

# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



INSTRON WOLPERT



10. ÉVFOLYAM  
4. SZÁM  
2000.

TESTOR® 2000 Series

„ALAPÍTVÁ: 1989”



# TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

az **INSTRON WOLPERT**



vizsgálógépek kizárólagos forgalmazója



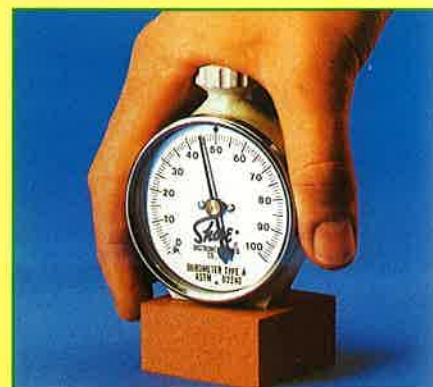
rugóvizsgálógépek



ingás ütőművek



makro- és mikrokeménység-mérők  
Shore keménységmérők



TESTOR BT.

Budapest XII., Meredek u. 33. · 1538 Budapest, Pf. 528. · Tel.: 319-1-319 · Fax: 319-2284

www.testor.hu · info@testor.hu

## ANYAGVIZSGÁLOK LAPJA

### Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:  
**dr. Lehofer Kornél**

A szerkesztőbizottság tagjai:

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

Kiadja:  
**TESTOR Kft.**

Felelős kiadó:  
**Szappanos György**  
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj a 2001. évre  
(1–4. szám): 2.100,- Ft  
Előfizethető közvetlenül a kiadónál  
a mellékelt űrlap felhasználásával.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadá-  
sa a TESTOR Kft. címén.

Nyomda:

### CARTA-TRADE

**Nyomdaipari, Kereskedelmi és  
Szolgáltató Bt.**

Budapest XIV., Kövér Lajos u. 21-25.

Előkészítés:

### PC-Print Bt.

Tel.: 205-6399, 204-3688  
E-mail: pcprint@matavnet.hu

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

## Egy anyagvizsgáló kárelemzési tapasztalatai

Valamely gép üzemzavarát, egy berendezés tönkremenetelét követően mindig megindul a vizsgálat, amelynek célja a hiba, a káreset okának a kiderítése. Véleményem szerint *helyesebb volna a hibák okainak a feltárásáról beszélni.* Ugyanis harmincéves anyagvizsgálói tevékenységem során arról győződtem meg, hogy a legtöbbször – talán az esetek nyolcvan százalékában – egy műszaki káreset nem egyetlen okra vezethető vissza. Az hibák halmozódnak, összeadódnak, és ezek együttes következménye a törés vagy az üzemzavar. Íme néhány példa:

Egy tehergépkocsi árokba fordult. A felületes vizsgálat szerint a baleset oka a kormányserkezet meghibásodása. Alaposabb vizsgálattal megállapítható volt, hogy a jármű mellső rugója anyaghibás volt, rosszul is hőkezelték, és az észlelt kalapácsütések nyomai alapján arra lehetett következtetni, hogy a mérethibásan gyártott csapszeget erőszakosan verték be, ami járulékos feszültségeket okozott a rugószemben, és a rugó törése megelőzte a kormánymű törését. Az anyaghibát, a helytelen hőkezelést, a gondatlan szerelést a szerkezet egyenként kibírta volna, de ezek együttesen olyan állapotot idéztek elő, ami meghaladta az igénybevehetőség határát.

Egy hajó hajtóművében az 1200 mm átmérőjű fogaskerék fogai letörték. Hosszas vizsgálódás alapján megállapítottuk, hogy az anyagválasztás nem volt a legalkalmasabb erre a célra, mivel a betétben edzhető acél nem edződött kellő mélységig, így a magzilárdaság alacsonyabb volt a szükségesnél. Továbbá, az acél nem volt kellőképpen átkovácsolva, durva zárványsorokat tartalmazott; a szilárdasági méretezés pedig az alsó határra történt. Ezek a tényezők összeadódtak és törést okoztak.

Az erősen ötvözött acélból való (2% C, 12% Cr), 65 mm átmérőjű és 800 mm hosszú üregelőszerszámok edzéskor repedeztek. A vizsgálatok során kiderült, hogy az anyag durva karbidosorokat tartalmaz, a felületet nagyoló esztergálással munkálták meg, az edzési hőmérséklet a felső határon volt. A karbidosoros anyagszerkezeten már nem lehetett változtatni, de a durva megmunkálási barázdák eltávolításával és az edzési hőmérséklet csökkentésével a további darabok repedés nélkül voltak hőkezelhetők.

Ezek az esetek – és még számosak – arra utalnak, hogy a jelenségeket, eseményeket, tényezőket mindig együttesen, összességükben kell elemezni, mert a hatásuk összeadódik. Ez érvényes minden szerkezet, sőt az emberi szervezet működésére is. Egy orvosprofesszor barátom mesélte, hogy ha valamelyik kollégájának a családtagja megbetegszik, nem a klinikán vizsgálta meg. Ott kiváló specialisták vannak, akik tökéletesen ismerik a tüdő, a szív, a máj stb. működését, és ezek gyógyításához kiválóan értenek, de hogy egy rendellenességet milyen tényezők váltanak ki, azzal nem foglalkoznak. A specialisták egy betegséget, egy szervet látnak, azt kezelik, nem az előidéző okokat. Ezek együttes hatását nem kutatják. Egy tapasztal családorvos erről többet tud – mondta a barátom.

Így van ez a történelemben, a meteorológiában és minden más tudományban: a jelenségeket összefüggéseiben kell tanulmányozni, mert csak így válnak érthetővé. Ad absurdum az a gondolat is főlmerül, hogy *az egyetemeken célszerű volna összefüggést is tanítani.*

Dr. Szombatfalvy Árpád



*Tisztelt Olvasóink! Lapunk kézhezvételekor már  
küszöbön áll a karácsony és az új esztendő, amelynek  
örömteli, békés és tartalmas megéléséhez – lapunk  
kiadója nevében is – jó egészséget, eredményes munkát  
és sok sikert kívánunk!*

A szerkesztőbizottság

Tisztelt Előfizetőnk!  
Előfizetése 2001. évi megújításához – változatlan áron – közvetlenül számlát küldünk.  
Köszönjük érdeklődését!

**ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN***Hidasi Béla, Dudás Zoltán:*

- A mágneses tulajdonságok megváltozása rugalmas terhelés hatására – Effect of elastic loading to the change of magnetic properties  
 Effekt der elastische Belastung für die Änderung der magnetische Eigenschaften ..... 107

*Huba Antal, Molnár László, Valenta László:*

- Szilikon-elasztomer anyagok tulajdonságai és konstrukciós célú alkalmazásai a finommechanikában és a gyógyászatban  
 Properties of the silicone-elastomer materials and their applications to the fine mechanic and the therapy  
 Eigenschaften des Silikon-Elastomer Materialien und ihre Anwendungen für die Feinmechanik und die Heilkunde ..... 108

**VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN***Bóta Attila:*

- A kisszögű röntgensugárzás alkalmazása a szerkezetkutatásban – Application of small-angle scattering of X-ray to the research of material structures – Anwendung der Kleinwinkelstreuung von Röntgenstrahl für die Feinstructurforschung ..... 112

**SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU ..... 116, 118****MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE***Joó Katalin:*

- Mini-röntgenspektrométer a cementgyártás szabályozásában – XRF minispectrometer to the control of cement manufacturing process  
 Mini-Röntgenspektrometer für den Kontrolle des Zementfabrikationsgang ..... 117

**ÁLLAPOTELLENŐRZÉS – CONDITION CONTROL – ZUSTANDSKONTROLLE***Lehofer Kornél:*

- Szerkezetek kritikus üzemi hőmérsékletének becslése – Estimation of critical service temperature of the structures  
 Schätzung der kritische Betriebstemperature von Strukturen ..... 119

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

- A keménységmérés technikai újdonságai – Novelties of the hardness testing technique – Neuheiten der Härtemessungstechnik ..... 120

**MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG***Bocz András, Narancsik Zsolt:*

- Szoftverrel vezérelt szakítógép ellenőrzése direkt és indirekt módon – Direct and indirect control of the tensile test machine controlled by software – Direkt und indirekt Kontrolle der softwaregesteuerte Zugprüfmaschine ..... 122

*Koczor Zoltán, Gregász Tibor, Paulics Anita:*

- Minőségsszabályozás a vevői elégedettség alapján – Quality control on the basis of customer satisfaction  
 Qualitätskontrolle auf Grund von Kundenzufriedenheit ..... 124

**BESZÁMOLÓK – ACCOUNTS – BERICHTE***Molnár Pál:*

- A 44. EOQ-kongresszus Budapesten – The 44th EOQ-kongress in Budapest – Der 44. EOQ-Kongreß in Budapest ..... 127

*Lehofer Kornél:*

- Törésmechanikai szeminárium – Seminar of fracture mechanics – Seminar für Bruchmechanik ..... 128

*Tóth László:*

- Bay Zoltán emlékezetére – In memoriam Zoltán Bay ..... 128

**MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN***Lehofer Kornél*

- 175 éves az Akadémia – The Hungarian Academy of Science is 175 years old – Die Ungarische Akademie der Wissenschaften ist 175 Jahre alt ..... 129

*Tóth László:*

- Bay Zoltán életútja – Life-work of Zoltán Bay – Lebenslauf von Zoltán Bay ..... 130

*Hadas János:*

- Dr. Konkoly Tibor (1924–2000) ..... 131

**SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMEN**

- Új, érvényes szabványok – New valid standards – Neue gültige Normen ..... 132

**HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN ..... 133****KÖNYVISMERTETÉS – BOOK REVIEW – BUCHBESPRECHUNG ..... 134****ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER ..... 136**

# A mágneses tulajdonságok megváltozása rugalmas terhelés hatására

Hidasi Béla – Dudás Zoltán\*

A mágneses állapot megváltoztatása (ez lehet a le-, fel- és átmágnesezés is) mindig energiát igényel, tehát veszteséges folyamat. Az energiabefektetés részben a domenfalak mozgásához és a mágneses momentumok elfordításához szükséges, hiszen ezen elemi események révén változhat meg a mágneses állapot. Emellett a mágnesezés során további veszteséges folyamatok is fellépnek. Ezen veszteséget okozó mechanizmusok egyike abban nyilvánul meg, hogy a mágnesezést mindig egy kisebb-nagyobb mértékű rugalmas alakváltozási folyamat is kíséri.

## A mágneses jellemzők változásának okai

A fentiek szerint tehát egy mágnesezési folyamat során a befektetett energia egy része a mágneses állapot megváltoztatására, más része egy rugalmas alakváltozás keltésére fordítódik.

Rugalmas alakváltozásnak tartjuk azt a helyzetet, ha a mechanikai terhelés (mechanikai feszültség) és az általa keltett alakváltozás (leggyakrabban nyúlás vagy szögelfordulás) közötti kapcsolat lineáris, és természetesen egyértékű függvény. Tehát az a terheléstartomány, ahol a Hooke-törvény érvényességét feltételezzük. Megjegyezzük, hogy a nagyobb terhelések esetén fellépő képlékeny alakváltozást más jellegű mikroszerkezet-változás és ennek megfelelően további mágneses tulajdonságváltozások is kísérik.

E témakörben mindig két hatásról/effektusról, a magnetostrikcióról és a magnetoelaszticitásról van szó.

**Magnetostrikció:** Mágneses térben – a mágneses térerősségtől függő mértékben – a mágnesezett anyag térfogata rugalmasan megváltozik (úgy tárol energiát, mint egy közönséges rugó, emiatt zúgnak pl. a transzformátorok, de ennek alapján működnek a mágneses mechanikai rezgéseltők, ultrahangos tisztítók, keverők stb.).

Mivel a térfogatváltozás mérése nehézkes, emiatt az esetek döntő többségében az alakváltozást egy kitüntetett irányban (ez többnyire a mágnesezési irány) vizsgálják, és rugalmas nyúlásként kezelik. Ebben az értelemben a leggyakrabban ún. lineáris magnetostrikcióról van szó. A mágneses tér hatására előfordulhat nyúlás vagy méretcsökkenés (sőt néha az alakváltozás iránya előjelet válthat) is. Ennek alapján megkülönböztetünk pozitív és negatív magnetostrikciójú anyagokat.

**Magnetoelaszticitás:** Rugalmas terhelés hatására (a koercitív erőhöz viszonyítva csak az igen nagy terekben mérhető telítési indukción kívül) a minta minden mágneses tulajdonsága, így természetesen a hiszterézisgörbéje is megváltozik (sokféle mágneses szenzor, pl. az erőmérők egy része is ennek alapján működik).

Mindekét effektus kristálytani irányfüggő is, ami egykristályoknál és irányított szerkezetű anyagoknál válik érdekessé. Normális sok-(poli)kristályos anyagokban ez az irányfüggés nem észlelhető, kiátlagolódik.

Következményeik szerteágazóak, sokrétűek. Alapvetően a lágymágneses anyagok fejlesztésénél az egyik legfontosabb cél a magnetostrikció minimalizálása, így ezen keresztül a makroszkópikus mágneses paraméterek közül a veszteségek csökkentése és a permeabilitás növelése.

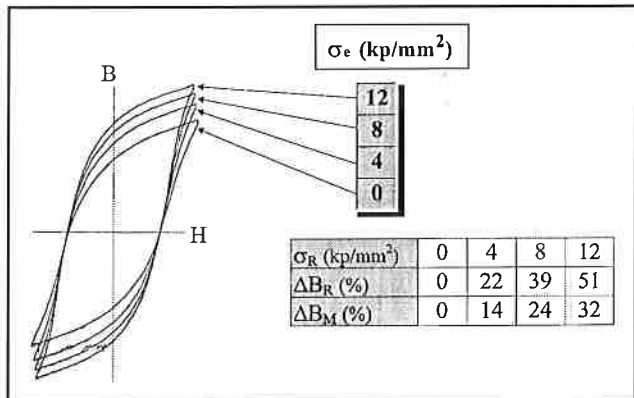
Jelen munkánkban e jelenségkörnek csak egy kisebb részterületével, a felhasznált mágneses anyagok idevágó konkrét tulajdonságainak és ezek mértékének meghatározásával foglalkozunk.

Analógiaként megjegyezzük, hogy a leírtak teljes formai egyezést mutatnak a dielektrikumok egy csoportjánál tapasztalható, a villamos térerősség és a mechanikai tulajdonságok kapcsolatát jellemző elektroelasztikus és elektrostrikciós jelenségekkel. Ez utóbbi effektus újszerű kihasználására példaként talán a mikro-piezomotorok fejlesztése és a legnagyobb felbontóképességű AFM (ún. atomerő) mikroszkópok szenzorai említhetők.

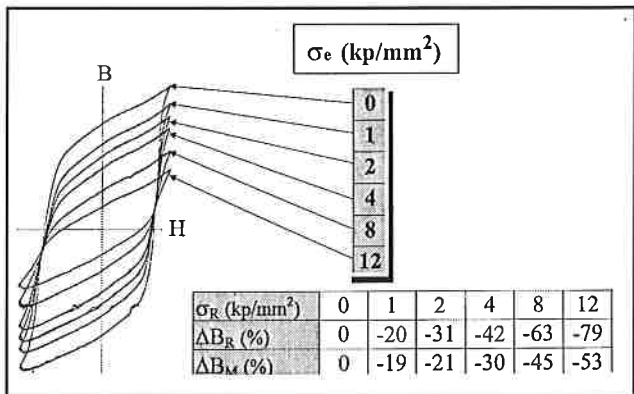
A szerkezeti anyagként is funkcionáló, mechanikai igénybevételnek kitett lágymágneses elemek anyagtulajdonságai durván megváltozhatnak, így a szerelt és elkészült eszközök jellemzői is eltérnek a tervezettől. Ezt, a néha nehezen felismerhető és gyakran figyelmen kívül hagyott igénybevételt, igen gyakran már egy műanyag-kiöntési, vagy tokozási technológia is kiválthatja.

## Eredmények

A leggyakrabban alkalmazott, készre hőkezelt, polikristályos lágymágneses anyagokra vonatkozóan (Fe, Ni, P2300–50Fe–50Ni–permalloy) változó egytengelyű húzófeszültség esetén mértük a komplett hiszterézisgörbét és meghatároztuk a mértékadó mágneses indukcióértékek terhelésfüggését. Az 1., 2. és 3. ábrákon az egyes anyagti-

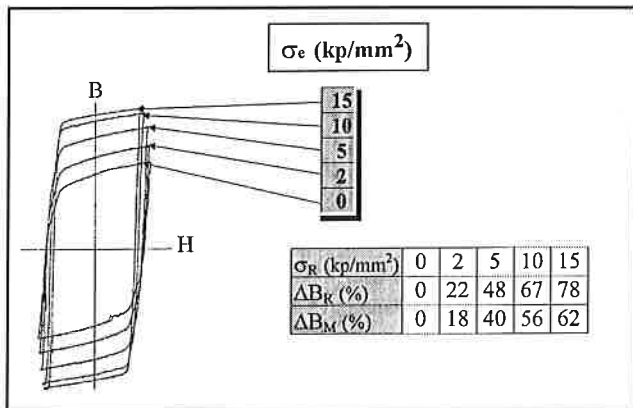


1. ábra. A tiszta Fe minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására



2. ábra. A tiszta Ni minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására

\* BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék



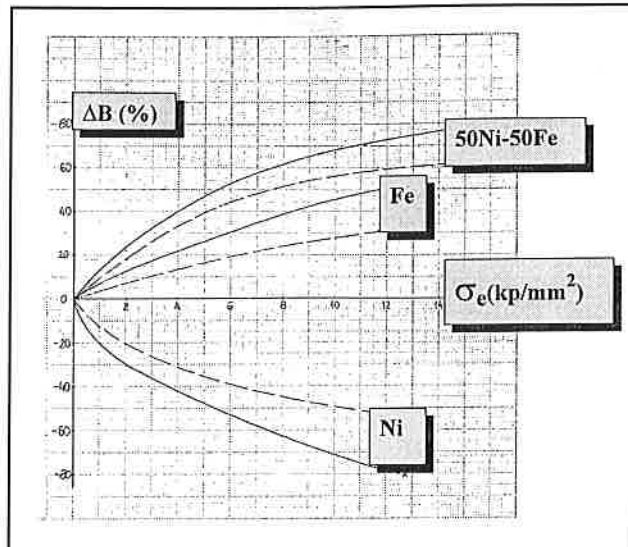
3. ábra. Az 50Ni-50Fe minta hiszterézisgörbéinek változása rugalmas mechanikai terhelés hatására

pusok hiszterézisgörbéinek változása látható. A 4. ábra pedig ugyan ezen anyagokra vonatkozóan összefoglalja a remanens- és a (technikai) telítési indukciók mechanikai feszültségfüggését.

Más igénybevételi mód esetén nyilvánvalóan más számszerű eredmények várhatók, de publikált konkrét mérések hiányában a közölt eredményeink legalább a változások előjelének valamint nagyságának becslésére adnak lehetőséget.

Irodalom

[1] R.A. McCurrie: Ferromagnetic materials and properties, Academic Press 1994. London



4. ábra. A mechanikai feszültség hatása a mágneses jellemzőkre  $\Delta B_R$  a remanens indukció (folytonos görbék),  $\Delta B_M$  a (technikai-) telítés relatív változása (szaggatott görbék)

[2] A. Huber, R. Schäfer: Magnetic domains, Springer 1998. Berlin  
 [3] Ginszler J., Hidas B., Dévényi L.: Alkalmazott anyagtudomány, Műegyetemi Kiadó 2000. Budapest

# Szilikon-elasztomer anyagok tulajdonságai és konstrukciós célú alkalmazásai a finomechanikában és a gyógyászatban

Dr. Huba Antal – Molnár László – Valenta László\*

Néhány évvel ezelőtt, különböző projektek keretében, intenzív kutatómunka kezdődött a BME Finomechanikai, Optikai Tanszéke, a Szervetlen Kémia Tanszéke, valamint az Ilmenai Műszaki Egyetem Mikroszisztématechnikai és Mechatronikai Tanszéke együttműködésével, a szilikon-elasztomerek alkalmazási lehetőségeinek szélesebb körű felkutatására. Eredetileg a mikrotechnikai alkatrészek nagy alakváltozásnak kitett részelei szilikonumival történő helyettesítése állott az érdeklődés homlokterében. A munka során világossá vált azonban, hogy a szilikon-elasztomerek alkalmazási lehetőségei sokkal szélesebb körűek, és a mikrotechnikán kívül például az orvostechikában mással nem helyettesíthető szerkezeti megoldásokat biztosíthatnak.

## A szilikon-elasztomerek mint újszerű konstrukciós anyagok

A szilikonok alkalmazása a finomechanikában és a műszertechnikában nem új és nem ismeretlen. Az anyag szerepe eddig azonban alárendelt jellegű volt, úgymint festék-alapanyag, ragasztó-, villamos- és egyéb szigetelő-, esetleg kenőanyag.

A dolgozat a fentiekben túllépve új alkalmazási lehetőségekre hívja fel a figyelmet.

Az eddig ismert nagymolekulájú anyagok polimerkémiai szempontból három nagy csoportba sorolhatóak:

- Kondenzált, anorganikus halmazok: gyémánt, grafit, kvarc, üveg, cement.
- Organikus polimerek: természetes polimerek (cellulóz, nukleinsavak, fehérjék), szintetikus polimerek (PVC, PE, PMMA, ...).
- Anorganikus (szervetlen) polimerek: polifoszfátok, polifoszfazének, dimetil-polisziloxánok.

A szervetlen polimerek alapstruktúrája szervetlen építőelemekből áll, ezekhez anorganikus (-F), vagy organikus (-CH<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> stb.) csoportok csatlakozhatnak. Alapvetően a szerves polimerekhez hasonló tulajdonságokat mutatnak, de a hőállóságuk nagyságrenddel jobb. Kutatásaink középpontjában a polisziloxán mint láncképző építőelem áll.

