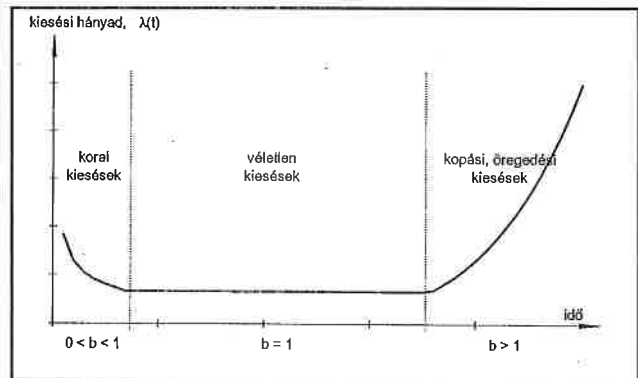
Ennek a szakasznak az értékelése a termék-előállítót a tervezés szempontjainak felülvizsgálatára készítheti.

A  $b > 1$  értékeknél (a kiesési ráta függvénye növekvő) a még megmaradt állományra vonatkoztatva egyre nagyobb a kiesések aránya, ami legtöbbször a termék használatával összefüggő tulajdonságmúlásával magyarázható.

A termékekben felhasznált anyagok kopása, öregedése az ami karakteresen ilyen jelenségeket mutathat.

Mind ez a jól és egymással is összhangban történő anyag és technológia megválasztására adhat fontos következtetéseket.

A jelenségek elemzéséhez a termékek jellegzetes kiesési ráta függvényét határozzák meg. Ennek alakja gyakran mindhárom jellegzetes szakasz követelményeit viseli, ezért ezt a görbét gyakran nevezik *kádgörbének* (13. ábra).



13. ábra. A termékek jellegzetes kiesési görbéje: a kádgörbe

A jellegzetes szakaszok idő szerinti meghatározása és a szakaszok jellegzetes paraméterei műszaki és marketingdöntések egész sorát indíthatja meg.

A korai kiesések jelentős értékei esetén pl. több és behatóbb vizsgálatra, melegüzemi járatásokra (L. mérőautomaták, folyamatos mérések...) van szükség. A véletlen kiesések szakaszának magas 1 értékénél pl. alaposabb és hatásosabb vevői tájékoztatást (műszerkönyv) kell biztosítani. Az öregedési kiesések esetében az öregedési mechanizmus felmérése és elhárítása szükséges.

A termékek megbízhatóságának kiértékelése rendszeresen szükséges, ennek érdekében a viszonylag bonyolult matematikai problémákat a gyakorlat számára könnyen kezelhető kiértékelő lapok és számítógépes eljárások segítik.

Amennyiben mérőeszköz hiánya jelentős kockázatot jelent, illetve a termékek kiszállítása nem lehetséges a vizsgálati eredmények nélkül, úgy a mérőeszközök rendelkezésre állását közel egy valószínűséggel kell biztosítani. Ezt a tartalék műszerek, illetve alkatrészek (redundancia-tervezés) vagy korszerű karbantartási diagnosztikával lehet elérni (tervszerű megelőző karbantartás vagy állapotfigyelő karbantartás). A mérőeszközök állapotfigyelési diagnosztikájának gazdag tárháza rejlik az egyébként is elvégzendő kalibrálások ésszerű megtervezésében!

## VII. Magyar Minőségi Hét

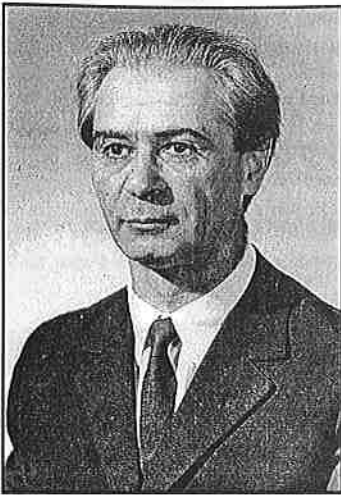
Budapest, 1998. november 9–13.

Helyszín: Magyar Honvédség Művelődési Háza  
(Bp. XIV., Stefánia út 34.)

Szervező: Magyar Minőség Társaság  
1091 Budapest, Üllői út 25.  
Tel.: 218-3011/480, Fax: 218-0267



## Dr. h. c. Káldor Mihály (1924–1998)



Az a hír, amely március 13-án a legkorszerűbb elektronikus eszközök adta lehetőségeknél is gyorsabban terjedt mindazok között, akik ismerték, tisztelték és szerették Káldor professzor urat, egyetlen száraz mondat volt: Mihály, Misi bácsi meghalt. Ez a tény egy alkotó életút váratlan végét jelentette. A március 24-i, a római katolikus egyház szertartása szerinti, a Rákospalotai Újköztetőkben megtartott temetésen a család tagjai, rokonai, nagyszámú tisztelője és

munkatársa vett részt. Dr. Káldor Mihályt lánya, Katalin mellé helyezték örök nyugalomra, aki másodéves kohómérnök-hallgató korában tragikus baleset áldozata lett. A Miskolci Egyetem nevében dr. Tranta Ferenc, a Kohómérnöki Kar dékánja, a fémtani tanszék vezetője, a Budapesti Műszaki Egyetem villamosipari anyagtechnológiai tanszéke nevében dr. Dévényi László, egyetemi docens, Egyesületünk nevében dr. Verő Balázs, a vaskohászati szakosztály elnökségi tagja és a Magyar Mérnökakadémia nevében dr. Takács János, az MMA főtitkára búcsúztatta.