A szilikonok legfontosabb tulajdonságait struktúrájuk, a szerves csoportok minősége, a polimerizáció foka, az idegen anyagok minősége és mennyisége határozzák meg.

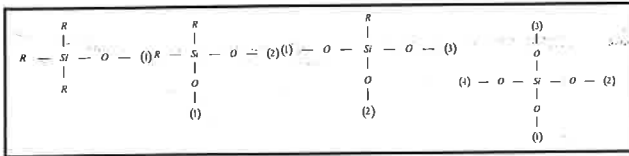
A szilikonokban a szervetlen részhányad nagyobb, mint a szervesé, a szilikonumiban például a szervetlen rész kb. 60%.

## A szilikonok felépítése

A szilikonok szerkezetét a monomer egységek határozzák meg, l.: 1. ábra.

A monofunkciós egység lánczáró, a difunkciós egység a láncképzés eleme, a trifunkciós egység a térbeli struktúrák képzésében fontos. A tetrafunkciós egység ugyancsak a láncálósításban vesz részt, de az előbbinél sokkal merevebb és keményebb polimerszerkezetet eredményez [4].

\* Finomechanikai, Optikai Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



1. ábra.

**Anyagtípusok**

Közismertek a szilikon folyadékok és olajok. Ezek difunkcionális egységekből állnak, a láncot monofunkcionálisak zárják.

A szilikon gumi fajták ugyancsak lineáris felépítésűek, de a molekulásúlyuk lényegesen nagyobb.

A szilikon gyanták és -lakkok részben di- és trifunkcionális egységekből felépülő, térhálós szerkezetek. A megjelenési formák a rugalmas lakkoktól a törékeny és darálható polimerekig terjednek.

**A szilikonok legfontosabb nem mechanikai tulajdonságai**

**Hő- és sugárállóság**

A szerves anyagokhoz viszonyítva lényegesen jobb a termikus stabilitásuk. A metil-szilikonok +180 °C-ig tartós igénybevételnek tehetőek ki. A létraszerkezetű szilikonok +400 °C-ig alkalmazhatóak, a fenil-szilikonok mutatják a legnagyobb termikus stabilitást, kb. +300 °C-ig, és legkisebb a hőállósága az etil-szilikonoknak, ezek +150 °C-ig használhatóak. A szilikonok hidegtűrő képessége ugyancsak említésre méltó, a metil-szilikonok dermedési pontja -120 °C körül van.

**Biológiai hatás**

Újszerű megoldások kifejlesztésére az orvostechikában az nyit teret, hogy a különböző szilikonokkal kapcsolatba kerülő emberi és állati szövetek *semmilyen reakciót* nem mutatnak (indifferencia). Az élőlények enzimmrendszere a szilikonokat nem támadja meg, nem oldódnak fel, és nem mutatnak semmiféle táptalaj-effektust. Leginkább ezek a tulajdonságok teszik a szilikonokat kiemelten alkalmassá az orvostechikai célú felhasználásra. Rendkívül fontos tudni a gyógyászati alkalmazások miatt, hogy ez az anyagcsoport a gázokat és a saját molekulaszervezeténél kisebb molekulájú folyadékokat képes áttereszteni. Ez a membránhatás a műszaki életben talán nem mindig célszerű, de az anyagot kiemelten alkalmassá teszi pl. agyhártya pótlására, ahol is kb. 10 µm vastagságban, mint összenövést megakadályozó anyagot elterjedten alkalmazták.

**Anyagáteresztő képesség**

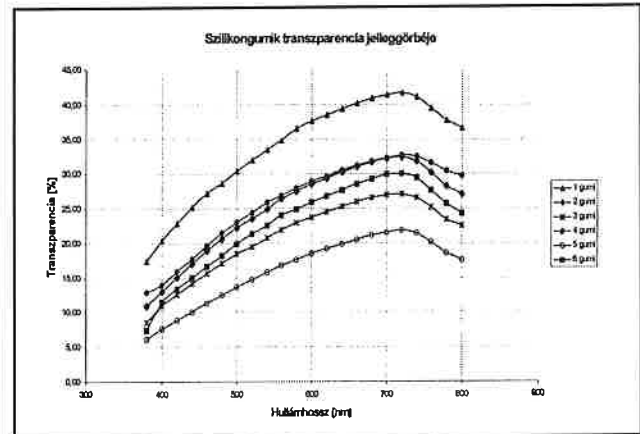
A szilikon nem alkalmazható a gépészetben mint korrózióvédelmi anyag, mert a hidrofób tulajdonsága ellenére átengedi a gázokat és a vizgőzt. Ezért csak más anyagokkal kombinálva alkalmazzák.

**Optikai tulajdonságok, alkalmazás szemlencseként**

Az optikai tulajdonságok közül kutatócsoportunk eddig elsősorban azokat vizsgálta, amelyek az orvostechikai alkalmazások során kiemelt jelentőséggel bírnak. Miután a cataracta-műtéteket napjainkban szinte már futószalagon végzik, szükség van nagy mennyiségben jó minőségű szemlencse-implantátumra. A BME Szervetlen Kémia Tanszék ez irányú kutatásaiba bekapcsolódva megvizsgáltuk, hogy a szilikonlencsék az ígéretesen kiváló mechanikai tulajdonságai mellett, felveszik-e a versenyt a hagyományos, ún. kemény szerkezetű akrilátlencsékkel. Ha ugyanis az optikai tulajdonságok megegyezőek, netán jobbakk, akkor a szilikonlencse a műtéti eljárás szempontjából verhetetlen előnnyel rendelkezik. Ugyanis a műtéti szövödményeket és egyéb problémákat lényegesen csökkenti, ha a vágási hossz a szaruhártyán csökkenthető. Ez azonban csak akkor lehetséges, ha a lencse a műtét előtt összehajtható, majd a behelyezés után a kívánt alakra hozható. Ez az alakvál-

tozási folyamat esetleg spontán is történhet, ha az összeszorító erő hatása megszűnik.

Az optikai jellemzők közül a spektrális transzmissziós és a polarizációs tulajdonságok, valamint a törésmutató a legfontosabbak.



2. ábra.

A szilikon gumból készült lencsékkel 25–30% transzparencia érhető el (2. ábra) és törésmutatójuk n=1,6 érték körüli.

**Elektromos tulajdonságok**

Az a műszaki életben közismert, hogy a szennyezetlen szilikon folyadékok elektromosan szigetelő tulajdonságúak. A relatív dielektromos állandó értéke  $\epsilon = 2,2-2,8$ , az átütési feszültség 14 kV/mm és a fajlagos ellenállás  $\rho \approx 6 \cdot 10^{15} \Omega \text{cm}$ .

A szilárd halmazállapotú, szigetelő tulajdonságú szilikonok lokálisan elektromosan vezetővé tehetőek, ha a molekulaláncok közé a láncméretekkel összemérhető nagyságú, vezető kollagéneket (korom, szén stb.) adalékolnak. A töltéskonzentráció-különbség hatására kialakuló elektromos tér egészen sajátos alakú is lehet, de az áram csak a vezetővé tett térrészekben folyhat. Ez érdekes alkalmazási lehetőségeket rejthet magában.

A szilikon gumikat ma már elterjedten alkalmazzák a különféle egyáltalású billentyűzetekben, mert a vezetővé tett gumi helyettesíti a bonyolult finommechanikai szerkezetet, beleértve az egyenes vezetőket, a rugókat és a kontaktusokat is. Az elektromos tulajdonságok kutatása csoportunk egyik feladata is, a munka még igen távol áll a lezárástól.

**A szilikon-elasztomerek mechanikai tulajdonságai**

A szilikonok gépészeti, finommechanikai szerkezeti anyagként való alkalmazhatóságának legfontosabb mechanikai jellemzői keménységének és a típusának (peroxidos, vagy additív) függvényében a következők:

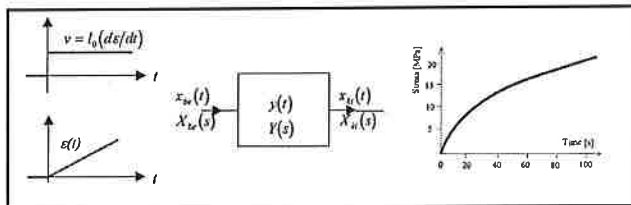
- húzó-, nyomó- és nyírószilárdság, statikus rugalmassági modulus;
- más anyagokhoz való tapadási szilárdság;
- dinamikus rugalmassági modulus a hőmérséklet függvényében;
- váltakozó irányú hajlító igénybevétellel szembeni szilárdság;
- a repedés tovaterjedésével szembeni ellenállása.

Az anyagtudományban szokásos vizsgálatok közül a legfontosabb a szakítóvizsgálat, de a gumik esetében legalább ilyen jelentőséggel bír a dinamikus rugalmassági modulus meghatározása. A tanszéki kutatások során, amelyekben doktoranduszok és diplomatervezők is nagy szerepet vállaltak, a felsorolt mechanikai vizsgálatokat végeztük el olyan különböző típusú szilikon gumi anyagokra, amelyek szerkezeti elemekként szóba jöhetnek.

**A szakítószilárdság vizsgálata**

A szakítóvizsgálatokat a szabványban előírt alakú próbatestekkel végeztük. Az elasztomerek viselkedését különféle viskoelasztikus mo-

dellekkel közelítjük. A legismertebbek a Maxwell-, a Kelvin-Voight-, a Standard-Solid-modellek. Azonban a mérési eredmények azt mutatják, hogy e három közül egyik sem írja le elfogadható pontossággal a szilikonok viselkedését [6]. Így egy új modelle van szükség. Ennek a módszerre rendszertechnikai alapokon nyugszik. Célunk, hogy meghatározzuk a rendszert jellemző átviteli függvényt és ebből állítsuk fel az új viszkoelasztikus modellt. A szakítóvizsgálat során a rendszer bemenete az egységnyi sebességugrás, a rendszer válasza pedig a feszültség az idő függvényében (3. ábra). E két jel ismeretében már előállítható az átviteli függvény  $Y(s)$  a Laplace-transzformáció segítségével. A modellalkotás menetét és egy új, a szilikonokra használható viszkoelasztikus modellt egy későbbi cikkben mutatjuk be.



3. ábra.

**Nyírási, lefejtési vizsgálatok**

A nyírás vizsgálata egyben az adott műanyag, vagy gumi úgynevezett lefejtő vizsgálata is. A szabványos eljárás során a próbatesthez rögzített fémlapokra hatnak párhuzamos erők.

Amennyiben a berendezés nem tudja biztosítani a párhuzamos erőhatást, vagy vastag a próbatest, akkor hajlítás is fellép, és ebben az esetben a *nyírómodulus* számításához korrekciót alkalmaznak

$$G_e = \frac{G}{1 + \frac{1}{3} \left(\frac{h}{a}\right)^2} \tag{1}$$

ahol  $G_e$  a látszólagos nyírómodulus. Ideális, párhuzamos terhelésre a

$$G \cdot e = \frac{F}{A} \tag{2}$$

összefüggéssel adódik a nyírófeszültség és nyíró alakváltozás közötti összefüggés, ahol  $F$  a *nyíróerő*,  $A$  a próbatest felülete,  $h$  a magassága,  $a$  az élhosszúsága,  $G$  a nyírómodulus és  $e$  a nyíródeformáció, azaz a fedőlapok egymáshoz képesti elmozdulása viszonyítva a próbadarab vastagságához.

Nyíróvizsgálatokat a szilikongumi-szilícium illetve a szilikongumi és más anyagok közötti tapadás vizsgálatára végeztünk. A kísérletek a szilícium lapkák vastagsága, ridegsége, és a befogási problémák miatt nem voltak egyszerűek, a hagyományos szakítógéphez külön befogószerkezetet kellett tervezni. Az első eredményeket, a különböző szilikongumi nyíró rugalmassági modulusának és más anyagjellemzőinek adatait az alábbi táblázatban mutatjuk meg:

HTV (Hő hatására vulkanizálódó, peroxidos)

Keményys. [Sh A]	$\epsilon$ max [%]	RM [MPa]	Eav [MPa]	Gav [MPa]
40	1295	7,026	0,556	0,455
50	1205	7,432	0,808	0,545
60	1064	8,803	0,946	0,703
80	641	8,906	1,819	1,187

HTV (Hő hatására vulkanizálódó, addíciós)

Keményys. [Sh A]	$\epsilon$ max [%]	RM [MPa]	Eav [MPa]	Gav [MPa]
40	1290	5,537	0,434	0,351
50	942	7,016	0,745	0,654
60	908	7,938	1,251	1,091

**Hajlítóvizsgálatok**

A BME Szervetlen Kémia Tanszéken végzett eddigi kísérletsorozat azt mutatja, hogy a szilikongumi, amennyiben a vizsgált próbatest felületén sérülés, vagy repedés nincsen, a hajlításokkal szemben igen ellenálló. 0°-tól 90°-ig, illetve 120°-ig hajlítva 2 milliónál több ciklus után jelennek meg a kifáradás első jelei. A kísérletek még nem zárultak le, és bizonyos alkalmazási területeken szinte más anyaggal nem is helyettesíthető szerkezetek hozhatók létre.

**A hőmérséklet- és frekvenciafüggő dinamikus rugalmassági modulus mérése**

A környezeti hatások (hőmérséklet, nyomás, nedvesség, sugárzás) a polimerek tulajdonságait erősen befolyásolják. Az egyik legfontosabb tulajdonság-meghatározó a hőmérséklet, mert a polimerek esetében általában négy fizikai állapot kialakulásáért felelős:

1. Üvegszerű állapot (egyfázisú állapot)
2. Nagy rugalmasság (egyfázisú, viszkoelasztikus)
3. Folyékony állapot (egyfázisú, nagy viszkózitású)
4. Részben kristályos állapot (kétfázisú)

A szilikongumira két fizikai állapot jellemző, az *üvegszerű* és a nagy viszkózitású állapot. Az üvegesedési hőmérséklet  $T_G$  alatt a molekulaláncok „be vannak fagyva”, csak az oldalgyökök és az egyes atomok mozgása lehetséges. Az alakíthatóság csekély, a feszültség-alakváltozás összefüggés lineáris. Az üvegesedési hőmérséklet felett a molekulaláncok Brown-féle mikromozgásokat végeznek, miközben a láncok molekula-középpontja helyben marad. A mozgás elnevezése szegmensmozgás. Ebben a nagy rugalmassági állapotban a *néhány 100%-os alakváltozási képesség* gumiszerű tulajdonságokat tükröz. Tovább megerősítve a térhálós polimereket nem lehet megolvasztani, így a gumikat és a szilikon sem. A hőmérséklet növekedésével a fő valenciakötések szétszakadnak, az anyag szétbomlik anélkül, hogy megolvadna, tehát a bomlási hőmérséklet alacsonyabb, mint az olvadási.

A gyakorlatban a dinamikai vizsgálatok három típusát alkalmazzák:

1. Dinamikus – mechanikai (termikus) analízis (DMA, DMTA)
2. Termomechanikai analízis
3. Szilárdsági analízis a hőmérséklet függvényében.

Az általunk választott módszer segítségével a gépészeti alkalmazások szempontjából igen lényeges tulajdonságokra derül fény.

**DMA-analízis:** E vizsgálat során konstans amplitúdójú és körfrekvenciájú szinuszos erőgerjesztésre adott anyagválaszt: a deformációt és a  $\delta$  fáziseltolódást regisztráltuk.

$$F(t) = F_{st} + F_{din} \cdot \sin(\omega \cdot t) \tag{3}$$

$F_{st} = 95,27$  mN a statikus előfeszítő erő, és  $F_{din} = 59,54$  mN a váltakozó terhelés amplitúdója,  $\omega = 2$  rad/s a körfrekvenciája. Az igénybevétel fajtája: hárompontos hajlítás. Fóliák és szálas anyagok esetében inkább húzás vagy nyomás az igénybevétel. A mechanikai tulajdonságokat  $-160$  °C és  $+75$  °C közötti hőmérséklet-tartományban,  $5$  °C/min felmelegítési sebesség mellett mértük a próbatesteken. A vizsgálatokat három, sokszor alkalmazott keménységre és típusra korlátoztuk: *Sh 40 peroxidos, Sh 80 peroxidos (4. ábra), Sh 30 additív*.

A diagramból a komplex rugalmassági modulus az ismert összefüggéssel számítható:

$$E^* = \sqrt{E'^2 + E''^2} \tag{4}$$

A veszteségi tényező:

$$\tan \delta = \frac{E''}{E'} \tag{5}$$

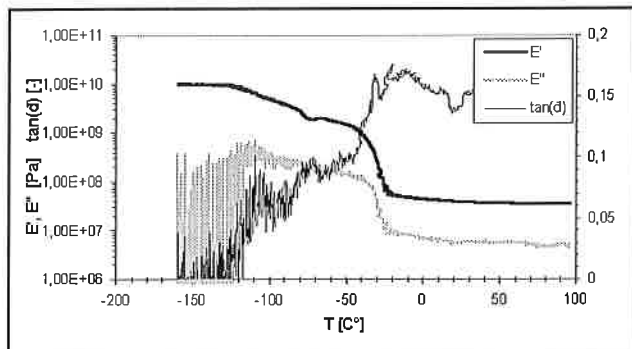
és kiszámíthatjuk a tárolási viszkózitást:

$$\eta' = \frac{E''}{\omega} \tag{6}$$



valamint a veszteségi viszkozitást:

$$\eta'' = \frac{E''}{\omega} \quad (7)$$



4. ábra. 80 Sh keménységű peroxidos szilikongumi DMA mérésének eredménye

## Szilikon-elasztomerek orvostechnikai alkalmazása

Befejezésül nem a már ismert és elterjedten alkalmazott változatokról lesz szó, hanem olyanokról, amelyek további más kutatásokat is ösztönözhetnek. Az eddigi alkalmazások ugyanis többnyire átmeneti, vagy végleges szövetszövetpótlásra korlátozódtak. Kutatócsoportunk meggyőződése azonban, és az eddig elért eredmények ezt a nézetet támasztják alá, hogy ez az anyagcsoport szerkezeti anyagként bonyolultabb szövetszervezetek és funkcionális egységek helyettesítésére, illetve olyan funkcionális, szervezetbe építhető szerkezetek megvalósítására is alkalmas, amelyek nem a meglévő, de beteg szövet-szövetet váltanak ki, hanem teljesen új funkciót töltenének be az egészségi állapot visszaállításában. Külön csoportot alkotnak a diagnosztikához alkalmazott eszközök. Kutatásainkat alapvetően három területen folytatjuk, ezek:

- lágy, nem teherhordó, beültethető implantátumok;
- kemény implantátumok, főként ízületek pótlására;
- diagnosztikai eszközök, testüregszondák.

### Lágy implantátumok

Az optikai tulajdonságok kapcsán már említettük a szilikongumból készült szemlencse esetleges műtéti előnyeit a merev akrilatlencsével szemben. Ez az egyik megvalósítási forma. A víztiszta átlátszó szilikongumi és a merev akrilát optikai tulajdonságai megegyezőek.

Kutatómunkánk hosszabb ideje a különféle *testfolyadékok egyenirányítására, elvezetésére* szolgáló szelepek kifejlesztésére irányul. Ezeknél az eszközöknél az élő szervezetekben található szelep-megoldásokat utánoztuk le, mert bizonyos Sh keménységi fokú szilikongumiféleségek mechanikai tulajdonságai a szövetekhez igen hasonlóak. Ilyen szelepünket sikerrel alkalmazzák már az inkubátorok levegőellátásánál, a hasüregi folyadék (ascites) vénás rendszerbe történő visszavezetésére, és most dolgozunk olyan összetett egyenirányító kifejlesztésén, ami a túltermelő agyvíz elvezetésére szolgál. Az elmúlt évben már bemutattuk az *inkontinencia* (vizeletvesztés) megszüntetésére kifejlesztett, ugyancsak lágy implantátumunkat [2], amely már összetett hidraulikus működtetésű dinamikai rendszer.

### Kemény implantátumok

Ebben a csoportban jelenleg egy alkalmazás kutatása folyik, nevezetesen a könyökizületi endoprotézis szilikongumival és egyéb kombinált építőelemekkel történő pótlása. A Szervetlen Kémiai Tanszék kifejlesztett és gyártásra átadott egy olyan eljárást, amivel alakváltozáson

alapuló szilikongumi implantátummal ujjizületi pótlások voltak kivitelezhetőek. A jelenlegi kutatás ezen túlmegegy, mert az új endoprotézis a könyökizület bonyolult kinematikai rendszerét minél hívebben akarja utánozni. A pótlásokra jelenleg világszerte alkalmazott eljárások hátránya, hogy a műtét során a beteg csontvégek igen nagy hányadát el kell ronszolni, és a felhasznált fém alkatrészek az erőkoncentrációs helyeken közismerten csontszöveti felszívódásokat okozhatnak. Ha valahol, itt igen nagy szükség van a gépész szemléletű megközelítésre, hiszen nem csupán a statikus terheléseket kell inhomogén és anizotróp szerkezetekre FEM modellezéssel meghatározni, hanem ugyanilyen szükség van a dinamikus igénybevételek során keletkező terhelések eloszlásának meghatározására. Ez a kutatás az ORFI Ortopédia Klinikájával együttműködve folyik [3].

### Testüreg-szondák

További, nem pótlás jellegű alkalmazás a nagy rugalmasságú, különböző testüregekben *önállóan mozogni képes szondák* kifejlesztése, amely lényegüket tekintve különbözik az elterjedten alkalmazott endoszkópoktól. Éppen ezen téma időszerűsége és fontossága miatt jött létre a tudományos együttműködés a SOTE I. számú Sebészeti Klinikájával, amely a legfontosabb hazai endoszkópos tudományos központ. A betegségek korai szakaszának a felismerését és diagnosztizálását elősegítő olyan új elv kidolgozása folyik, ami lehetővé tenné, hogy a test üregeiben (ilyenek a bélrendszer, ami meghaladhatja az 5 m hosszúságot, a tüdő hörgőrendszere, az epeutak és a hasnyálmirigy vezetékei), kívülről gyakorolt mechanikai erők nélkül (jelenlegi száloptikás és egyéb endoszkópok), irányítható szonda mozogjon és ez értékelhető képi információt közöljön a diagnózist készítő orvossal, de lehetővé tenné a szövetekből a mintavételt, esetleg a kisebb beavatkozásokat is. Az újszerű mozgásformák kutatásában az Ilmenai Műszaki Egyetemen és a jénai Schiller Egyetemen dolgozunk együtt [5], [7].

## Összefoglalás

Arra kívántuk felhívni a figyelmet, hogy a szilikon-elasztomerek nemcsak kiegészítő szerepre alkalmasak a finommechanikában, hanem segítségükkel olyan eszközök hozhatók létre, amelyek például a gyógyászat területén más, jelenleg ismert anyagokkal nem helyettesíthetőek.

## Irodalom

- [1] Valenta L., Dr. Huba A. : Silikon: Ein neuer Werkstoff für Mikrosysteme und für Mikrogreifer. 41. Internat.Wiss.Koll., Techn. Universität Ilmenau, 1996
- [2] Szabó K.: Szilikongumból készült mesterséges vizeletszabályozó implantátum zárási periódusának szimulációja. OGÉT., Hargitafüredő., 1998
- [3] Turkevi Nagy N.: Könyökizületi endoprotézis mechanikai elemzése és továbbfejlesztése, Diplomaterv, BME, 1998
- [4] Dr. Nagy J., et co.: Preparation and investigation of silicone rubber containing imide-siloxane copolymers. Angewandte Makromolekulare Chemie, No. 214. pp 123-136., 1994
- [5] Molnár L.: Abschlußbericht zum Thema Entwicklung einer elastischen, rutschigen Haut für die wurmartige Bewegung nach biologischen Vorbild., TU Ilmenau, 1997
- [6] Molnár L., Valenta L.: Viscoelastic Material Model Based on System Technology / 2000, május, Budapest, Gépészet 2000
- [7] Huba A., Molnár L.: New Principle of Movement for Intestinal Diagnostic Instrument / 2000, május, Budapest, Gépészet 2000

# A kisszögű röntgenszórás alkalmazása a szerkezetkutatásban

Bóta Attila\*

## Bevezetés

A röntgennyaláb az útjába eső rendszereken szóródik. A szórás a kis szögek tartományában is megfigyelhető. A 0 és 10° között mérhető szórásról külön névvel illetik; kisszögű szórásnak hívják. A szórás a rendszerek szerkezetének sajátosságára, nevezetesen a szerkezeti építőegységek nanométer nagyságrendű kiterjedéseire vezethető vissza. A kisszögű tartományban megtaláljuk az egykristálydiffrakcióval, a por-diffrakcióval és az amorf-folyadék-szórással analóg szórási jelenségeket.

Az alábbiakban áttekintést kívánok nyújtani erről a módszerről; felvázolom a szerkezeti sajátosságok és a szórási görbék közötti összefüggéseket, a szórási görbék felvételéhez szükséges technikai részleteket, valamint a módszer fejlesztésének legújabb irányait.

A kisszögű szórási kísérleteket elterjedten röntgensugárral végzik (SAXS = Small Angle X-ray Scattering), de jól ismert a kisszögű neutron-szórás (SANS = Small Angle Neutron Scattering) is. A kisszögű röntgenszórás elméletének és gyakorlatának úttörője A. Guinier (Párizs). Egy időben kezdte meg munkásságát O. Kratky (Graz) és professzortársa G. Porod. Kratky életművében döntő szerepet játszik a róla elnevezett kisszögű kamera megalkotása és állandó fejlesztése, valamint a kolloid-kémiai alkalmazások körének állandó bővítése.

A hagyományos röntgenforrások mellett megjelentek a szinkrotronok, amelyek a kisszögű szórás módszerek körét és teljesítőképességét jelentős mértékben kibővítették. A szinkrotron-nyalábbal történő mérés a hagyományos sugárforrásoknál szükséges idővel összehasonlítva lényegesen rövidebb időt igényel, így olyan kinetikai vizsgálatokat is lehetővé tesz, amelyek relaxációs ideje ezred másodperc nagyságrendű. A minta különböző hatásként kitétt állapotairól sorozatfelvételeket lehet készíteni. Ennek a mérési technikának külön nevet adtak: időfeloldásos kisszögű röntgenszórásnak (TR-SAXS = Time Resolved SAXS) hívják. A szinkrotron-nyalábok használatának további előnye, hogy a hullámhossz tetszőlegesen beállítható, így a szóró rendszer egyes komponenseinek karakterisztikus abszorpciójához hangolható, aminek következtében a komponensek szórásai közötti kontraszt variálható és végül is az egyes komponensek elhelyezkedésének meghatározására ad lehetőséget. A kontraszt variációt kihasználó mérési módszer neve anomális kisszögű röntgenszórás (ASAXS = Anomalous SAXS).

## A kisszögű szórás elméleti alapjai

A kisszögű szórás és a nagyszögű szórás elméleti alapjai azonosak [1–5]. A különbség csupán annyi, hogy ha a szórási egyenletekbe az atomi elrendeződésnek megfelelő távolságokat írjuk be, akkor az elméleti nagyszögű szórási görbéhez, míg ha az atomi távolságokat többszörösen meghaladó, a kolloid mérettartományba eső értékeket helyettesítjük be, akkor az elméleti kisszögű szórási görbéhez jutunk. Mind a kisszögű, mind a nagyszögű szórásnál fellelhető olyan speciális eset, amikor a kolloid egységek, vagy az atomok periódikusan ismétlődve, szabályosan helyezkednek el. Ebben az esetben a szórás helyett a kisszögű illetve a nagyszögű diffrakciót észleljük, azaz a szórási kép (a szórási szög függvényében rögzített intenzitás) jellegzetes és éles csúcsokból áll. A kisszögű szórás fellépésének okát a kisszögű diffrakció példáján érthetjük meg a legkönnyebben. Vegyünk egy szigorúan periódikus réteges szerkezetet,  $d$  ismétlődési távolsággal.

A réteges szerkezetre bocsájtott monokromatikus nyaláb diffrakciós csúcsainak szögfüggését a jól ismert Bragg-összefüggés írja le:  $n\lambda = 2d \sin \theta$ , ahol  $\lambda$  az alkalmazott sugárzás hullámhossza,  $n$  egész szám, a hulláminterferencia rendje,  $2\theta$  a szórási szög. Tetszőleges rendben vizsgálva ( $n = 1, 2, \dots$ ), az egyenlet bal oldala rögzített, amiből az következik, hogy a kis periódikus távolságoknak a nagy szórási szög (nagyszögű szórás), illetve a nagy periódikus távolságoknak a kis szórási szög (kisszögű szórás) felel meg. A nagy ismétlődési távolság azt jelenti, hogy molekulahalmazok, mint a szórócentrumok által meghatározott síkok az atomok közötti távolságokhoz (néhány tízed nm) képest távol vannak egymástól (1–100 nm). A diffrakciós számításoknál változóként a  $2\theta$  szórási szög helyett az abból képzett szórási vektort,  $s$ -et vagy  $h$ -t használják, amelynek abszolút értéke,  $s = |s| = (2/\lambda)\sin \theta$ , illetve  $h = |h| = 2\pi s$ . A Bragg-egyenletet a szórási változóval kifejezve, az  $n/d = s$  egyszerű alakot nyerjük. A  $d$  rácstávolság és az interferenciakép  $s$  változójának reciprokl összefüggése alapján nevezik a vizsgált rendszer terét valós, a szórási kép terét pedig reciprok térnek. A két tér közötti kapcsolatot általánosságban a Fourier-transzformáció fejezi ki. Visszatérve eredeti példánkra, ha a rétegszerkezetre kis szögben röntgennyalábot bocsájtunk, akkor a detektorként használt röntgenfilmen – az egykristályok analógiájára – egyetlen pontot fogunk kapni. Ha a rétegszerkezetű minta porát világítjuk meg akkor – a por-diffrakciós elrendezésnek megfelelően – a röntgenfilmen a diffrakciós rendeknek megfelelően koncentrikus körök jelennek meg, amelyek sugara – mint  $s$  abszolút értéke – a nanométeres nagyságrendű rétegtávolság reciprokának egészszámszorosa. Réteges szerkezetű rendszerek, mint a folyadék-kristályok, agyagásványok, multiréteges nanoszerkezetek kisszögű szórása több rendben megjelenő éles Bragg-reflexiókat mutat.

A kolloidrendszerek nagyobb részében nem találunk semmilyen irányban szigorú periódicitást, gondoljunk például a katalizátorokra, pórusos adszorbensekre vagy gélekre. A molekula- vagy atomhalmazok mint szóróegységek szabálytalan alakú, nanométeres kiterjedésű alakzatok. Ezeket át síkok nem fektethetők, mint például egy kristályrácsban, hiányzik belőlük a hosszú távú rend. Az ilyen rendezetlen halmazoknak a kisszögű szórását, folytonos lefutású, általában lokális maximumoktól mentes görbe írja le. Kisszögű szórás csak akkor jön létre, ha a szóró egységek és az a közeg, amelyben elhelyezkednek, különböző erősséggel szórják a beeső nyalábot. A közeg lehet természetesen levegő, víz, más folyadék vagy szilárd anyag. A kontraszthatás röntgensugár esetében az elektronsűrűség-különbségen alapul, mert a röntgennyaláb az elektronokon szóródik. A nagyméretű makromolekulák oldata csak akkor mutat kisszögű szórást, ha az oldószer és a feloldott molekula átlagos elektronsűrűsége különbözik egymástól. Ez az elektronsűrűségkontraszt pórusos anyagoknál különlegesen nagy, mert a csaknem zérus elektronsűrűségű pórusok adott elektronsűrűségű szilárd vázban vannak diszpergálva. A kolloid diszperz részecskék természetesen atomos felépítésűek, bennük az atomi rács szabályos is lehet. Ilyenkor van egyidejűleg kisszögű szórás és nagyszögű kristálydiffrakció. De a kisszögű mérés tartományában a nyaláb nem „látja” az atomos szerkezetet, ezért az atomi léptékű elektronsűrűség helyett a kolloidrészecskék átlagos elektronsűrűségeivel számolhatunk.

A vizsgált rendszer elektronsűrűség-eloszlása és kisszögű szórása közötti kapcsolat megismerése céljából számították ki egy egyszerű, de sok reális rendszer esetében használható modellrendszer szórását. A számítás eredményeképpen olyan kifejezésekhez juthatunk, amelyek segítségével bármely rendszeren nyert szórási görbéből magának a rendszernek a fontos geometriai jellemzői meghatározhatók. A modell N

\* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fizikai Kémia Tanszék, H-1111 Budapest, Budafoki út 8.

darab gömb alakú,  $\rho_1$  konstans elektronsűrűségű,  $R$  sugarú részecskéből áll, amelyek egymástól távol, a  $\rho_2$  konstans átlagsűrűségű közegben rendezetlenül helyezkednek el. Az elektroneloszlás és az intenzitás közötti matematikai összefüggéseket (Fourier-transzformáció, komplex konjugálttal való szorzás) alkalmazva, a szórási görbe kezdeti szakaszára az

$$I(s) \propto N V_{\text{gömb}}^2 (\rho_1 - \rho_2)^2 \exp \left\{ -4 \pi^2 R^2 / 5 s^2 \right\}$$

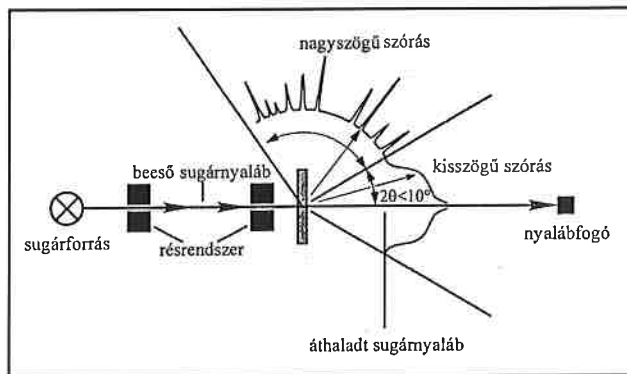
alakot nyerjük. Az összefüggésből lényeges következtetéseket vonhatunk le. Az intenzitás a diszpergált részecske és a diszperziós közeg elektronsűrűség-különbségének négyzetével, valamint a szóró részecskék számával arányos. A szórási görbe  $s = 0$  értékre extrapolált intenzitás értéke arányos a szóró egységek térfogatának ( $V$ ) négyzetével. Tehát a nullára extrapolált intenzitásból a szóró részecskék térfogatának nagyságára következtethetünk.  $\log I - s^2$  ábrázolási módban (az ún. „Guinier-féle plot”-ban) negatív iránytangensű egyenest kell kapnunk, amelynek meredekségéből a szóró részecskék  $R$  sugara meghatározható. Történeti okokból a részecskeméret jellemzését az ún. Guinier-rádiusszal ( $R_G$ ) adjuk meg, ami a gömb alakú részecske inercia (tehetetlenségi) sugarával egyenlő ( $R_G = \sqrt{3/5} R$ ). Ez a kiszögű szórás leggyakrabban és legegyszerűbben meghatározható paramétere. Guinier levezetése során a  $2\pi s_{(\text{maximális})} R < 1$  feltételt kihasználva jutott az ismert formához és az annak megfelelő ún. „Guinier-plot”-hoz, ezért csak olyan  $R$  (ill.  $R_G$ ) fogadható el, amely megfelel a  $2\pi s_{(\text{maximális})} R < 1$  feltételnek ( $s_{\text{maximális}}$  azt a maximális  $s$  értéket jelenti, amely még a Guinier-plot lineáris tartományába esik). Az összefüggést nem gömb alakú – például hengeres vagy lemezes – részecskékre is általánosították. Ha a kísérleti görbe kezdeti szakasza  $\log I - s^2$  ábrázolási módban nem lineáris, akkor ez azt jelenti, hogy a rendszer nem tekinthető egymástól elkülönült, monoform és monodiszperz részecskék halmazának.

A szórási változó nagyobb értékeinél ( $0,01 < s < 0,1$ ), a görbe lecsengő szakaszára közelítőleg az  $I(s) \propto (\rho_1 - \rho_2)^2 N R^2 \cdot 1/s^4$  összefüggés érvényes. Tehát a kisszögű szórás a szórási változó negyedik hatványával cseng le. Az  $I - s^{-4}$  ábrázolási módban az egyenes meredeksége arányos a szóró részecskék összfelületével. Ha az anyagban átrendeződések, szerkezeti változások történnek, a szórási görbe alakja megváltozik, de a szórási görbe másodrendű momentuma állandó – invariáns – marad, ezért azt kisszögű invariánsnak nevezik.

Az elméleti számítások ideális kísérleti körülményeket tételeznek fel. Például úgy, hogy a mintát megvilágító nyaláb nagyon vékony, párhuzamos, monokromatikus sugár, a detektor ablaka pedig végtelenül szűk legyen. Ezek a körülmények a méréseknél nem biztosíthatók, de a beállítási paraméterek ismeretében az ideális esetre átszámíthatók. További szerkezeti paraméterek meghatározására az egyes konkrét rendszerek bemutatása kapcsán szolgálunk példákkal.

## Kisszögű röntgenkamerák és mérőeszközök

A hagyományos röntgendiffrakció és a kisszögű röntgenszórás kapcsolatának bemutatására az 1. ábrán szemléltetjük a kétféle technika szokásos mérési elrendezését. A forrás leggyakrabban egy Cu-anód  $K_{\alpha}$  karakterisztikus sugárzása, amelynek közepes hullámhossza  $1,542 \text{ \AA}$ . A sugárzás  $K_{\beta}$  járuléka  $10\text{--}20 \text{ \mu m}$  vastag nikkel lemezzel jól kiszűrhető. Nagy pontosságú méréseknél a karakterisztikus nyaláb hullámhossztartománya túlságosan széles, ennek szűkítéséhez diffrakciós elven működő monokromátorokat használnak. A nyaláb útjába a Bragg-feltételnek megfelelő irányba egykristályt (grafit, szilícium) helyeznek. Ha a két kristályt egymás után helyezik el, akkor a monokromatizált nyaláb közel a beeső nyaláb irányában halad tovább. A monokromátorok alkalmazása a primér nyaláb intenzitását jelentékeny mértékben lecsökkenti, ezért azokat elsősorban a nagy intenzitású szinkrotron forrásoknál



1. ábra. A kisszögű és a nagyszögű szórás tartományának bemutatása

alkalmazzák. (Szinkrotronnál a monokromatizálás szükséges is, mert a szinkrotronból fehér sugár lép ki.) A beeső nyaláb keresztmetszetét és párhuzamosítását résrendszerrel állítják be. Tüszérű, pontfókuszú nyalábot ún. pin-hole kollimátorokkal nyernek. Ez egy egyszerű eszköz, amely két vagy három, pontosan átfúrt, tengelybe illesztett arany korongból áll. A pin-hole résrendszer hosszával és lyukméreteivel a sugár divergenciája kívánt érték alatt tartható. A mintával szemben az az általános követelmény, hogy vastagsága ( $x$ ) a röntgensugár abszorpciót figyelembe véve optimális legyen ( $x \sim 1/\mu'$ ,  $\mu'$  a lineáris abszorpciós tényező), ami a legtöbb esetben  $0,1\text{--}2 \text{ mm}$  közötti értéket jelent. A mintán áthaladt primer nyaláb intenzitása több nagyságrenddel nagyobb, mint az egyes szögeknél mérhető szórt intenzitás. Ezért a detektor kímélése érdekében az áthaladt nyalábot platinából vagy volframból készült nyalábfogóval kitarják. Kicsiny szögeknél történő mérést csak a primér nyaláb jól kollimált beállítása teszi lehetővé. A feloldást a minta és a detektor közötti távolság ( $l$ ) növelésével javíthatjuk, ami a detektált intenzitás csökkenésével jár. A szokásos berendezésekben  $l$  értéke  $20$  és  $30 \text{ cm}$  között van, míg a szinkrotron berendezéseknél  $2\text{--}5 \text{ m}$ . A levegőnek erős a kisszögű szórása és abszorpciót is okoz, ezért az egész összeállítást vákuum alá kell helyezni. A detektálás hagyományos módja a fotopapírra való rögzítés. A pin-hole kollimátort, mintatartót és a filmkazettát is tartalmazó komplett egység neve pin-hole kamera. Ez az összeállítás a kisszögű szórás vizsgálatának legrégebbi eszköze. Ha a mintában szerkezeti anizotrópia van (például szárendezett polimer minta), akkor a fényképezőlemezen nem körszimmetrikus diffrakciós képet, hanem szintén anizotróp képet nyerünk. Mégpedig – a reciprok összefüggésnek megfelelően – abban az irányban, ahol a részecskék kiterjedése a legnagyobb, a szórás a legkisebb szögek tartományába koncentrálódik. Ha a minta szemcsék rendezetlen halmaza (például katalizátorszemcsék poralakban), akkor – a pordiffrakciós felvétel kisszögű analógiája alapján – körszimmetrikus fényképet nyerünk.

A pontfókuszú rendszer sugarának intenzitása kicsi, ezért a szórási görbe méréséhez hosszú idő szükséges. A legelterjedtebb Kratky-rendszerű kamerákban pin-hole helyett vonal alakú résrendszer van. A vonal profilú – pontosabban hosszú, vékony téglalap keresztmetszetű sugár – használata jelentősen rövidebb mérési időt tesz lehetővé, ugyanakkor a mérési görbe az ideális pontfókuszú nyalábbal mérhető formába konvertálható.

Az első generációs Kratky-kamerák sinre erősíthető kollimációs és detektáló egységekből álltak. A mintatartó a két egység között foglal helyet. Az újabb fejlesztésű, ún. kompakt Kratky-kamera egy blokkba van összeépítve. A kompakt kamera beállítása egyszerű, és jól reprodukálható méréseket tesz lehetővé. Hátránya, hogy a minta a vákuumtérben van, így a minta kezelése, pontos hőmérsékleten való tartása nehézkes.

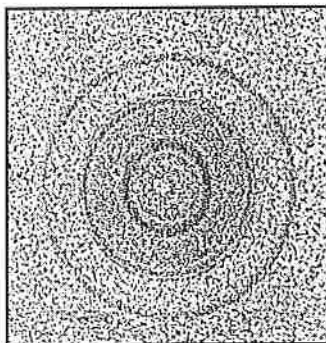
A röntgensugár-intenzitás detektálásának hagyományos eszköze a proporcionális számlálócső, amelynek ablaka szintén keskeny, hosszú rés. A számlálócsövet vertikális irányban, a röntgensugár vonalára merőlegesen, tetszőleges lépésekben léptetőmotor mozgatja. Az intenzitás mérést újabban a szintén proporcionális elven működő, helyérzékeny

detektorral, sokcsatornás analizátor segítségével végzik. A helyérzékeny detektor azt jelenti, hogy időben a teljes szórási tartományt méri. Magasság szerinti feloldása (amely az  $l$  távolság ismeretében a szögfeloldásra átszámítható) egy csatornaszélesség (20–160  $\mu\text{m}$ ). A kétdimenziós helyérzékeny detektor a fotofilmes detektálás elektronikus változata. Használata csak pontfókuszú nyaláb alkalmazása esetén célszerű. Az ilyen összeállítás tekinthető a kisszögű röntgenvizsgálatok modern eszközének és egyben ilyen típusú kamerák vannak a legtöbb szinkrotron mérőállomáson felszerelve.

Különleges mérési igényeket elégítenek ki a kisszögű kamerák nagyszögű kamerákkal kombinált változatai, amelyek az egy mintából származó kis- és nagyszögű szórás egyidejű mérését teszik lehetővé.