Dr. Káldor Mihály 1924. december 24-én született Budapesten. Elemi iskoláit Brennbergbányán, gimnáziumi tanulmányait Budapesten végezte. 1948. október 25-én jeles minősítésű kohómérnöki oklevelet kapott.

Első munkahelye Csepelen volt, ahol dr. Geleji Sándor javaslatára és segítségével vállalt munkát. Munkaköre anyagvizsgáló, metallográfiai feladatok megoldása volt. Ezeket a feladatokat Verő József irányításával végezte, aki rendszeresen járt ebben az időben Csepelre.

Dr. Káldor Mihály életútját a Csepelen eltöltött idő után az egyetemhez, az oktatáshoz való erős kötődése jellemzi. 1949. szeptember 1-jével Miskolcra helyezik. A Miskolci Egyetem alapító tagjaként a kezdeti években mindennel foglalkozott, amire az egyetemnek szüksége volt: oktatott matematikát, mechanikát, volt dékáni hivatalvezető, minisztériumi összekötő. 1957-ben védte meg kandidátusi disszertációját, aspiránsvezető Geleji Sándor és Sályi István voltak.

Szakmai tevékenysége akkor teljesedik ki igazán, amikor 1957-ben az akkori Metallográfiai Tanszékre kerül adjunktusként, ahol később docens, majd 1964-től egyetemi tanár és közel húsz éven át tanszékvezető. Verő József professzortól fokozatosan átveszi az oktatás és a kutatás irányítását, kiteljesítve azt. Nagy érdeme, hogy a metallográfiai leíró ismereteit a kor szellemének megfelelően a fémtan, a fizikai metallurgia tudományos szintjére emelte.

1974-ben védte meg akadémiai doktori disszertációját, amelyet az újrakristályosodás témakörében elért eredményeiről írt.

A fémtani ágazat kialakításában (1976), majd az ELTE-vel közösen indított mérnök-fizikus képzésben (1989) a szervezéstől a megvalósulásig magára vállalta a főszerepet.

Szervező, irányító tevékenységénél még maradandóbb azonban az, ahogyan hallgatóival foglalkozott. Számára mindig az volt az első, hogy előadásaira lelkiismeretesen felkészüljön, hogy legyen elegendő

ideje hallgatóival konzultálni, beszélgetni. A vizsgákon hallgatóit társként kezelte. Nem tekinthető tehát véletlennek, hogy a ma aktív kohómérnökök mindegyike büszkén vallja magát Káldor professzor úr tanítványának. És tanítványainak sora halálával sem szakadt meg, hiszen könyveit – a Verő Józseffel közösen írt Fémtant (1977) és a Vasötvezetek fémtanát (1966-ban először, és utána még háromszor került kiadásra), valamint a Bevezetés a fizikai metallurgiába (1990) címűt, amelyet Katalin lányának ajánlott – még hosszú ideig fogják a mindenkorai hallgatók forgatni és belőlük elsajátítani a fémtan, a fizikai metallurgia alapvető ismereteit.

Nyugdíjazása, 1991. január 1-je után a Budapesti Műszaki Egyetem villamosipari anyagtechnológiai tanszékén tudományos tanácsadó, az ME-n és az ELTE TTK-n óraadói minőségben tartott fémtani, fizikai metallurgiai előadásokat.

Dr. h. c. Káldor Mihály 1948 óta volt hűséges tagja az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek, ezen belül is a vaskohászati szakosztálynak. A szakmai rendezvényeken való részvételével, a Kohászati hasábjain megjelent nagyszámú dolgozatával a maga választotta küldetést igyekezett minél tökéletesebben teljesíteni: mindazt a szakmai ismeretet, amelyet elődeitől örökölt, majd évtizedekig tartó aprólékos munkával továbbfejlesztett, továbbadni a fiatalságnak, úgy, hogy higgyenek a tudás, a szakmai összetartás és a humánus emberi magatartás sorsokat formáló erejében.