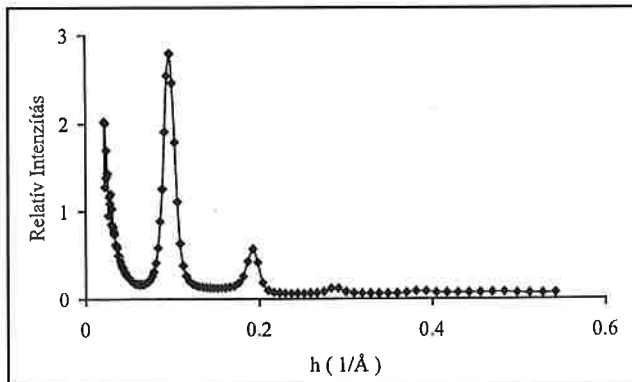
## Néhány tipikus kolloid rendszer kisszögű szórása

A gyakorlati példák sorát kezdjük a liposzóma rendszerek kisszögű szórásának bemutatásával [6,7]. A liposzóma rendszer közel gömb alakú egységei szabályos, centroszimmetrikus periódikus szerkezettel rendelkeznek, amelyben minden egyes egység multilamelláris (a rétegek száma 50–100). A rétegek görbületi sugara lényegesen nagyobb, mint a 6–7 nm-es rétegtávolság és azoknak nincs kitüntetett iránya, így a rétegszerkezet szórása olyan izotróp mintáéra hasonlít, amelyben a nagyszámú, párhuzamosan álló síkok kötegei rendezetlenül vannak elhelyezve. Ennek következtében a liposzóma rendszer kisszögű szórása centroszimmetrikus gyűrűrendszerből áll (2. ábra). A szabályos rétegszerkezet következtében a szinkrotron mérőállomáson a kétdimenziós helyérzékeny detektorral felvett szórási képen öt diffrakciós gyűrűt (öt Bragg-gyűrűt az öt rendben jelentkező diffrakciónak megfelelően) láthatunk. A Bragg-gyűrűk megjelenése alapján ebben az esetben

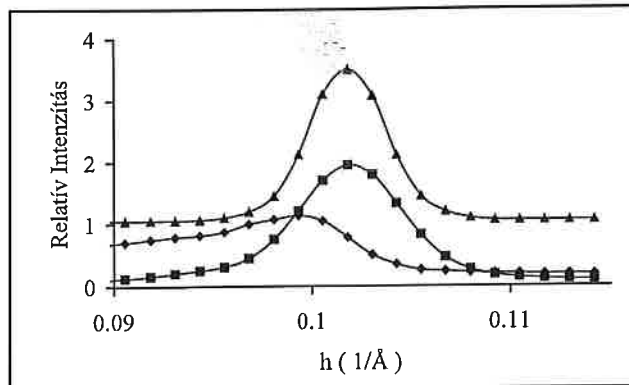


2. ábra. A centroszimmetrikus liposzóma rendszer kétdimenziós szórási képe

ben kisszögű röntgendiffrakcióról beszélhetünk. A szinkrotron-sugár nagy intenzitása lehetővé teszi a rövid detektálási időt. A kétdimenziós detektor alkalmazása további mérési idő nyereséggel jár, mert a centroszimmetrikus szórási képen a centrumtól (a primér nyaláb súlypontja) számított sugár mentén (mint  $s$  értéke) haladva az intenzitásértékeket a teljes körgyűrűre összegezhettük. A 2. ábra alapján számított szórási görbét a 3. ábrán és annak egy részletét a 4. ábrán mint a  $h$  függvényében mért intenzitást mutatom be. A 4. ábrán összehasonlításul

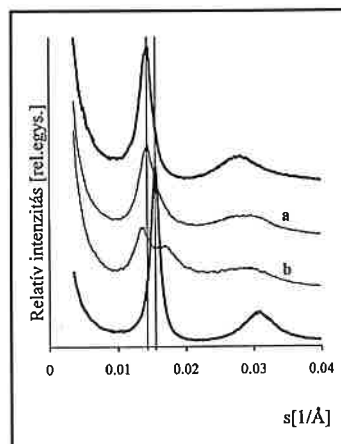


3. ábra. A liposzóma rendszer radiális irányú, a szórási változó függvényében megadott intenzitás eloszlása (szinkrotronnal készült felvétel, DESY, Hamburg)

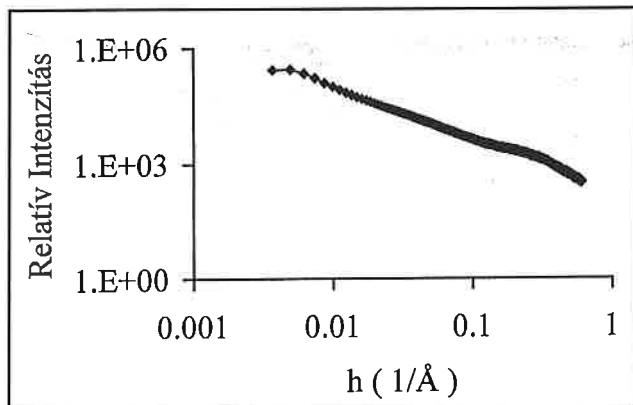


4. ábra. A liposzóma rendszer intenzitásgörbéjének részlete, az első Bragg-reflexió környezetében. A három feltüntetett görbe közül kettő mérés, egy pedig számítási eredmény: vonalfókuszos berendezésben felvett görbe (rombusz) és pontfókuszra átszámított formája (négyzet), valamint az  $y$  tengely mentén eltolva a pontfókusszal mért görbe (háromszög).

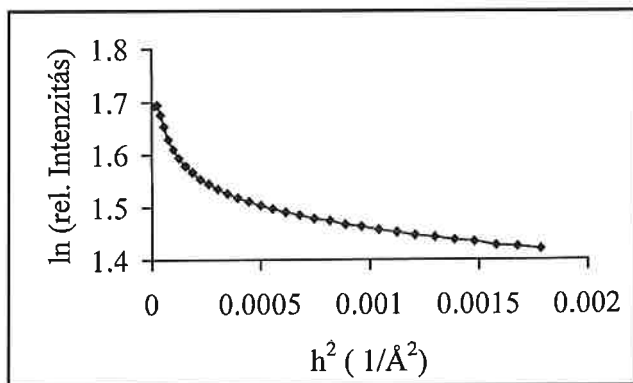
feltüntettem ugyanennek a rendszernek a laboratóriumunkban, egy vonalfókuszú berendezéssel (klasszikus Kratky kisszögű kamera) mért és annak pontfókuszú geometriára átszámított formáját is. A szórási görbékét összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a minta legfontosabb sajátosságát a rétegszerkezet periódustávolságára mind a hagyományos berendezésnél, mind a szinkrotronnál történt mérésekkel azonos érték adódott. Ugyanakkor a szórási görbék finom részleteiben különbséget találunk. A szinkrotronnál nyert intenzitásgörbén a Bragg-reflexiók félértékisélessége kisebb, mint a hagyományos berendezéssel mért görbékben. Ez azt jelenti, hogy a szinkrotronos mérések alapján a liposzóma rendszer rétegszerkezete lényegesen szigorúbb periódicitást mutat, mint azt a laboratóriumunkban felvett görbék alapján megítélnék. Az eltérést a vonalfókuszú berendezés adatainál használt számítások közelítő jellegére vezethetjük vissza. A szinkrotronnál nyert mérési adatok helyességét a modellszámítások erősítették meg. A gömszimmetrikus szerkezet feltételezése más módszerek alapján megalapozott és lehetővé teszi, hogy viszonylag egyszerű úton kiszámítsuk az elméleti szórásgörbét, amelynek a 4. ábrán bemutatott éles Bragg-csúcsai vannak. Általában a modellszámítások a kisszögű görbék értelmezésénél nagyon sokat segítenek, mert a szórásgörbék egyes részleteinek változását értelmezik. Meg tudjuk mondani, hogy az alternatív szerkezeti formák milyen formában jelenhetnek meg az intenzitásgörbékben. A szórási görbék megjósolt változásaival szemben a mérési körülmények további változásokat okozhatnak. Ugyanis a gyakorlatban a szórási görbék nem tudjuk megmérni a teljes szórási tartományban. A primér nyaláb instrumentális szélessége miatt nem lehetséges az egészen kicsiny szögek tartományában való mérés (ami kiterjedt szóróegységeket tartalmazó minták esetében különösen kívá-



5. ábra. A liposzóma rendszer számított szórásgörbéi. A két vastagon kihúzott görbe különböző gél-fázisú állapothoz tartozik, míg a közbülső görbék átmeneti formák szimulációi (az 50 héjat tartalmazó liposzómákban két fázis van egy időben jelen, melyek doménjei 1–4 (a) ill. 3–7 (b) kettőshéjat tartalmaznak).



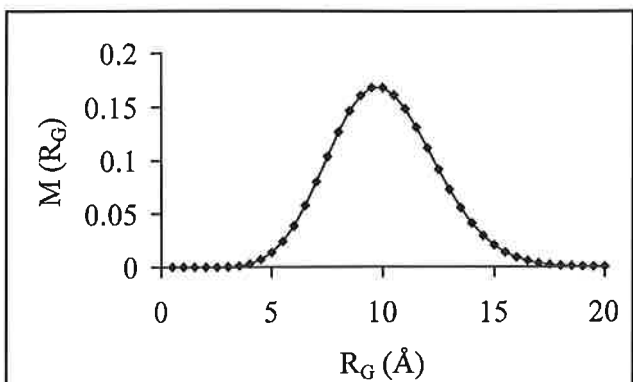
6. ábra. Egy aktív szén minta kisszögű szórásgörbéje.



7. ábra. A szórásgörbe kezdeti szakaszából származó „Guinier-plot”.

atos lenne). A levágási hibák az átszámítások során kisebb-nagyobb mértékben megváltoztatják az eredményeket.

A liposzóma rendszerekre vonatkozó modellszámítások illusztrálására mutatom be az 5. ábrát. A liposzóma rendszer a hőmérséklet függvényében különböző periódusú rétegeket tartalmaz. Az eltérő periódusú formák valamint az ezek közötti átmeneti állapotok tanulmányozása a sejtmembránok megértését szolgálják. Az ábrán két, különböző periódusú szerkezet valamint azok közötti néhány lehetséges átmeneti állapot elméleti szórásgörbéit mutatom be. A modell szerint az átmeneti állapotokhoz különböző rétegszámú, azaz különböző radiális méretű doméneket rendelünk, amelyeknek a szimulált szórásgörbéi nagyon hasonlóak azokhoz a görbékhez, amelyeket a gyakorlatban a liposzóma rendszereken mérünk. A modell szerint az alapfázisok kiterjedt doménjeit tartalmazza az az átmeneti forma, amelynek minden egyes Bragg-reflexiója kettős csúcsú formát mutat. Evvel szemben az alapfázisok kis rétegszámú doménjeinek egyidejű jelenléte esetében a Bragg-reflexiók egyetlen, kiszélesedett és csökkent intenzitású csúcsalakot mutatnak.

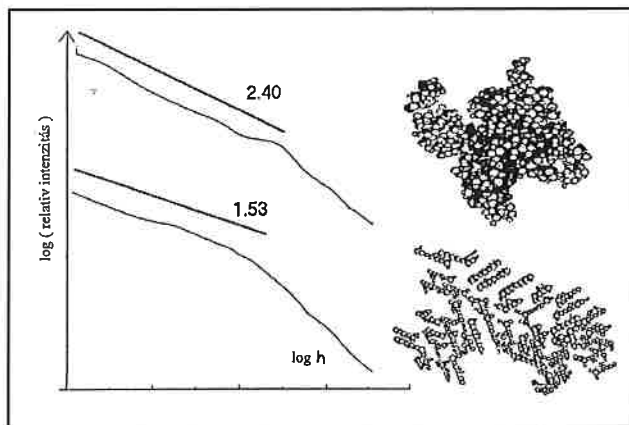


8. ábra. Az aktív szén minta szóróegységeinek méreteloszlása.

A szabályos rétegszerkezetű minták csak szűk csoportját jelentik a kisszögű szórással hatékonyan vizsgálható kolloidrendszereknek. A diszperz rendszerek gyakran monoton csökkenő szórási görbét adnak. Ezek, a látszatra információszegény fényképek is több szerkezeti paraméter meghatározására adnak lehetőséget. A következő, 6. ábrán egy aktív szén minta szórását mutatom be, amit egy vonalfókuszú berendezéssel nyertünk. Az adatok pontfókuszú geometriára való konvertálása után a 7. ábrán láthatjuk a Guinier-sugár meghatározására szolgáló  $\ln(\text{relatív Intenzitás}) - h^2$  reprezentációt. Az adatok nem illeszthetők egyenessel. Nyilván a különböző méretű frakciók szórásai összegződnek és a nagyobb méretű egységek szórása a kisebb h-k tartományába esik, aminek következtében a 6. ábrán látható görbe eleje meredek. Az adatpároból, a szóróegységek monoform alakjának feltételezésével különböző módon számíthatjuk ki az eloszlásgörbét. A számítási eljárások közül mi Shull és Roess módszerét követtük [8] és annak eredményét, a szóróegységek Guinier-sugár Maxwell-típusú eloszlását a 8. ábrán mutatom be.

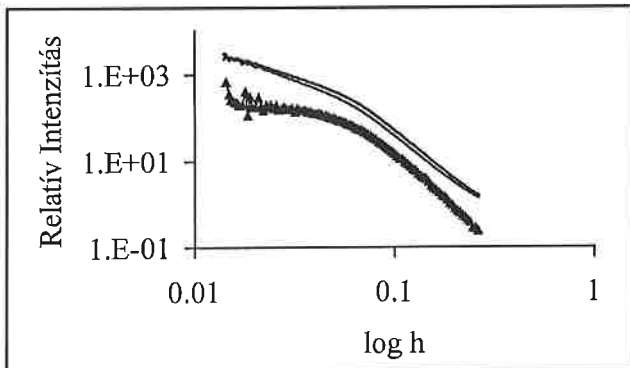
A következőkben visszatérünk a 6. ábra kapcsán a szórási görbe egészéből számítható szerkezeti paraméterek bemutatására. Ezek azért fontosak, mert általánosságban bármely diszperz rendszerre vonatkozóan kiszámíthatók. A szórási görbe nulladik és elsőrendű momentumaik ismeretében számíthatjuk a korrelációs hosszának nevezett távolságot, ami a minta szóróegységei átlagos lineáris méretének felel meg. Az elsőrendű momentum felhasználásával az inhomogenitás távolságot, a kétfázisú minta fázisainak átlagos lineáris kiterjedését határozhatjuk meg. A fázisok térfogati törzseinek ismeretében az inhomogenitás távolsággal fordítva arányos a minta belső felülete (a kétfázisú minta fázis-határa). Különösen adszorbensek esetében fontos ezen belső felület ismerete, mert a különböző külső molekulák helyigénye alapján meghatározott fajlagos felülettel való összehasonlításával képet nyerhetünk arra nézve, hogy milyen mértékben nyitott a belső pórusrendszer.

A minta belső morfológiájának ismerte további hasznos információkat szolgáltat például, az adszorpciós vagy a mechanikai tulajdonságok értelmezéséhez. Nem mindegy, hogy a minta egységei laza, szálas vagy kompakt halmazokat formálnak. Az aktív szén kapcsán a következő példában mutatom, hogy eddig „csak” tudományosi leírásnak tűnő fraktál tulajdonságok ismerete, fontos, technológiai szempontoknak megfelelő minősítő paraméterként szolgálhat [9]. A 6. ábrán bemutatott szórási görbe középső tartománya a tömegfraktál, lecsengő része pedig a felületi fraktál értékeit határozza meg. A felületi fraktál meghatározását egyéb, például adszorpciós módszerekkel is elvégezhettük, ellenben a tömegfraktál dimenziójának pontos meghatározásá-



9. ábra. Az aktív szén minta elméleti szórásgörbéi. Az aktív szenet több száz gömbalakú egységből építettük fel, több ezer megadott konfiguráció szórásának összegeként. Az ábrán két lényegesen különböző – egy kompakt és egy laza, láncszerűen felépülő – formát és az ezekhez a típusokhoz tartozó szórási görbéket láthatjuk, a tömegfraktál dimenziók feltüntetésével.

hoz a kisszőgű szórás ideális módszer. Amennyiben a szórásgörbe  $\log(I) - \log(s)$  ábrázolási módban az  $s$  középső tartományában legalább egy nagyságrendben lineárisnak mutatkozik, az egyenes meredekségének abszolút értéke közvetlenül a tömegfraktál értékét adja. Mit jelent ez az egyszerű szám? Azt jelenti, hogy minél kisebb a tömegfraktál dimenziója annál inkább egy irányban fűződnek fel (szálas elrendeződés) a minta szóróegységei. Ha a tömegfraktál dimenziója a maximális 3-hoz közelít, akkor a minta egységei kompakt elrendeződésben vannak. A minta szóróegységeinek a 8. ábrán bemutatott eloszlását figyelembe véve, Monte Carlo számítási módszerrel nagyszámú, különböző, a modell szerint megszabott illeszkedési szabályt betartva, kiszámítottuk a minta szórási görbéit olyan esetekre amikor a szóróegységek laza, fonalszerűen felfűzött vagy amikor kompakt szoros illeszkedésű térformákat vesznek fel. A két különböző konfigurációs állapot elméleti szórásgörbéit, valamint a hozzátartozó szóróegység halmazok egy-egy kiragadott tipikus konfigurációit a 9. ábrán mutatom be. Evvel párhuzamosan a kiindulási mintával különböző kísérleteket végeztünk: további oxidációt valamint hőkezeléssel kombinált oxidációt. A minták valódi szórásgörbéi a 9. ábrán bemutatott két szélsőséges eset között változtak. A szóróegységek, a modellszámítások alapján értelmezett konfigurációs változatai magyarázatot szolgáltattak az aktív szén kezelés hatására bekövetkező adszorpciós tulajdonság-változásaira, nevezetesen arra, hogy a szerkezeti egységek láncszerű felfűződése nyitottabb, a külső



10. ábra. A nikkeltartalmú katalizátor két, különböző energián felvett, kisszőgű szórási görbéje, valamint azok különbséggörbéje.

molekulák számára jobban hozzáférhető formát hoznak létre, ami nagyobb fajlagos felülettel jár.

Végezetül bemutatok egy, igazán korszerűnek számító ASAXS mérési eredményt, ami polimervázba ágyazott nikkell katalizátoron készült [10]. A 10. ábrán a két, egymáshoz nagyon közel fekvő görbék különböző röntgenenergiákon készültek. Az egyik a nikkell adszorpciós éléhez közel, a másik attól kisebb energián. A két, különböző energián mért görbék különbsége alig 3%-ot tesz ki (ezt a különbséget a szinkrotron-sugárzással még 0,1%-os pontossággal mérhetjük!), ugyanakkor nagy információ-tartalommal rendelkezik: csak a nikkell részecskékre jellemző. Bármelyik energián mért szórási görbe és a különbséggörbe alakja jelentősen eltér. Ennek oka az, hogy az egy adott energián mért szórási görbe a minta minden alkotójából származik, míg a különbséggörbe csak a nikkell részecskék szórását adja. Ezen utóbbi görbe alapján mód van a nikkell részecskék alakjának és méreteloszlásának meghatározására.

## Irodalom

- [1] A. Guinier and G. Fournet: Small-Angle Scattering of X-Rays, Wiley, New York (1955)
- [2] A. Guinier: X-Ray Diffraction in Crystals, Imperfect Crystals and Amorphous Bodies, W.H. Freeman and Company, San Francisco (1963)
- [3] O. Glatter and O. Kratky: Small Angle X-ray Scattering, Academic Press, London (1982)
- [4] F. J. Baltá-Calleja and C. G. Vonk: X-Ray Scattering of Synthetic Polymers, Elsevier, Amsterdam, 1989.
- [5] J. M. Schultz: Az Anyagvizsgálat Diffrakciós Módszerei, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1987.
- [6] Bóta, A., Drucker, T., M. Kriechbaum: Liposomes as Model Membran Systems, Olaj, szappan, Kosmetika (1998) 47(5), 244-250.
- [7] Bóta, A., T. Drucker, M. Kriechbaum, Zs. Pálfi and G. Réz: Layer Formations of Dipalmitoylphosphatidylcholine Liposomes in the Pretransition Range, Langmuir, (1999) 15, 3101-3108.
- [8] Bóta, A., K. László, L.G. Nagy, T. Chopitky: Comparative study of active carbons prepared different precursors, Langmuir, 13, 6502-6509. 1997.
- [9] Bóta, A., D. Heringer, T. Mihályfi: SAXS Study on Activated Carbons. Abstract a II. Nemzetközi Kisszőgű Neutron- és Röntgenszórásos Iskola és Konferencia ( Mátraháza, 8-11. October 1998.) kiadványában
- [10] Petró, J., Bóta, A., László, K., Beyer, H., Kálmán, E. and Dódy, I.: A new alumina-supported, not pyrophoric Raney-type Ni-catalist, Applied Catalysis A: General (2000) 190, 73-86.

## SZEMLE

### A búza szívós

A biomimetika a természet jól tervezett anyagait és szerkezeteit tanulmányozza és hasznosítja ennek eredményeit. A Reading Egyetem Biomimetika Központja 1975 óta a természetes anyagok mechanikai vizsgálatára és elemzésére szakosodott, beleértve az eredmények hasznosítását a mesterséges anyagok megtervezéséhez és előállításához. Széleskörűen alkalmazzák a törésmechanikai vizsgálatokat a különféle összetett természetes anyagokon mint a magok, füvek, zöldségek, gyümölcsök, dió, kagylók, szárú, bőrök, artériák, csontok.

A Biomimetika Központ részt vesz az Eureka programban a különféle búzafajták összehasonlító vizsgálatában. A fél búzaszemből kimunkált 5x1x1 mm méretű próbatesten hárompontos hajlítással vizsgálják mikroszkóp alatt a jól megvilágított kezdő repedés terjedését a 0,1 mm/min terhelési és leterhelési ciklusok hatására. A vizsgálatokat az Instron 5564 típusjelű asztali szakítógéppel végzik. Meghatározzák a törési szívósság és a repedésterjedés közti korrelációs összefüggéseket. A búzaszemek törésmechanikai vizsgálata hozzájárul a búza őrlésekor végbemenő törési folyamat jobb megértéséhez.

(Forrás: Instron Rapport, issue 7)

### Bioaktív polimer

Az EU 5. K+F program keretében új, csonthelyettesítő, élő, bioaktív polimert fejlesztettek ki egy olasz, portugál, holland és angol kutatókból álló csoport. Az eljárás lényege a következő:

A csontsérült páciens saját csontvelőjéből kivett mintából laboratóriumi körülmények között új csontcellákat szaporítanak, amellyel bevonják a biológiailag összeférhető és lebomló porózus polimerből készített implantátum felületét, amely a szervezetbe történt beépítést követően új csontnövekedést generál mialatt a polimer degradálódik (ezért hibridimplantátumnak is nevezik, mivel az anyagát egyrészt ember alkotta, másrészt élő szövet). Ez az eljárás gyors gyógyuláshoz vezet.

Az IsoBone program jelenleg még a kutatás fázisában van, de az egereken, patkányokon, nyulakon és kecskéken elvégzett kísérletek igazolták az új csontszövet növekedését. A részletek iránt érdeklődők forduljanak a holland koordinátorhoz: J. de Bruijn, fax: + 31 30 228 0255, e-mail: joost.de.bruijn@isotis.com vagy keressék az interneten: <http://www.biomateria.com/980719.htm>.

(Forrás: VIPS, No.PP-7-004-EN April 2000)

# Mini-röntgenspektrométer a cementgyártás szabályozásában

Joó Katalin\*

Cementgyártáskor természetben előforduló nyersanyagokat (78–80% mészkő, 20–22% agyag) égetnek ki. Ez után a klinkert gipsszel (4–5%) együtt finom porrá őrlik. A kapott portland cement különböző oxidok keveréke, mint CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, illetve kisebb mennyiségben MgO, K<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub> stb. is megtalálható benne. A gyártási folyamat hatékony ellenőrzésével biztosítható a termék jó minősége.

Hagyományosan hullámhosszdiszperzív röntgenfluoreszcens (WDXRF) spektrométereket használnak a cement gyártási folyamatának ellenőrzésére. A cikkben rámutatunk, hogy a MiniMate kisméretű, kompakt, energiadiszperzív röntgenspektrométer (EDXRF) jól használható a fókuszú (WDXRF) háttérberendezéseként a tervezett karbantartás idején, illetve váratlan meghibásodása esetén. Egy kisebb cementgyár pedig a teljes folyamat ellenőrzését is meg tudja oldani ezzel a kompakt készülékkel.

## A készülék műszaki adatai

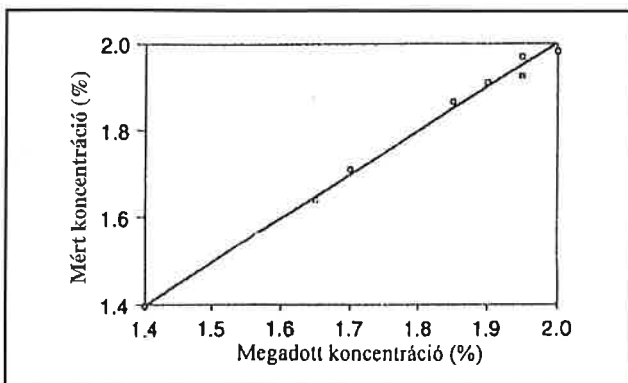
A MiniMate egy 15 kV-os, Cu-anódú, oldalablakos, max. 9 W-os röntgenszóvet és Sn-szűrőt tartalmaz. A jel detektálására nagy felbontóképességű (12–14%) Ne töltésű proporciónális számlálót alkalmaznak. A könnyű elemek detektálásának javítására pedig hélium átöblítő-rendszer csatlakoztatható (opcionális). A jelfeldolgozás egy 2048 csatornás analizátoron keresztül történik. Interaktív menüvezérelt szoftver teszi lehetővé a kvalitatív és kvantitatív kiértékelést.

A speciális, kis teljesítményű röntgenszóvet miatt a rendszer nem igényel hűtést. A MiniMate használatával megszabadulhatunk az izotópjersztésű készülékkel való mérés minden problémájától.

## A mérési eljárás lényege

A mérés elvégzéséhez szükséges egy ismert összetételű (5–10 mintából álló) standardsorozat azonos mátrixszal. A standardokból illetve az ismeretlen összetételű, de mátrixában hasonló őrleményekből azonos módon elkészítjük a mintákat. Az előre beállított paraméterekkel (kV, mA, idő) végigmérve a standardsorozatot, minden elemre kalibrációs egyenest kapunk. Ezt felhasználva mérjük az ismeretlen mintákat.

Egy kiválasztott ismeretlen összetételű mintát adott időtartam alatt többször megmérve kapjuk a készülék reprodukálhatósági jellemzőjét.



1. ábra. Korrelációs egyenes Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ra

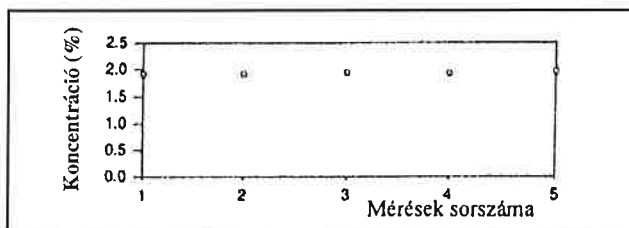
## Eredmények

A mért elemeket, koncentráció tartományait és azok pontosságát mutatja az 1. táblázat. Szoros lineáris korrelációt van a standardokra megadott elméleti és a kalibrált MiniMate készülékkel mért koncentrációk között (1. ábra). A mátrixhatás kiküszöbölésére empirikus faktor alkalmazható.

1. táblázat: A kalibrálás eredményei

A vizsgált komponens	Koncentráció-tartomány, %	A regresszió hibája (1σ), %
CaO	42,90 – 45,10	0,130
SiO <sub>2</sub>	12,10 – 13,90	0,250
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,95 – 3,75	0,110
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,40 – 2,00	0,020
SO <sub>3</sub>	0,18 – 0,30	0,008
MgO	0,66 – 0,76	0,030

Másik fontos kérdés az analízis reprodukálhatósága, melyet a 2. ábra illusztrál. Ugyanazt a mintát ötször megelemeztek néhány óra leforgása alatt. Az adatokból az átlag és a szórás minden mért komponensre kiszámítható (2. táblázat).



2. ábra. Reprodukálhatóság mérése Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> esetén

2. táblázat: Az eredmények reprodukálhatósága

A vizsgált komponens	A koncentráció átlagértéke %	A szórás (1σ), %
CaO	42,829	0,052
SiO <sub>2</sub>	14,007	0,035
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,210	0,044
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,929	0,018
SO <sub>3</sub>	0,362	0,005
MgO	0,709	0,002

## A minta-előkészítés gyöngyolvasztással

Az előzőekben már utaltunk arra, hogy a röntgenspektrométer kalibrációjához használt standardsorozat és az elemzendő minta ásványtaniilag azonos mátrixú kell legyen, továbbá, ha a mérést préselt portmintákon végezzük, mint tettük ezt az előbbiekben, akkor a szemcseméretük eloszlása is azonos kell legyen. Ezek a feltételek nem mindig teljesíthetők, ezért más eljárást kell alkalmaznunk.

\* TESTOR Kft.

# MŰSZERES ANALITIKA

A gyöngyolvasztás az a minta-előkészítési mód, amely képes a mátrixhatástól, az eltérő ásványtani hatásból és az eltérő szemcse-méret-eloszlásból adódó problémák kiküszöbölésére.

Az itt bemutatott mérésekhez 10 db NIST cement standardot használhatunk fel, melyeket keverés után foyasztószerez (minta: flux = 5:1) hígítottunk, megolvastottunk, majd gyöngyökké öntöttünk.

A foyasztószerez 66% lítium-tetraborátot és 34% lítium-metaborátot tartalmazott.

## A mérés eredménye

A cementminták elemzését a MiniMate készülékkel, 600 s mérési idővel végeztük. Minden komponensre kalibrációs egyenest vettünk fel. A minták közül egyet tízszer is megmértünk néhány órán belül az analízis reprodukálhatóságának bemutatására.

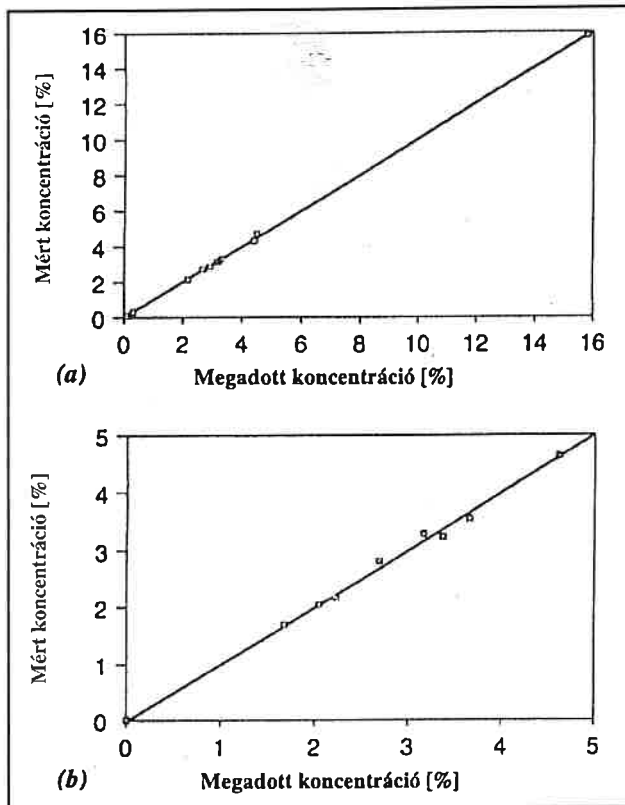
3. táblázat: A kalibrálás eredményei

A vizsgált komponens	Koncentráció-tartomány, %	A regresszió hibája (1σ), %
CaO	27,80 – 67,43	0,202
SiO <sub>2</sub>	0,35 – 23,19	0,288
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,31 – 71,20	0,379
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08 – 15,80	0,043
SO <sub>3</sub>	1,67 – 4,61	0,107
MgO	0,29 – 2,69	0,182
K <sub>2</sub> O	0,12 – 1,27	0,035
TiO <sub>2</sub>	0,01 – 1,83	0,036

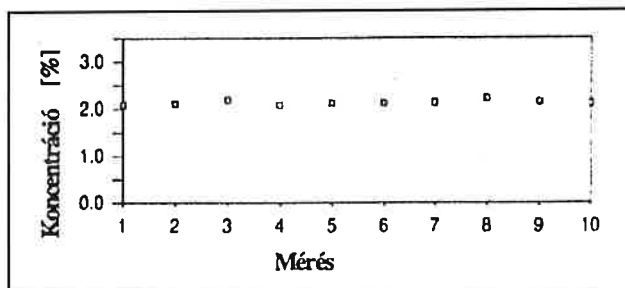
4. táblázat: Az eredmények reprodukálhatósága

A vizsgált komponens	A koncentráció átlagértéke %	A szórás (1σ), %
CaO	62,642	0,310
SiO <sub>2</sub>	19,717	0,205
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,864	0,199
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,133	0,045
SO <sub>3</sub>	4,617	0,044
MgO	1,667	0,489
K <sub>2</sub> O	1,212	0,109
TiO <sub>2</sub>	0,335	0,034

A mért elemeket, koncentráció tartományait és azok pontosságát mutatja a 3. táblázat. A viszonylag széles koncentráció-tartományban is kiténő lineáris korrelációt jelez a 3. ábra. A másik fontos jellemzőt, az



3. ábra. Korrelációs egyenes (a)  $Fe_2O_3$ , (b)  $SO_3$



4. ábra. Reprodukálhatóság mérése  $Fe_2O_3$  esetén

analízis reprodukálhatóságát a 4. ábra szemlélteti. Látható, hogy a MiniMate készülék megfelelően stabil.

**Összefoglalva megállapítható:** a mintákon elvégzett elemzések eredményei egyértelműen mutatják, hogy a Philips által gyártott MiniMate készülék kiténően használható – széles koncentráció-tartományban is – a cement összetételének a meghatározására és gyártási folyamatának követésére, szabályozására.

## SZEMLE

### Légszennyezést elemző automata

A környezet- és egészségkárosító légszennyezők automatizált észlelésére elemzőkészüléket fejlesztettek ki az EU közösségi kutatóközpontjában (JRC – Joint Research Centre), az olaszországi Ispraban. A kompakt, hordozható, kis működtetési és karbantartási költségigényű mérőkészüléket számítógép vezérli, amelynek az automatizált légmintavevője a mintát egy reakciótartályon (ún. mini-impingeren) keresztül szívja be és az elemzést végző HPLC (nagy teljesítményű folyadékkromatográf) rendszerbe továbbítja.

Az analizátor beállítható a levegőt szennyező kemikáliák széles választékának, például az izocianátok (amelyek pl. a poliuretán hab, a bevonatok és elasztomerek gyártása során keletkeznek), vagy a karbonil vegyületek (formaldehid, aceton, amelyek a faipari termékek által kibocsátva megtalálhatók a lakásokban is), vagy az aminok, az ammónia folyamatos meghatározására és a szennyezés időbeli lefolyásának a követésére. Az analizátor sorozatgyártását 2001-re tervezik.

(Forrás: VIPS, No. PR-074-EN April 2000)



# Szerkezetek kritikus üzemi hőmérsékletének becslése

Dr. Lehofer Kornél

Szerkezeteink biztonságos üzemeltetéséhez a kritikus üzemi hőmérsékletük ismerete sok esetben alapvető jelentőségű mind a tervezés és a gyártás során a szerkezet anyagának, hőkezelési állapotának a megválasztásához és a minőségi követelmények – köztük a megengedhető anyaghiányok – meghatározásához, mind az időszakos állapotellenőrzések során roncsolásmentes vizsgálatokkal kimutatott illetve a nullállapothoz vagy egy korábbi ellenőrzéshez képest megváltozott anyaghiányok veszélyességének a megítéléséhez.

A kritikus üzemi hőmérséklet meghatározásához, vagy legalább is kielőgítő pontosságú becsléséhez, ismernünk kell – a szerkezet igénybevételétől az állandósult és az átmeneti (indítás, leállítás) üzemi viszonyok között, beleértve természetesen a hőmérsékletet is; – a szerkezet anyagának állapotát, anyagszerkezetét és az igénybevétellel szembeni ellenállását jellemző mechanikai tulajdonságait; – a szerkezetben, különösen az igénybevétele illetve a gyártása (például a hegesztési varratok) szempontjából kiemelt szelvényekben, meglévő és roncsolásmentesen kimutatható anyaghiányokat (típusát, helyét és méretét) és a hozzájuk rendelhető feszültségállapotot illetve törésmechanikai jellemző (pl. a  $K_I$  feszültségintenzitási tényező) értékét.

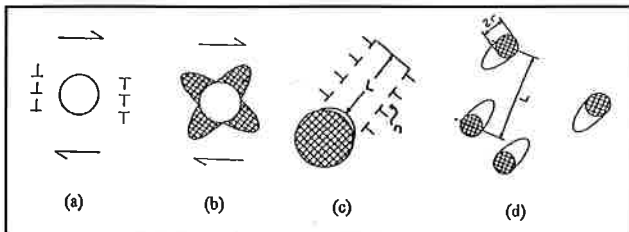
Az elektronika és a számítástechnika dinamikus fejlődésének is köszönhetően a célszerűen megválasztott roncsolásmentes vizsgálati módszerek együttes alkalmazásával – mindenekelőtt az ultrahangos és az örvényáramos eljárások bevonásával – az anyaghiányok illetve jellemzőik (típus, hely és méret) ma már kielőgítő biztonsággal kimutathatók illetve meghatározhatóak; továbbá az anyaghiányokhoz rendelt feszültségállapot és törésmechanikai jellemző kielőgítően pontosan számítható (pl. a véges elemek módszerével) a szerkezet igénybevételének ismeretében.

Viszont, ma még nem áll rendelkezésünkre teljes körűen a szerkezeti anyagoknak az anyag szerkezetétől, az igénybevétel módjától és hőmérsékletétől függő törésmechanikai anyagjellemzőinek (pl. a  $K_{IC}$ -nek) az értékei, amelyek szükségesek a kimutatott anyaghiányok veszélyességének a megítéléséhez, illetve a szerkezet kritikus üzemi hőmérsékletének a meghatározásához. Gondot jelent az is, hogy bár hiányosan, de a már meglévő mechanikai és törésmechanikai vizsgálati adatok a szerkezeti anyagok kémiai összetétele (minőségi jele) szerint csoportosítva szerepelnek az adatbankokban, ráadásul a tulajdonságot meghatározó anyagszerkezet jellemzői (pl. szemmagyság, kiválások átlagos távolsága) nélkül.

E probléma áthidalására a következő becslési módszer javasolható, amelynek lényegét a  $K_I < K_{IC}$  elv alapján minősíthető igénybevételi eset példáján szemléltetjük.

## A $K_{IC}$ függése az anyag szerkezetétől és a hőmérséklettől

Az anyagszerkezetük fémtani jellemzői alapján egyútt vizsgálható ötvözetcsoporthoz mechanikai tulajdonságainak leírására korábban kidolgozott módszert [1] alkalmazva korrelációs összefüggést vezetünk le az inkoherens kiválásokkal keményített szilárd oldat matrixú szerkezeti anyagok  $K_{IC}$  törési szívósságának anyagszerkezet-függésére [2] a kiválások mentén üregképződéssel bekövetkező szívós törést leíró Ashbay-féle fémfizikai modell [3] figyelembevételével. A modell az anyag szerkezetét a kiválások átlagos távolságával jellemzi (1. ábra), amelyet – az Orován-féle összefüggést felhasználva – a vele fordítva arányos, 20 °C-on mért  $R_{p0,2}$  folyáshatár, mint másodlagos szerkezeti paraméterrel, helyettesítettünk megteremtve a különböző összetételű, stabil kiválásokkal keményített, de a minőségre és



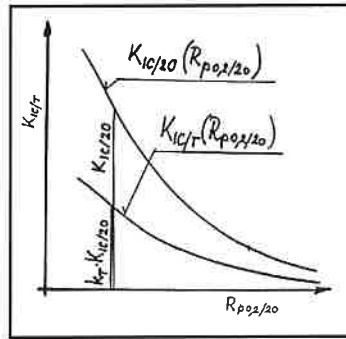
1. ábra. A kiválás–matrix határfelületek mentén üregképződéssel bekövetkező szívós törés fémfizikai modellje Ashbay szerint [3]. A kemény kiválások körül felhalmozódó diszlokáció hurkok (a) képlékeny zónákat hoznak létre (b) előidézve a diszlokációk további képződését és felhalmozódását e zónákban, majd az alakváltozás egy kritikus értékénél a határfelület felszakadását (c) és végül az üregek törést okozó növekedését (d).

rácsszerkezetre azonos matrixú ötvözeteken mért mechanikai tulajdonságok adatai együttértékelésének a fémfizikai feltételeit [1].

A  $K_{IC}$  törési szívósság anyagszerkezet-függésére – valamely  $T = \text{állandó}$  hőmérsékleten – a következő korrelációs összefüggés érvényes:

$$K_{IC/T} = C - D \cdot \exp[-(B + A/R_{p0,2/20})] \quad (1)$$

ahol  $A$ ,  $B$ ,  $C$  és  $D$  az ötvözetcsoporthoz érvényes korrelációs állandók. Az  $R_{p0,2/20}$  folyáshatárt MPa-ban helyettesítve a  $K_{IC/T}$  értékét MPa·m<sup>1/2</sup> dimenzióban kapjuk. A leggyakrabban használt, kiválósan keményített ferrites szerkezeti és szerszámacélokra (normál metallurgiai eljárásokkal gyártott, megfelelően átalakított és hőkezelt), 20 °C-on ( $T = 293$  K-en) érvényes korrelációs állandóinak számértékei [2]:  $A = 653$ ;  $B = 0,09$ ;  $C = 401$ ;  $D = 566$ .



2. ábra. A  $K_{IC/T}(R_{p0,2})$  függvények lefutásának egymáshoz viszonyított menete

Értékelve a ferrites acélcsoport egyes acéljain a különböző  $T < 293$  K-en mért adatokkal meghatározható  $K_{IC/T}(R_{p0,2/20})$  összefüggéseket – amelyek egymáshoz viszonyított lefutását a 2. ábra szemlélteti – megállapítottuk, hogy azokra a

$$K_{IC/T}(R_{p0,2/20}) = k_T \cdot K_{IC/20}(R_{p0,2/20}) \quad (2)$$

összefüggés érvényes, ahol definíció szerint

$$k_T = K_{IC/T}/K_{IC/20} \quad (3)$$

amely a hőmérséklet függvénye:

$$k_T = \exp[(T - 293) \cdot a] \quad (4)$$

azaz 20 °C-on ( $T = 293$  K-en):  $k_T = 1$

A ferrites acélcsoportra a (4)-ben szereplő állandó értéke:  $a = 0,01$

## A szerkezet kritikus hőmérséklete meghatározásának menete

1) A szerkezet kiválásokkal keményített állapotra hőkezelt anyagán szakítóvizsgálattal meghatározzuk 20 °C-on az  $R_{p0,2/20}$  folyáshatár várható értékét, amellyel – ha nincs vizsgálati adatunk – a szerkezet anyagára érvényes (1) összefüggéssel kiszámítjuk a  $K_{IC/20}$  törési szívósság várható értékét.

2) Meghatározzuk roncsolásmentes vizsgálatral a szerkezetben lévő anyaghiányokat és kiszámítjuk a szerkezet igénybevételéből a hozzájuk rendelhető  $K_I$  értékeket, majd ezek legnagyobb értékével a  $k_T$  tényező  $k_T = (K_I)_{max}/K_{IC/20}$  értékét.