A pályán elindított tanítványainak sorsát mindvégig nagy figyelemmel kísérte, különösen nagy munkát vállalt a tudományos minősítés folyamatában. A szó igazi értelmében tanítómester volt. Minden közszereplése alkalmával kiállt a magyar, és ezen belül a magyar műszaki nyelv ápolása ügyében. A fémtan, a fizikai metallurgia egészét tudta hallgatóinak, munkatársainak közvetíteni, átadni azt, amire nekik van szükségük, alázattal lemondva ezzel akár az egyéni érvényesülés egyes momentumairól is. Vállalt hivatása iránti alázatát mi sem bizonyítja jobban, mint az a Tőle gyakran hallott tanács: Ne azt oktasd, amit tudsz, hanem azt, amire a hallgatónak szüksége van. Fogékony, érzékeny volt az újra, és rendelkezett azzal a kevesek által birtokolt képességgel, hogy ismeretét közvetíteni is tudta a tudásra vágyóknak. De nemcsak ismeretet közölt, hanem a szakma iránti szeretet csíráit is elültette bennük, és saját példájával felkeltette az általános műveltség iránti igényt is.

Szakmai és oktatói tevékenységének eredményeit a Verő József emlékérem és a tiszteletbeli doktori cím adományozásával ismerte el az alma mater.

Káldor professzor minden bizonnyal azok közé tartozott, akik többet adtak annak a szakmai közösségnek, amelyhez tartozónak vallották és joggal vallhatták magukat, mint amennyit kaptak. Megfogalmazódó büntudatunkat és fájdalunkat csak az enyhítheti, ha tudjuk, hogy csak az hal meg, akit elfelejtünk. Káldor Mihály professzor szelleme és szellemisége alkotásiban és tanítványai munkájában tovább él.

A fémtan, a fizikai metallurgia, vagy ahogy ma mondjuk az anyag-tudomány meghatározó személyisége eltávozott ugyan körünkől, de mindaz, amit ránk hagyott, tovább él bennünk és közöttünk. Őrizzük meg és ápoljuk dr. Káldor Mihály professzor úr emlékét. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület tagsága és választmánya nevében mondunk Neked, Mihály Bátyám Utolsó jó szerencsét! Nyugodj békében ott, ahová a tragikus baleset óta mindig is vágyódtál.

(v.b.)



# TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA



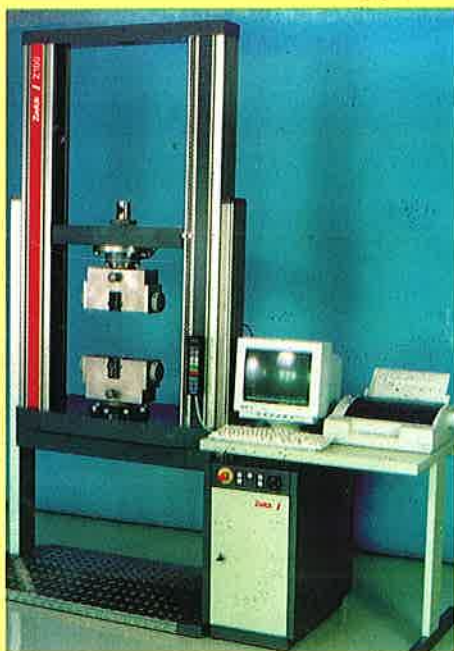
## INSTRON UNIVERZÁLIS ANYAGVIZSGÁLÓGÉPEK a mechanikai anyag- és szerkezeti jellemzők meghatározásához



# Zwick

## Materialprüfung

anyagvizsgálat felsőfokon



- univerzális szakítógépek (nyomó- és hajlítógépek), speciális vizsgálatok elvégzésére is;
- próbatest-kivágók, próbatest-marók;
- keménységmérők (Rockwell, Vickers, Brinell, Knoop, Shore A, Shore D);
- Melt-index mérő;
- ingás ütőművek;
- automatikus fonálszakítók;
- kopásvizsgáló;
- kapillár reométer,
- mooney-viszkoziméter



# Toni Technik

## Materialprüfung

Hidraulikus építőanyagvizsgáló gépek  
6–6000 kN tartományban.

Komplett berendezések cement- és  
betonlaboratóriumok részére,  
mérőműszerek cementvizsgálathoz



## AHLBORN

- hőmérséklet, nyomás,
- légsebesség, légnedvesség,
- frekvencia, fordulatszám,
- mV, mA és egyéb jellemzők mérése és dokumentálása egy készülékkel;
- érintés nélküli infrahőmérők,
- adatgyűjtők, – szoftverek, – nyomtatók



Magyarországi képviselő: **Senselektro Kft.** 1064 Budapest VI., Vörösmarty u. 33. Tel.: 3427-982, Fax: 2848-180

Forgalmazás, üzembehelyezés, garancia, garanciaidőn túli szervizszolgáltatás, karbantartás,  
pótalkatrész- és tartozékszállítás

Kérésre ingyenes részletes gyártmánykatalógust és információt küldünk!