3) A  $k_T$  számított értékével, a szerkezet anyagára érvényes (4) összefüggésből kiszámítjuk a szerkezet  $(K_I)_{max}$  értékéhez tartozó kritikus hőmérsékletét, azaz:

$$T_{krit.} = (\ln k_T)/a + 293 \quad (5)$$

Ezen a hőmérsékleten  $(K_I)_{max} = K_{IC/T_{krit.}}$ , azaz a szerkezet biztonságos működötése érdekében a  $T_{ü}$  üzemi hőmérséklet nagyobb kell legyen a  $T_{krit.}$ -nál, hogy teljesüljön a

$$(K_I)_{max} < K_{IC/T_{ü}}$$

feltétel.

Ha a szerkezet  $T_{ü}$  üzemi hőmérséklete kisebb, mint az (5) szerint számított  $T_{krit.}$  hőmérséklet, akkor a szerkezet kritikus méretű anyaghiányait ki kell javítani, vagy a szerkezet igénybevételét kell lecsökkenteni (már ha erre mód van).

## Hivatkozások

- Lehofer, K.: A folyáshatár mint anyagszerkezet-jellemző, Magyar Fórum Tudományos Találkozó, II. kötet, pp. 432–438., Budapest, 1986.
- Lehofer, K.: A  $K_{IC}$  törési szívósság anyagszerkezet-függése, Anyagvizsgálók Lapja, 1995/4. pp. 123–124., és V. Törésmechanikai Szeminárium Előadásai, pp.204–209., Miskolc-Tapolca 1995.
- Ashbay, M. F.: Strengthening Mechanismus in Kristals, Kelly and Nickolson Eds., p. 137., Elsevier Press, 1971.

# A keménységmérés technikai újdonságai

Tóth Péter\*

A különféle keménységmérési eljárások a terhelő erő tartománya szerint három csoportba sorolhatók:

- Nanokeménységmérési eljárások (terhelés: 1 g alatti)
- Mikrokeménységmérési eljárások (terhelés: 1 g – 1000 g)
- Makrokeménységmérési eljárások (terhelés: 1 kg – 3000 kg)

A terhelés létrehozása szerint a keménységmérő gépeknek alapvetően két típus létezik: a hagyományos, közvetlen súlyterheléses és a zárt hurkos, erőmérő cellás gépek. Ez utóbbiak, az elektronika rohamos fejlődésnek köszönhetően, napjainkban egyre nagyobb teret hódítanak.

Ennek az új terhelő rendszernek köszönhetően a vizsgálatok reprodukálhatósága kb. 75%-kal nőtt.

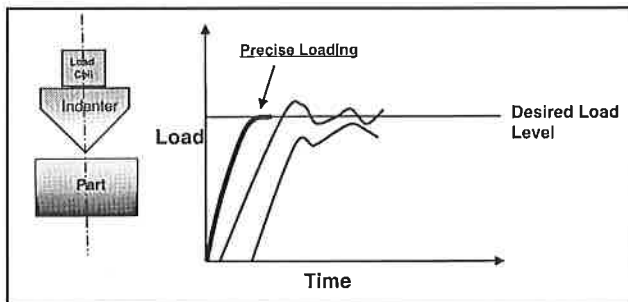
## A Testor 2000 Rockwell-keménységmérő gép

A terhelő rendszere a már említett zárt hurkos, erőmérő cellás. Továbbá, a hagyományos keménységmérőktől eltérően – melyeknél a vizsgálandó próbatétel mozog az álló szűrőszerszám felé –, a menetes orsó alkalmazása már feleslegessé vált, mivel a szűrőszerszám mozog a vizsgálandó tárgy felülete felé. Ezáltal az erő és a benyomódás közvetlenül a vizsgálat tengelyében mérhető. További előnye, hogy a tárgyat közelítő szűrőszerszám sebessége kb. 10-szer gyorsabb lehet a korábbi megoldásokénál. A száloptikás megvilágítás pedig a vizsgált felület igen nagy fényerejű, jól fókuszált megvilágítását biztosítja, és így az optikai lineáris mérés technikával a szűrőszerszám elmozdulása nagyon pontosan mérhető az elmozdulás teljes tartományában.

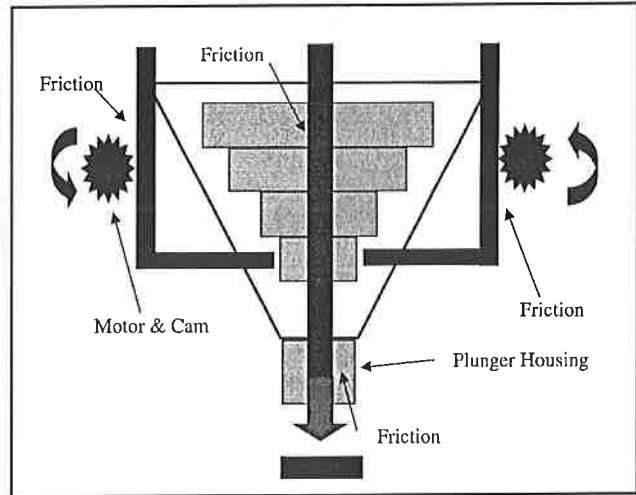
### A rendszer előnyei:

- Zárt hurkos terhelő egység (a terhelő erő túlfutása és ingadozása megszűnik).
- A szűrőszerszám közvetlenül az erőmérő cellára van felfogtatva.
- A terhelő erő nagysága tetszőlegesen beállítható a szabványosított vagy a megválasztott értékre.
- A próbatétel „mechanikai reakcióit, ellenállását” érzékelő áramkör megakadályozza az erőmérő cella és a szűrőszerszám károsodását.
- Nincsenek súlyos mozgó tömegek, a hagyományoshoz képest kb. 70%-kal kevesebb alkatrészből áll.

A legnagyobb probléma a hagyományos, közvetlen súlyterheléses rendszerek esetén az, hogy a terhelés ingadozik, illetve nem áll be a pontosan a megkívánt értékre (1. ábra). Ennek elkerülhetetlen oka az, hogy az elmozduló súlyok egy mechanikus áttételen keresztül terhelik a szűrőszerszámot és azon keresztül a próbatétel felületét. A mozgó súlyoknak tehetetlensége (inerciája) van, a mechanikus áttétel meglehetősen nagy számú alkatrésze pedig súrlódik (2. ábra). Mivel ezek időben nem állandó értékek, nagyon nehéz velük kalkulálni, és befolyásukat nem is lehet kiküszöbölni.



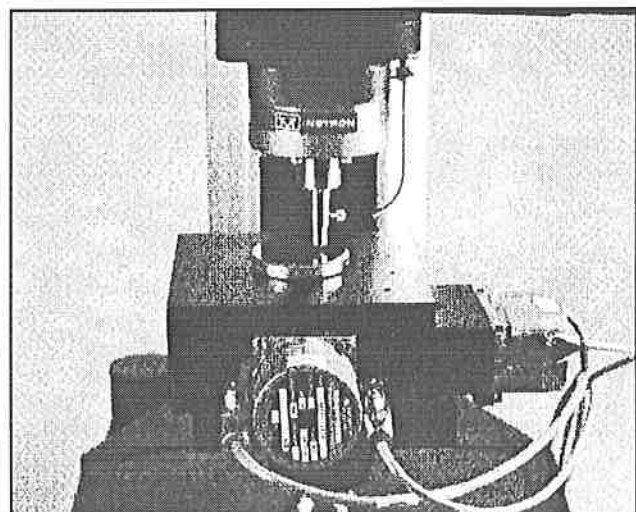
1. ábra



2. ábra

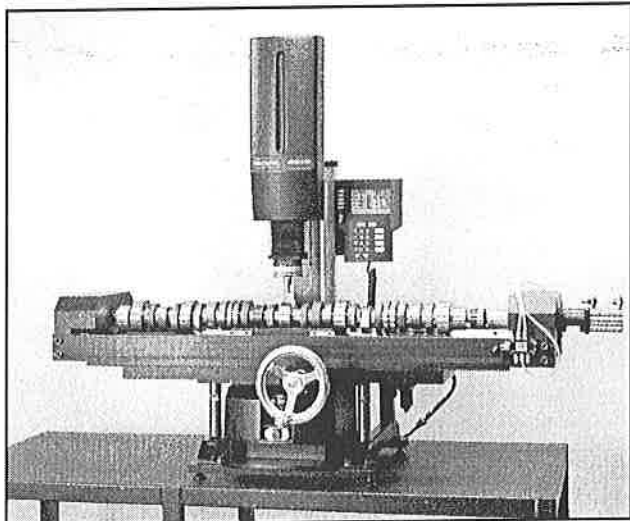
Ezzel szemben a zárt hurkos terhelő rendszer esetén a terhelést egy mikromotor hozza létre, az erő nagyságát pedig a rendszerbe sorosan kötött erőmérő cella és zárt hurkos elektronika szabályozza. Ez azt jelenti, hogy az erőmérő cella folyamatosan méri a terhelés nagyságát és a megkívánt erő elérése érdekében a terhelőmotor vezérlése pillantról pillantra változik.

Érdemes továbbá figyelembe venni az ún. GR&R körvizsgálatok tapasztalatait is, mely a gép kezelőjének befolyását írja le statisztikai megközelítésben. A körmérés célja annak meghatározása volt, hogy ugyanazon a hagyományos és új terhelési rendszerű géppel, ugyanolyan körülmények között, ugyanazon próbatételeken mért keménységértékek hogyan alakulnak a különböző gépkezelő személyek esetében. A vizsgálat megdöbbentő felismeréssel szolgált: míg a zárt hurkos mérőrendszerű gépen a különböző gépkezelők által mért értékek között 3% szórás volt tapasztalható, addig a közvetlen súlyterheléses gépen ugyanazon gépkezelők által mért keménységértékek között nem ritkán 20%-os szórás is előfordult! Ennek oka elsősorban a közvetlen súlyterheléses gépek terhelési görbéjének alakulásában keresendő (nem mindegy milyen „lendülettel” adjuk rá a súlyterhelést, mennyi ideig tarjuk rajta a főterhelést a próbatésten, Rockwell-eljárás esetén mennyire pontos az előterhelő erő nagysága stb.). Mindezek a zárt hurkos gépen beállított, stabilan állandó és reprodukálható értékek (az elő- és főter-



3. ábra

\*Testor Kft.



4. ábra

helés nagysága, rajtartásának időtartama, a terhelés sebessége mind-mind beállítható és reprodukálható érték). A kezelő dolga csupán a vizsgálat egyetlen gombnyomással történő elindítása. Ennek köszönhető a mért eredmény objektivitása és megbízhatósága.

A Testor 2000 keménységmérő gépek alkalmazási területe – a kiegészítő tartozékokkal együtt (lásd például a címlapon) – széles körű. A nagy „termelékenyséjük” miatt kiválóan alkalmasak a nagy sorozatszámú mérések végrehajtására. Éppen ezért több automata tárgyasztalmozgató rendszer is illeszthető hozzá, a legegyszerűbb mikrométeres X-Y tárgyasztaltól az elektromotor léptetésű X-Y tárgyasztalos megoldáson (3. ábra) át például a vezérmű bütökstengelyek mérésre alkalmas X irányú eltolással és szögelfordulással pozicionáló automata tárgyasztalig (4. ábra).

### Keménységmérés magas hőmérsékleten

A technika mai állása szerint Rockwell-keménységmérést 700 °C-ig lehetséges végrehajtani (pl. keménységmérés belső égésű motorok alkatrészein, turbinák csapágyazásán stb.). A legnagyobb körültekintést a szűrőszerszám (gyémántkúp) hőállóságának illetve hő hatásra bekövetkező karakterisztikus tulajdonság-változásainak a figyelembe vétele, valamint a keménységmérő gép hőszigetelése, alkatrészeinek a sugárzó hőtől való megvédése jelenti (5. ábra).

## Néhány új keménységmérési eljárás

### MicroRockwell-eljárás

Ez egy új, még nem szabványosított keménységmérési eljárás. Egyszerűen fogalmazva egy nem szabványosított Vickers-vizsgálat 500 g terheléssel, de a szűrőszerszám behatolási mélységének a mérésével.

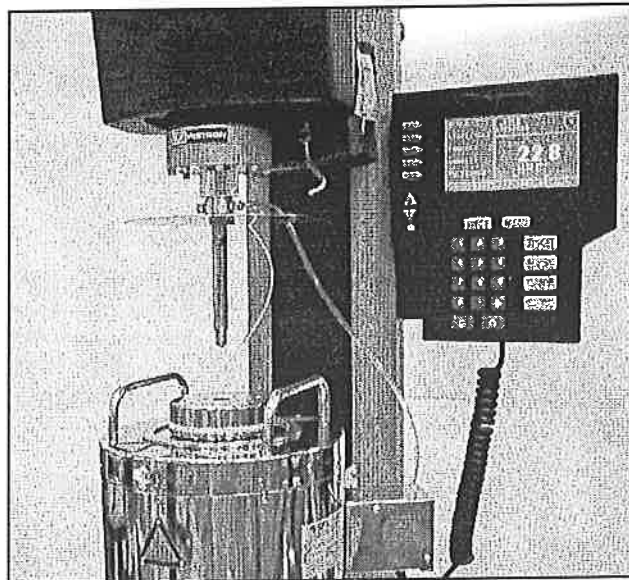
A mérés elve ugyanaz mint a macroRockwell-eljárásnak (behatolási mélység mérése főterhelés ráadása és elvétele után, az előterhelés fenntartása mellett). Egyetlen lényeges különbség a terhelés nagyságában van. Az előterhelés: 50 g, a főterhelés: 500 g.

### Az eljárás előnyei:

- Egyszerűbb és gyorsabb, mint a Vickers- vagy a Knoop-eljárás.
- A mérési eredményt gyorsabban szolgáltatja.
- Ideális a tömegtermelés minőség-ellenőrzéséhez.
- Alkalmazható például vékony fémlapok, borotvapengék, kis alkatrészek, bevonatok vagy hőkezelt rétegek vizsgálatára.

### Műszerezett benyomódás-mérés (IIT – Instrumented Indentation Testing)

Az eljárás lényege, hogy valamely zárt hurkos terhelő rendszerű (pl. Testor 2000, Testor 2100 vagy bármely Instron terhelőkeret) gép segítségével a szűrőszerszámot a próbatétel felületébe nyomják mialatt fo-



5. ábra

lyamatosan mérik és regisztrálják a terhelő erőt a benyomódás függvényében.

A fel- és leterhelés során rögzítette adatok egy, a feszültség-alakváltozás görbéhez kísértetiesen hasonló terhelési görbét alkotnak, mely a keménységmérésén túl számos, például kúszási anyagjellemző meghatározást teszi lehetővé.

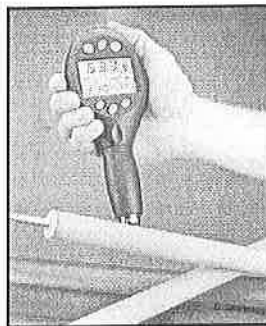
A mérési eljárás kitölti a most még meglévő „ürr” a hagyományos keménységmérés és szakítóvizsgálatok között.

Az anyagtulajdonságok lényegesen kisebb költséggel határozhatók meg így, mint szakítóvizsgálattal, és az sem elhanyagolható, hogy mindez a vizsgált próbatétel maradandó károsodása, teljes tönkremenetele nélkül lehetséges (ez különösen a nagy értékű, a kis mennyiségű vagy az egyedi alkatrészek esetén lehet lényeges szempont).

Az eljárás szabványosításnak előkészítése már folyamatban van, (mind az ISO, mind ASTM szervezetnél), kibocsátásuk, előreláthatólag a 2002. évre várható (DIN EN ISO 14577 számon). Az alkalmas mérőberendezés prototípusainak az elkészítése 2001 végére várható.

## Műanyagok, gumik keménységmérése

Bár ezek a módszerek nem sorolhatók az előzőekben ismertetett gépekkel és mérési eljárásokkal egy kategóriába, mindenképpen a cikk témájához tartozik a Shore-keménységmérés is. A 6. ábrán látható Shore-keménységmérő újdon-



6. ábra

sága, hogy cserélhető szondák segítségével egyetlen mérőóra alkalmas valamennyi Shore-skála (A, B, C, D, O stb.) szerinti mérés végrehajtására. Ez jelentős költségmegtakarítást jelenthet (beszerzési költség, kalibrálás, javítás, hitelesítés stb.).

A mérőóra alkalmas 6800 mérési eredmény tárolására, illetve az RS 232 kimenetén a mért adatok számítógépre átvihetők, feldolgozhatók és tárolhatóak. A mérendő anyagokra jellemző a keménység időfüggése, ezért a Shore-keménység a leolvasási idő függvényében változik. Ezt elkerülendő, a készülék egy előre beállított (0-99 s) idő eltelte után jelzi ki és rögzíti a Shore-keménység értékét.

# Szoftverrel vezérelt szakítógép ellenőrzése direkt és indirekt módon

Bocz András – Narancsik Zsolt

## Bevezetés

A Qualitest Lab. Kft. partnereinek többsége széles körű export-tevékenységet folytat. Megrendelőink termékei eljutnak az Európai Unió számos országába, az Egyesült Államoktól Japánig a világ minden részébe, velük vizsgálati eredményeink is hasonló utat járnak be. Mérési eredményeink helyességének, pontosságának ki kell elégítenie a piacok követelményeit, segítenie kell megrendelőink piaci képességét.

Mind partnereink, mind önmagunk számára igen fontos tevékenységünk minősége, munkatársaink szakmai felkészültsége, laboratóriumaink technikai felszereltsége.

Az Anyagvizsgálók Lapja 2000/2. számában a Szoftverrel vezérelt berendezések kalibrációja című cikkünk a szakítógépek direkt ellenőrzési eljárási lépéseit taglalja, ezek az erőmérő rendszer hitelesítése, a nyúlásmérő rendszer kalibrációja és a szoftver ellenőrzése. A direkt ellenőrzés említésének aktualitását adja az azóta megjelent, az 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről című törvényt módosító 68/2000. (V.19.) Korm. rendelet, ami a kötelezően hitelesítendő eszközök köréből kivette a mechanikai anyagvizsgáló gépeket, így a szakítógépet is.

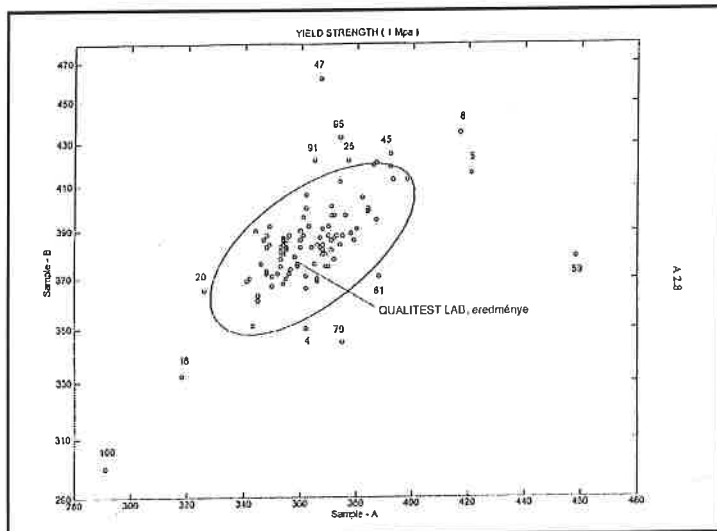
Még fontosabb tehát, hogy egy berendezés adott részeinek metrológiai ellenőrzése mellett az egész berendezés helyes mérését, működését igazoló – *indirekt* úton történő ellenőrzést is végezzünk berendezésünkön.

## Minőségirányítás a laboratóriumokban

A Qualitest Lab. Kft. jogfolytonosan 1992-től rendelkezik ISO 9001-es tanúsítással és 1996-tól évenként bővülő szakmai területen akkreditáltak laboratóriumai az EN 45001 szabvány szerint.

A korszerű, szoftverrel vezérelt és nyúlásmérővel felszerelt szakítógépek által szolgáltatott eredmények helyessége körvizsgálatokkal és összehasonlító mérésekkel igazolható.

A mechanikai vizsgálatok közül a szakítóvizsgálat a leggyakrabban igényelt vizsgálat. Az általa szolgáltatott eredmények szerepelnek a termékszabványok előírásaiban és a gyártói műbizonylatokon. Gyakorisága mellett a megismételhetetlenség a fő jellemzője, hiszen a próbatestet elszakadásával a vizsgálat tárgya válik újabb vizsgálatra alkalmatlanná.



1. ábra. Az A és B mintán az egyes laborok által mért folyáshatár (MPa) adatpárok

Azonban az irányított helyről származó próbavétel követő nagyszámú vizsgálatlalt az anyag homogenitása meghatározható. Az ily módon ismert inhomogenitású anyagot sok laboratóriummal megvizsgálva adódik az elvárható eredmény.

Az Asia Pacific Laboratory Accreditation Co-operation (APLAC) India szervezésében zajló körvizsgálatban 30 ország 100 vizsgáló-laboratóriuma vett részt.

A résztvevő országok és laboratóriumok számát az alábbi táblázat mutatja be:

Ország	Résztvevő laboratóriumok száma	Ország	Résztvevő laboratóriumok száma
Ausztrália	3	Dánia	2
Brazília	4	Lettország	1
Kanada	4	Litvánia	3
Kína	3	Malajzia	4
Tajvan	4	Hollandia	3
Csehország	2	Új-Zéland	3
Franciaország	1	Norvégia	3
Németország	5	Fülöp-szigetek	3
Magyarország	3	Szlovénia	3
India	11	Dél-Afrika	1
Olaszország	2	Dél-Korea	4
Thaiföld	4	Szlovákia	4
Japán	4	USA	6
Szingapúr	4	Nagy-Britannia	4
Svédország	1	Vietnám	1

A próbatetek anyagainak homogenitás vizsgálatát egy MTS berendezésen, egy anyagvizsgáló végezte.

A vizsgálati kiírás szerint a két darab, ismeretlen minőségű, 400 mm hosszú,  $\varnothing$  25 mm méretű rudat az ASTM A 370 szabvány szerint kellett előkészíteni és megvizsgálni, majd az  $R_{p0.2}$  folyáshatár, szakítószilárdság, a szakadási nyúlás és a kontrakció értékeit, az adott kerekítéssel, a szervezőkkel közölni.

Az APLAC által visszaküldött értékelésben nagyon szemléletes a két próbatest mérési eredményeinek együttes ábrázolásával nyert ábrák, amelyeken bejelöltük saját eredményeinket. Az 1-4. ábrák a többi laboratórium eredményével együtt szemléltetik sorrendben a folyáshatár, a szakítószilárdság, a szakadási nyúlás és a kontrakció értékeit.

A részletes statisztikai elemzés és az 1-4. ábrák kiértékelése után elmondható, hogy minden mért értékünk az összes érték középértékével egyező, ami kiválóan minősíthető.

Egy másik, az Institutul de Cercetări Metalurgice (ICEM) Románia által szervezett körvizsgálatban az EN 10002-1 szabvány szerint vizsgált, hengeres próbatetek eredményeinek összegzése után a részvételünket jónak minősítettük az alábbi értékekre alapozva:

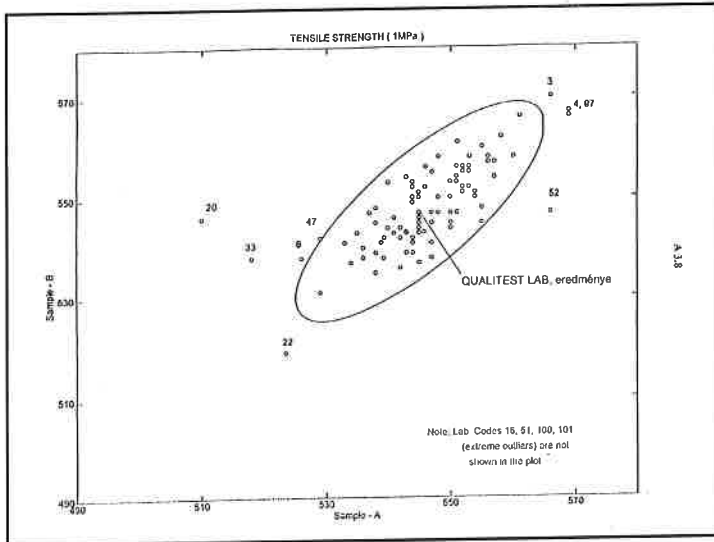
	Folyáshatár $R_{p0.2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Szakítószilárdság $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Szakadási nyúlás A (%)	Kontrakció Z (%)
ICEM által végeztetett homogenitás vizsgálat állagértékei	390	628	27	58
QUALITEST LAB. Kft. méréseinek állaga	401	628	27	57

A hengeres próbatesteken végzett körvizsgálatok után a **Dunaferri Kutatóintézet**től karöltve szerveztünk laboratóriumok közötti összemérést.

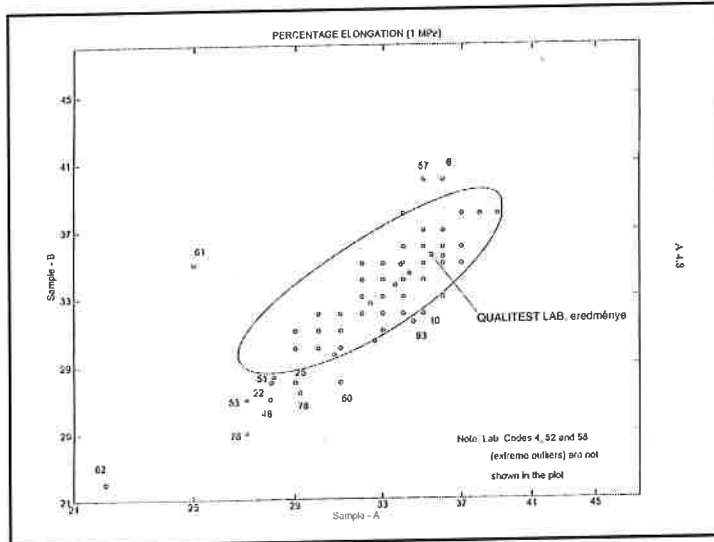
A vizsgálat tárgyát képező hidegen hengerelt acéllemez mechanikai

értékei időben változnak, így a rövid átfutási idő miatt szűk körű vizsgálat mellett döntöttünk.

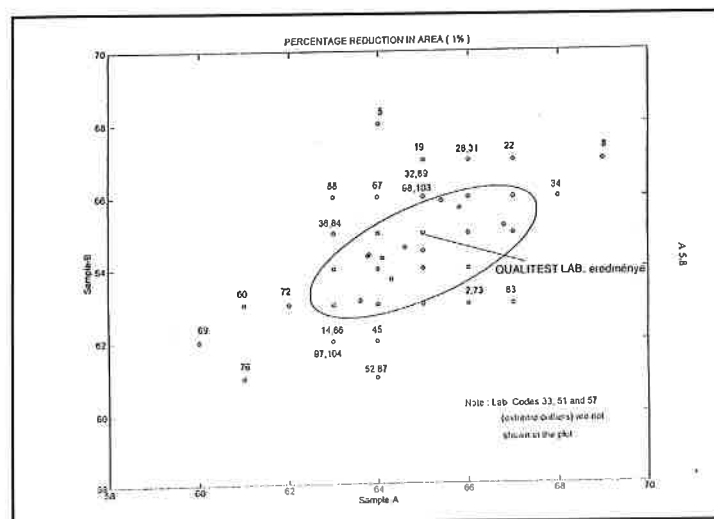
A vizsgálat különlegessége még, hogy a hidegen hengerelt lemezek feldolgozhatóságára utaló  $n$  keményedési kitevő és az  $r$  alakváltozási anizotrópia értékei is mérendő paraméterek voltak. Az anyag előzetes homogenitás vizsgálatát kényszerűen elhagyva az eredmények az anyag ismeretlen inhomogenitását is tartalmazzák:



2. ábra. Az A és B mintán az egyes laborok által mért szakítószilárdság (MPa) adatpárok



3. ábra. Az A és B mintán az egyes laborok által mért nyúlás (%) adatpárok



4. ábra. Az A és B mintán az egyes laborok által mért kontrakció (%) adatpárok

Mérések átlaga	Folyáshatár $R_{p0,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Szakítószilárdság $R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	Szakadási nyúlás $A_{80}$ (%)	$r_{90}$ érték	$n_{90}$ érték
1. mérőhely	284	372	32,6	1,45	0,165
2. mérőhely	281	373	32,5	1,50	0,165
3. mérőhely	284	371	32,9	1,40	0,175
4. mérőhely	289	377	33,0	1,30	0,170

A direkt ellenőrzéseket megerősítve az indirekt ellenőrzések tekintendő körvizsgálatokkal, meggyőződünk berendezéseink kifogástalan műszaki-technikai állapotáról, személyzetünk megfelelő tapasztalatáról és szakértelméről, az alkalmazott vizsgálati technológiánk helyességéről. Eredményeink igazolják cégünk vizsgálati és vizsgálattechnológia-fejlesztési koncepcióját, ami révén eredményeink megbízhatósága és pontossága segíti partnereink termékeinek értékesítését a világban.

A több éven keresztül, mérési színvonalunk összemérése és javítása miatt végrehajtott laboratóriumok közötti mérések és körvizsgálatok eredménye kincsébánya lehet a szakmai kollégáknak. A továbbiakban tervezzük a téma részletesebb publikálását, és az OMBKE keretében *díjtalan szakmai szimpózium* megszervezését, ahol rendelkezésre bocsátjuk tapasztalatainkat.

Köszönetet mondunk a Nemzeti Akkreditáló Testületnek, hogy a nemzetközi körvizsgálatokban való részvételünket lehetővé tette, és büszkéek vagyunk dr. Ring Rózsa elismerő szavaira: „Köszönöm, hogy részt vettek a körvizsgálatban és abban sikeresen szerepeltek. Ezzel hozzájárultak a magyar anyagvizsgáló laboratóriumok szakmai jóhírének öregbítéséhez”.

## Hivatkozások:

- [1] Mérési bizonytalanság meghatározása kalibrálásnál (Mérésügyi Közlemények XXXIX./3 1998)
- [2] ISO/IEC FDIS 17025: A vizsgáló és kalibráló laboratóriumok alkalmaságának általános követelményei
- [3] Szoftverrel vezérelt berendezések kalibrációja – Anyagvizsgálók Lapja 2000/2
- [4] 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről és a végrehajtásáról szóló 127/1991. (X.9.) Korm. valamint a 68/2000. (V.19.) Korm. rendelet
- [5] MSZ EN 30012-1:1998 Minőségbiztosítási követelmények mérőberendezésekre. 1. rész; Mérőberendezések metrológiai konfirmálásának rendszere
- [6] EURACHEM Guidance Document No.1 / WELAC Guidance Document No.WGD 2, Kémiai laboratóriumok akkreditálása
- [7] Bevezetés az általános metrológiába. Országos Mérésügyi Hivatal, 1988
- [8] MBE-11-EL-60-01 Mérő- és vizsgálóberendezések ellenőrzése. Qualitest Lab. Kft. eljárásleírás

# Minőség szabályozás a vevői elégedettség alapján

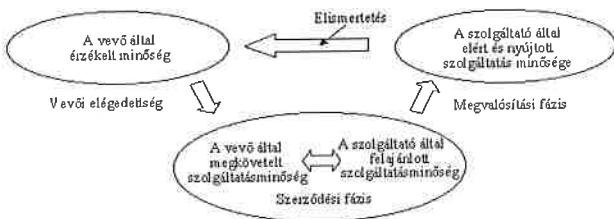
Koczor Zoltán – Gregász Tibor – Paulics Anita

## 1. A vevői elégedettség mérésének módszertana

### 1.1 A vevői minőségérzékelés lépcsői

A minőség mindig a várakozások és a ténylegesen megélt közötti összehasonlítás eredménye. A várakozások egyrészt az egyéni igényszintektől függenek, amelyet a mértékadó tapasztalatok és az elképzelések egyaránt vezérelnek, másrészt az éppen rendelkezésre álló alternatívák vonzereje is befolyásoló hatású (1. ábra).

Ha a várakozások teljesületlenek maradnak, akkor ez csalódást kelt, ami oda vezethet, hogy valamelyik korábban nem vonzó alternatíva, hirtelen kedvezőbb megvilágítást kap. A várakozások gyakori túlteljesítése viszont feljebb emeli az igény szintet. Ilyenkor ritkábban keresnek a vevők más alternatívákat.



1. ábra. A minőségérzet kialakulásának kritikus eltérései

### 1.2 A vevőelégedettség-mérés alkalmazásának aktualitása

A fejlett piacgazdaságok tapasztalatai azt mutatják, hogy napjainkban a világ vezető üzleti vállalkozásainak a Total Customer Satisfaction (TCS = teljes körű vevői elégedettség) figyelése és növelése lett a leghatékonyabb fegyvere. Kialakult egy hosszú távú vevőközpontú verseny, így a TCS egy stratégiaileg értelmezhető mutató lett. (Egyes cégek éves minőségcéljaikat a TCS értékek meghatározott növekedésében fogalmazzák meg.)

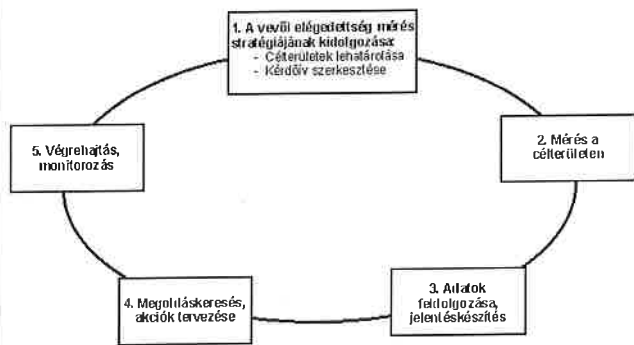
Míndez azon a felismerésen alapul, hogy a vevő nem csupán magát a terméket értékeli, hanem a termékhez kapcsolódó tapasztalatainak teljes körét, vagyis mindazon kapcsolatok összességét, amelyek egy céget a vevőkörhöz fűznek. A vevőközpontú verseny oda vezetett, hogy ma már sok esetben a vevő többet kap, mint amit elvár.

Az ISO 9000-es szabvány szerinti minőség fogalma egyértelműen a vevők kifejezett és meg nem fogalmazott igényeinek kielégítését hangsúlyozza. Ezt csak akkor lehet biztosítani, ha a vevők igényeit és a nyújtott szolgáltatások fogadtatását folyamatosan ismerjük, ezért a vevői igények meghatározására és a vevői elégedettség mérésére minőségügyi módszerek bevezetése szükséges. Nem véletlen hangsúlyos szempont a vevői elégedettség mérése az új ISO 9001:2000-es szabványban.

Az üzletekben forgalomba hozott különböző termékeknel a vevők véleménye első közelítésben megmérhető a forgalom és a reklamációk alakulásán. A vevői elégedettség ez esetben a vevők felszólamlásán és elpártolásán mérhető. Ugyanakkor a vevők hűségét kiváltó hatások pontosabb elemzés nélkül nem azonosíthatók, ezért a minőségügyi szabályozás elemeként sem használhatóak.

Azoknál a szolgáltatásoknál, ahol a vevő a szolgáltatás jellege miatt évekre elkötelezi magát egy szolgáltató partner mellett, ott a vevői elégedettség szintjének felmérésére önálló módszer kialakítása szükséges, hogy segítségével képet kapjunk arról, hogy a vevők milyenek érzékelik a szolgáltatás egészét, illetve hogyan értékelik a vállalat egyes szervezeti egységeinek teljesítményét.

### 1.3 A vevőelégedettség mérésének lépései (2. ábra)

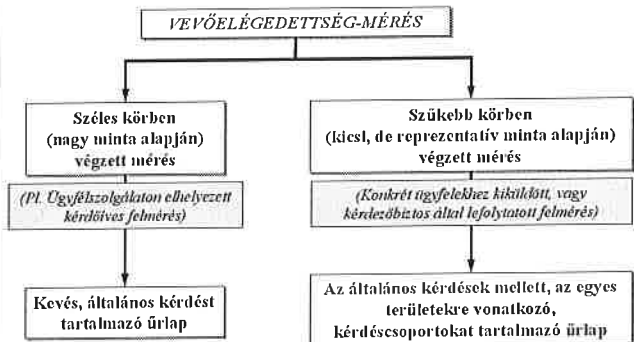


2. ábra. A vevői elégedettség mérés 5 lépése

#### 1.3.1 A vevői elégedettség mérés stratégiájának kidolgozása

- A célok és érintettek kijelölése
- A vevők szegmentálása
- Az eredmények értékelésének és felhasználásának tervezése
- A beavatkozási stratégia meghatározása
- A kérdőív összeállítása, tesztelése
- A válaszolók ösztönzési módjának kijelölése

#### 1.3.1.1 Különbség a mintavételes és a teljes felmérés között (3. ábra)



3. ábra. Különbség a mintavételes és teljes körben készített vevőelégedettség-mérés között

#### Az ügyfélelégedettség-mérés feladata kettős:

- információgyűjtés annak érdekében, hogy segítse a szervezetet termékeinek/szolgáltatásainak javításában,
- annak demonstrálása az ügyfelek számára, hogy a szervezet jobban kívánja őket szolgálni, és ezért puhatolja várakozásaikat, igényeiket (kommunikációs szerep).

Ha elég lenne az előbbi feladatra összpontosítani a programot, a vállalatnak csak véletlenszerű mintát kellene összeállítani az egyes felmérési időszakokra, majd folytatni a felmérést.

Ha az ügyfelek megelégedettségének mérését mintavételes alapon, kis mintán végzik (az ügyfélkörhöz viszonyítva), az gyakran nem elegendő. A felmérésnek azt az üzenetet kell hordoznia, hogy „törődünk vevőink megelégedettségével, érdekelnek észrevételeik, javaslataik”. A mérésnek ezt a kommunikációs feladatát egy egyszerű minta nem elégíti ki. Ezért a felmérés elkészítésekor meg kell határozni az ügyfélelégedettség-mérési program terjedelmét is (4. ábra). A felmérés a terjedelem tekintetében is eltér a piackutatástól, ahol a mintát gazdasági megfontolások alapján statisztikai módszerekkel szokták meghatározni.

#### 1.3.1.2 Mely ügyfeleket célszerű megkeresni a kérdésekkel?

Több ügyfélcsoport megkerdezését célszerű megfontolni attól függően, hogy milyen célt próbálunk elérni a felméréssel. Ha a tervben több

## Az űrlap struktúrája:

### 1. Globális kérdések

[Olyan általános kérdések, melyek a gyártó/szolgáltató működésének egészére vonatkoznak]

### 2. Az egyes területekre vonatkozó kérdéscsoportok

### 3. Globális kérdések

[A vevők lojalitását, hűségét vizsgálja]

- ☞ A kérdések teljes köre
- ☞ A kérdéseket szakembernek érdemes átnézetni
- ☞ A kérdések meghatározott szabályozási irányvonalakra épüljenek
- ☞ A kiértékeléshez bonyolultabb statisztikai eszközök szükségessége (korreláció-elemzés, GAP mátrix stb.)

4. ábra. Minta a kérdéscsoportokat tartalmazó űrlapra.

csoport megkérdezése szerepel, akkor az elemzési tervnek tartalmaznia kell azt, hogy az egyes csoportok véleményeit hogyan foglalják majd a jelentésbe, illetve hogyan kombinálják majd az eredményeket.

A vizsgálandó csoportok lehetnek:

- jelenlegi ügyfélkör,
- a jelenlegi ügyfélkör meghatározott szegmentációja,
- a céget elhagyó régi vásárló és
- a versenytársak vevői.

Jelenlegi ügyfélkörrel kapcsolatos információk iránt van a legnagyobb igény. A jelenlegi vásárlók nem tekinthetők homogén csoportnak, amit a mintavételi és elemzési szakaszban mindig figyelembe kell venni. El kell döntenie, hogy mennyi és melyik ügyféllel készítsenek interjút. Már az az egyszerű kérdés is gondot okozhat, hogy kiket tekinthetünk jelenlegi ügyfélnek. Rendszerint azt is meg akarjuk határozni, hogy kik a legfontosabb ügyfeleink.

Nemcsak külső ügyfélről van szó. Ügyfél megelégedettségi felmérést végezhetnek a vállalat keretein belül is, melyek megmutatják, hogy az egyes egységek milyen mértékben elégték ki belső ügyfeleiket (munkatársi megelégedettség).

#### 1.3.1.3 Mérés követelmények, vevői adatbázisok

Az ügyfelekről teljes körű adatbázisra van szükség, legyen a felmérés akár mintavételes, akár teljes körű. Meg kell fontolni, hogy a megkérdezendők jegyzékében nem szereplő ügyfelek kihagyása nem okoz-e torzulásokat a felmérés eredményében. A jegyzék hiányainak elemzése önálló értékelés alapjává válhat. A vásárlókról készített adatbázis segítségével meghatározhatók a főbb vevői szegmensek, csoportok.

Ha egyszer sikerül reprezentatív ügyfél adatbázist összeállítani, ki kell egészíteni egy olyan résszel, amely a megelégedettségi mutatókat követi (ez az előfizetői adatbázis másolata, speciális változtatásokkal). Azért van erre szükség, mert

- hozzáférhetőnek kell lennie a megelégedettséget mérő csoport számára, de más részeknek ne változtassanak rajta;
- a visszaáramlott válaszok megfelelő mintavételére és elemzésére, egyes ügyfelekre vonatkozó információk hasznosak lehetnek, ugyanakkor függelékek csatolhatók a későbbiekben egy-egy fájlhoz;
- a vásárlói megelégedettség időbeni alakulásának követése más relációs adatbázisokhoz való csatlakozást kívánhat meg, a jelenlegi fájlok ilyen bővítése általában nem kívánatos.

#### 1.3.1.4 Ösztönzők

Az ügyfél szempontjából egy ilyen felmérésben való részvétel időt és

fáradtságot kíván, de ésszerű ösztönzéssel segíteni lehet hajlandóságukat. Ipari környezetben pusztán annak a ténye, hogy a szolgáltatás vagy szállítás „testre szabottabb” lesz, elegendő lehet. Az érdek minden esetben erős motiváló tényező. Ilyen motiváló eszközök lehetnek:

#### Előzetes ösztönzés

A potenciális válaszadók megnyerésére a kérdőívhez mellékelni árú-minta, apróbb figyelmesség; felhívja a figyelmet. Hátránya, hogy így is marad megválaszolatlan kérdőív, ami „kidobott pénz”.

#### Utólagosan nyújtott ösztönzők

A potenciális válaszadóknak a kérdőív kitöltése és visszaküldése esetére jutalmat lehet ígérni, azonban óvakodni kell attól, hogy ezt az időráfordítást ellentételeként, vagy a nyújtott információ áráként tüntessük fel.

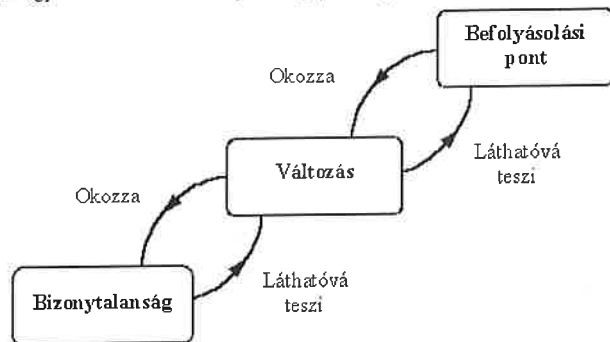
#### 1.3.2 Mérés a céletterületen

- A megkérdezett személy kiválasztása
- A vizsgálatról szóló értesítés és egyeztetések
- A vizsgálatok lefolytatása
- Az anonimitás és visszajelzések tisztázása
- Az adatok továbbítása

Minden termék vagy szolgáltatás megvásárlásakor egy vagy több személy hozza a döntéseket. E személyek külön figyelmet érdemelnek a megelégedettség mérésében. A legbonyolultabb esetek a vállalatok egymás közötti kapcsolatainak mérésére irányuló programok.

Fogyasztási cikkek esetében kevesebb személy hozza a döntéseket, de nem kevésbé fontos, hogy kinek a véleménye esik nagyobb súllyal a latba.

A kérdőív kitöltésére „megfelelő” személy megtalálása a vállalaton belül a felmérés eredményének szempontjából fontos. A vállalaton belüli befolyásos személyek megelégedettségének felmérése üzletpolitikai szempontból is lényeges. Ezen befolyásolási pontok feltárásához segít az úgynevezett turbulencia jelenség (5. ábra).



5. ábra. Turbulencia

Egy vállalat belső erőviszonyai a legtöbb esetben kívülről nem mérhetők fel. A szokásos működést megbontó esemény vagy változás (új beruházás, előléptetés, tulajdonosváltás, új beruházás, átszervezés) azonban láthatóvá teszi ezeket a befolyásolási pontokat.

A változás a bizonytalanságot okoz a szervezeten belül dolgozók számára, de egyben feltárja a magát a változásokat okozó befolyásos személyeket. Az irodalom ezeket a személyeket Foxnak hívja.

#### 1.3.3 Adatok feldolgozása, jelentéskészítés

- Az adatok rendezett gyűjtése
- Adatok teljességének értékelése, a válaszolók arányának meghatározása
- Az adatok statisztikai értékelése az abszolút értékre, az ingadozásra, trendre, egyes üzleti eseményekkel való kölcsönhatása, korrelációk
- Az adatok grafikus megjelenítése
- Az egyes adatok alapján történő áttekintő jelentés elkészítése
- A tények ismertetése a változtatásért felelős vezetői réteg előtt

#### 1.3.4 A szükséges akciók és megoldások megtervezése és előterjesztése

- Akciók és problémák összefüggésének értékelése
- A vevői elégedettségért felelős szervezeti egység vagy szakterület meghatározása

- A korábbi tapasztalatok alkalmazása
- Problémamegoldó módszertanok tudatos alkalmazása
- A beavatkozások és javító akciók projektesítése
- A szükséges felhatalmazások és erőforrások biztosítása
- Az akció határidejének, felelősének, tervezett kimenetének dokumentálása

### 1.3.5 Végrehajtás, monitorozás

- A beavatkozások következetes és szabályozott végrehajtása
- Közvetlen visszamérések a kritikus pontokon
- A beavatkozás értékelése a vevői elégedettségi mutató alapján
- Szükség szerint kiegészítések a javítási folyamatban
- A módszerek felülvizsgálata a hatékonyság szempontjából

## 2. A vevői elégedettség mérés alapján történő minőségügyi szabályozások

### 2.1 A kiértékelés alapgondolata (az átlagos szint javulása, az egyes vevőkkel való törődés logikája)

A vevői elégedettség értékelését a kérdésekkel együtt meghatározott pontszámok segítségével kell elvégezni. A pontszámokra vonatkozóan az alábbi értékelések szükségesek:

#### 2.1.1 Összehasonlítás a vállalat által meghatározott éves célértékkel

Az értékelésnél statisztikai jellemzőket (legtöbbször átlagot, illetve egy adott szint alatt elhelyezkedő értékelések részarányát) határoznak meg. Könnyen értékelhetők az éves ténystatisztikák az elvárásokhoz viszonyítva. A beavatkozásokat az adatok származási területére – a szolgáltatáscsoportra vagy a termékre – való további lebontás segítheti.

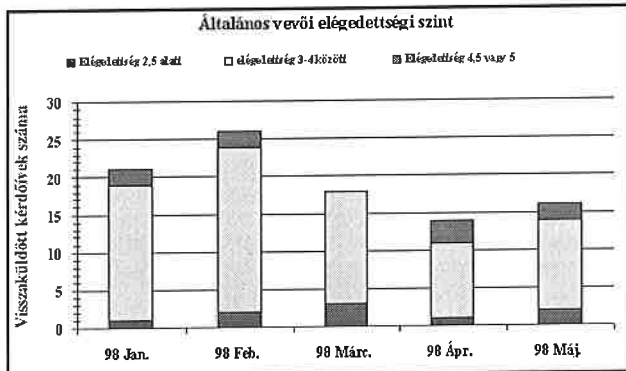
#### 2.1.2 A vevői elégedettség egyedi értékeinek minimuma

A vevői elégedettség egyedi értékeinek minimuma sem csökkenhet egy előzetesen meghatározott érték alá. A pontszám alatti értékelésekkel mint egyedi esetekkel kell foglalkozni meghatározott akciókat meghatározva szükséges intézkedésként. Ehhez azonban a vevő nyilvánosságra hozása is szükséges, mellyel a kérdések feltevésénél foglalkozni kell, a megfelelő egyeztetéseket le kell folytatni.

#### 2.1.3 Az értékek trendje

Az értékek trendje a megítélés javulásának vagy romlásának mércéje. Ahogy az abszolút értékre, úgy a változás sebességére is előre meghatározott érték adható meg adott időszakra elvárásként. A változá-

	95. jan.	95. febr.	95. márc.	95. ápr.	95. máj.
Kiküldött kérdőívek száma:	73	30	20	20	20
Visszaküldött kérdőívek száma:	21	26	13	14	16
Válaszadási arány:	84%	87%	90%	70%	80%
Általános elégedettségi szint:	3,73	3,3	3,14	4,01	3,8
Egyéni elégedettség 1-3-5 között:	1	2	3	1	2
Egyéni elégedettség 3-4 között:	130	22	13	10	12
Egyéni elégedettség 4-5 vagy 31	2	2	0	3	2
Cél:	3	3	3	3	3



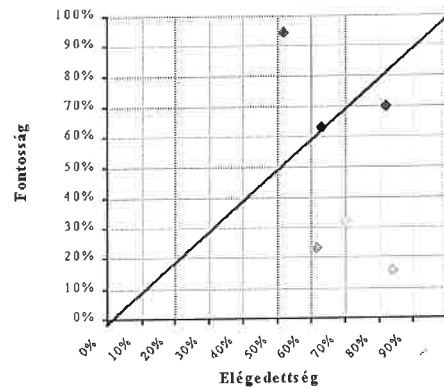
6. ábra. A vevői elégedettség megoszlását bemutató oszlopdiagram

sok időbeli lefutása újabb értékelési szempontot ad, hisz az időben hasonlóan változó külső és belső tényezők összekapcsolhatóak egy véltet ok-okozati láncná.

### 2.1.4 Tényezők közötti összefüggések kiértékelése

	Globális 1	Szegmens 1	Szegmens 2		Globális 2
Globális 1					
Szegmens 1	korrelációs együttható				P <sub>12</sub>
Szegmens 2	P <sub>21</sub>	r <sub>21</sub>			P <sub>12</sub>
...	...	...	...		...
Globális 2	R <sub>21</sub>				

### GAP m átrix



● Hibaelhárítás	■ bejelentő elérhetősége	◇ szerelő megérkezése
● hibajavítás gyorsasága	● hibajavítás megbízhatósága	● tájékoztatás a hibáról

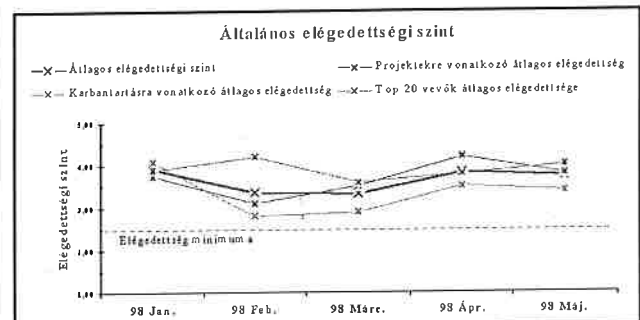
### 2.1.5 Meghatározott intézkedések hatásosságának mérése

A szállító piaci, fejlesztési vagy egyéb tevékenységének hatása mérhető ezen az úton a vevők által érzékeltet alapján. A hatások mind a gazdasági hatékonyság, mind az időzítések felmérése szempontjából rendkívül fontosak.

### 2.1.6 A kérdések alapján az erősségek és gyengeségek szegmentálása

A kérdéscsoportok áttekintő kiértékelés alapján a gyengébb és erősebb területek különválaszthatók. A szegmentálás után a területek összemérése, elemzése és a helyes beavatkozás várható. A kiértékelés áttekinthetőségét javítja, ha pontozáson kívül a kérdésekre adott

	98. jan.	98. febr.	98. márc.	98. ápr.	98. máj.
Kiküldött kérdőívek száma:	25	30	20	20	20
Visszaküldött kérdőívek száma:	21	26	18	14	16
Válaszadási arány:	84%	87%	90%	70%	80%
Általános elégedettségi szint:	3,92	3,37	3,33	3,83	3,73
Projektekre vonatkozó átlagos elégedettség:	3,75	3,1	3,5	4,2	3,8
Karbantartásra vonatkozó átlagos elégedettség:	4,1	2,8	2,9	3,5	3,4
Top 20 vevők átlagos elégedettsége:	3,9	4,2	3,6	3,8	4
Cél:	5	5	5	5	5



7. ábra. Az egyes tevékenységekre és ügyfélszegmensekre bontott indexek bemutatása



## A 44. EOQ-kongresszus Budapesten A kongresszus általános ismertetése

Az Európai Minőségügyi Szervezet 44. kongresszusát Budapesten, 2000. június 12. és 16. között rendezte meg, amely nemcsak Európából, hanem a világ minden tájáról számos érdeklődőt vonzott. A 2000. évi kongresszus megrendezési jogának elnyerése nemcsak Magyarország minőségügyi téren tett erőfeszítéseinek nemzetközi elismerését, hanem egyszersmind az egész kelet-közép-európai régió felértékelését is jelenti. Az elmúlt időszakban a kongresszusokat ugyanis rendre nyugat-európai városokban rendezték meg (1992: Brüsszel, 1993: Helsinki, 1994: Lisszabon, 1995: Lausanne, 1996: Berlin, 1997: Trondheim, 1998: Párizs, 1999: Madrid).

A 85 szimpóziumot, szekciót és bizottsági ülést magában foglaló 44. Európai Minőségügyi Kongresszus iránt már a kezdetektől fogva igen nagy érdeklődés mutatkozott. Kiváló, ismert minőségügyi szakemberek összesen több, mint 350 előadási javaslatot küldtek be, ami példátlanul nagy szám az EOQ-kongresszusok történetében. Végül is összesen 173 magas szintű előadás hangzott el az előkongresszusi szimpóziumokon, a nyitó és a záró plenáris üléseken, valamint a 32 párhuzamos szekciókban. Több, mint 20 magyar előadás mutatta be a hazai minőségügyi eredményeit, de a szimpózium- és a szekcióelnökök között is számos magyar szakember működött közre.

A mi a résztvevők számát illeti: 53 országból 1100 fő regisztrált és tisztelte meg jelenlétével a kongresszus rendezvényeit. A budapesti kongresszuson helyreállt a korábbi évek nemzetközi jellege: a külföldi résztvevők aránya meghaladta a 75%-ot. Sokan jöttek Finnországból, Németországból és Törökországból, de a környező államokból is, így különösen Ukrajnából. A kongresszuson valamennyi földrész képviseltette magát. A magyar résztvevők száma elérte a 250-et, s ez viszonylag kedvezőnek mondható.

A kongresszus sokrétű témái öt fő szempont körül csoportosultak:

- az új ISO 9000:2000 szabványsorozat innovatív alkalmazása, illetve hatása a világszerte több, mint 300 ezer (köztük közel 4000 magyar) tanúsított cégére;
- a szintén megújult Európai Kiválósági Modell mint az Európai Minőségi Díj alapja, illetve a szervezetek önértékelésének legfőbb eszköze;
- az európai és a nemzeti minőségfejlesztési programok ismertetése, kiemelten a finn, a portugál és az amerikai tapasztalatok alapján;
- a minőségirányítás főbb fejlődési irányai és az emberi erőforrás menedzsment;
- a minőségtechnikák alkalmazásának legújabb eredményei, melyek közül különösen a „hat szigma” módszer emelendő ki.

Külön szekciók foglalkoztak a minőség fejlődési irányjaival a gépjárműgyártásban, az építőiparban, valamint a szolgáltatások és az informatika területén. Előkongresszusi szimpóziumok foglalkoztak a minőség

oktatásával a 2000-es években, a megbízhatósággal és a statisztikai módszerekkel, a mezőgazdasági és élelmiszer-ipari termékek minőségével és biztonságával, a minőség aktuális kérdéseivel az egészségügyben, valamint az ún. tanuló szervezetekkel.

A kongresszushoz kapcsolódó nagyszabású kiállításon összesen 79 hazai és külföldi kiállító cég biztosította részvételét a közel 800 m<sup>2</sup> nettó alapterületen. Ezek az adatok mind a kiállítók számát, mind a beépített alapterület nagyságát tekintve jelentősen meghaladják az előző kongresszusi kiállítások megfelelő mutatószámait.

A kongresszust követő napon, 2000. június 16-án gyárlátogatások lebonyolítására került sor. A vendégeknek összesen tíz, kiváló minőségügyi rendszert működtető magyar cég meglátogatására nyílt lehetőségük. Ezek között szerepelt a Burton-Apta Tűzállóanyaggyártó Kft., Hódmezővásárhely, amely – a magyar vállalatok közül először – 1999-ben a kis- és középvállalati kategóriában elnyerte az Európai Minőségi Díjat. A legtöbb látogatót a Herendi Porcelánmanufaktúra Rt. vonzotta, amely integrált minőségügyi, környezetirányítási, valamint egészség- és munkavédelmi rendszert valósított meg. Néhány más, hasonló adottságokkal rendelkező üzem (pl.: Dreher Sörgyárak Rt., Ganz-David Brown Hajtóműgyár Kft., Pick Szeged Rt.) megtekintésére is mód nyílt. Az elmúlt években az EOQ-kongresszusokon nem szereztek gyárlátogatásokat, ami iránt örvendetesen nagy érdeklődés mutatkozott.

A kongresszus hivatalos programját számos kulturális esemény egészítette ki. A nyitó ünnepi ülésen a Solti György Kamarazenekar adott rövid hangversenyt, míg a záró ünnepi ülésen a Csillagszemű Gyermektáncgyűttes szórakoztatta a közönséget. A nyitó fogadáson homokshow-ra, a záró banketten pedig középkori táncok bemutatására került sor. Jelentős kulturális esemény volt június 13-én a Mátyás templomban adott orgonahangverseny, illetve a Richard Strauss Salome című operája június 14-én este a Magyar Állami Operaházban. Az előadás előtt – amelyen részt vett Mádl Ferenc megválasztott köztársasági elnök is – Bod Péter Ákos egyetemi tanár, a Herendi Porcelánmanufaktúra Rt. igazgatótanácsának tagja, röviden méltatta a magyarországi millenniumi eseményeket.

A kongresszus szponzorainak száma 55 volt, ami igen széles körű támogatást jelentett. Külön köszönet illeti a Gazdasági Minisztériumot mint kormányzati és a Herend Porcelánmanufaktúra Rt.-t mint kulturális főszponzort. Örvendetes, a főszponzorok és szponzorok túlnyomó többsége Magyarországon működő cég, miszerint a rendező ország cégei és intézményei magukénak tekintik a nemzetközi gazdasági élet e kiemelkedő eseményét.

Dr. Molnár Pál  
az EOQ MNB elnöke

(Forrás: Magyar Minőség IX. évf. 9. sz. 2000. szeptember)

Folytatás a 126. oldalról

pontszámok magasságát színekkel is jelöljük. A színezésnél azonban 2-3 színnél többet használni nem érdemes.

### 2.2 Az eredmények feldolgozása prezentálása

A vezetőségnek rendszeresen ki kell értékelnie a mérés alapján kapott adatokat, melyet a minőségügyi szervezet foglal össze és végzi el az előértékelését, illetve a havi minőségügyi értekezleten mindezt elő is adja. A kérdések megfelelő csoportosítása segíti elő, hogy a problémás kérdéskörökkel kapcsolatosan hatékonyan lehessen javító akciókat kezdeményezni. Ahogy valamennyi minőségügyi beavatkozásnál, a vevői elégedettség értékelésénél is a megfelelő szervezeti egységhez

kell kerülnie az információknak, amely ezáltal a megfelelő következtetéseket vonhatja le, illetve a kellő lépéseket teheti meg.

A 6. és 7. ábrán példát mutatunk egyes vevői elégedettség mérésére alkalmas bemutatókra.

### 2.3 A beavatkozás formái, javító megelőző akciók

A vezetői értekezleten hozott döntések alapján át kell vizsgálnia az összes folyamatot, hogy ne akadályozza semmi a vevői elégedettségi célok elérését. Előzetesen kidolgozott terv szükséges az esetleges akadályok elhárítására. Ennek egyik kulcskérdése, hogy a dolgozók a vevői elégedettség elérésének meghatározott céljait értik-e, és ismerik-e a vevői elégedettségre általuk gyakorolt befolyásolás fontosságát.

## Törésmechanikai szeminárium

Szakmai közösségünk miskolci tagjai immár hetedik alkalommal rendezték meg – mindannyiunk meglegedésre, és ezúttal Miskolcon, az Egyetemváros továbbképző intézetében – az **országos törésmechanikai szemináriumot** 2000. október 18. és 20. között. A házigazda intézmény ismét (mint 1995 óta mindig) a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete volt. A szeminárium szakmai sikeréhez a Miskolci Akadémiai Bizottság, a Miskolci Egyetem, a Gépipari Tudományos Egyesület anyagvizsgáló szakosztálya, valamint a törésmechanika európai (ESIS) és nemzetközi (ICF) szervezeteinek Magyar Nemzeti Bizottságai tagjaik mozgósításával járultak hozzá.

A szemináriumot – mint minden alkalommal, úgy most is – Terplán Zénó akadémikus a rendezvény-sorozat egy-egy mozzanatait felvillantva nyitotta meg; majd – dr. Artinger István méltató szavait meghallgatva – néma felállással tisztelegtünk az október 3-án elhunyt dr. Konkoly Tibor professzorra emlékezve.

A szemináriumon elhangzottak témaválasztását a fém és a nem-fém szerkezeti anyagok, valamint a mechanika elméleti és vizsgálati módszereinek együttes alkalmazása tekintetében a kiegyensúlyozottság jellemezte, míg a szerkezetek épsége (integritása) és megbízhatósága témaköröket a csövezetékek és szerelvényei, a tartályok és a nyomástartó edények uralták.

Kiemelt figyelem kísérte a polietilén (PE) csövek törésmechanikai jellemzőinek a meghatározásával, valamint a belőlük épített föld alatti gázvezetékek tervezésével, telepítésével, hegesztésével és üzemeltetésével, illetve az előfordult káresetek (különösen a csövek ún. gyors ill. lassú felrepedései) okainak elemzésével és a csövezetékek épségének biztosításával, javításával szerzett hazai és osztrák (a leobeni egyetemről jelen volt R. W. Lang professzor tolmácsolta) tapasztalatok és eredmények bemutatását, amelyek érdemi megvitatására külön kerekasztal-megbeszélést is kellett szervezni. Az érdeklődés érthető, hiszen csak hazánkban jelenleg már 13 ezer km hosszú PE-

csövekből épített gázvezeték rendszer üzemel, amelynek a biztonságos üzemeltetése közérdek. Alapvető probléma a csőszakaszok várható élettartamának az előrejelzése, mivel ez jelenleg gyorsított (emelt hőmérsékletű és sebességű) vizsgálatokon és statisztikus becsléseken alapul, és ma még kérdéses, hogy a károsodáshoz vezető hosszú időtartamú degradációs folyamatok e módszerekkel mennyire megbízhatóan becsülhetők. A beszélgetésben résztvevő szakértők a kutatások folytatásának irányát a valós folyamatokat jobban modellező kísérletek és mérések végzésében, valamint a jól rendszerezett adatbázis létrehozásában jelölték meg.

Erősödő irányzatként említhető a korszerű, elsősorban roncsolásmentes módszerekkel elvégzett állapotellenőrzésre alapozott kockázatelemzés, amellyel a karbantartási feladatok a biztonságos üzemvitel szempontjait érvényesítve rangsorolhatók és végezhetők. Hazánkban a szénhidrogén-szállító csövezetékek üzemeltetését kívánják a jövőben erre alapozni.

Szemináriumainkon először hallottunk a ragasztott kötések és a közetminták törésmechanikai jellemzőinek a vizsgálatáról, valamint a kötött szemcsés anyagok törési folyamatának numerikus szimulációval való követéséről. Továbbá megismerhettük a fotogrammetria módszer alkalmazásának előnyeit a fémvesztéssel járó, például korróziós felületi hibák háromdimenziós értékeléséhez.

A jól szervezett szeminárium mintegy 80 résztvevője kölcsönös érdeklődéssel követte a tartalmas, a további munkáikhoz használható eredményeket és új ötleteket adó előadásokat. A programközi szünetekben megtekinthették a kiállított korszerű vizsgálóeszközöket és tájékozódhattak a forgalmazók kínálatáról. A szemináriumon látottakról és hallottakról CD lemezt kapnak a résztvevők.

A zsúfolt szakmai program fáradalmait a felújított Barlangfürdő hullámozó vize, a közös vacsorák baráti hangulata, no meg a Szegi Pincében megízelt tokai borok zamata oldotta.

– ferKo –

## Bay Zoltán emlékezetére

A száz esztendeje született magyar fizikus emlékére a közelmúltban szülőhelyén, Gyulaváriban és a Magyar Tudományos Akadémián rendeztek ünnepséget illetve emlékülést méltatva a kiváló tudós életművét. (lásd Mérföldkövek rovatunkat.) De a távközlés ifjai is „a Hold megrágradarozása” világhírű esemény emlékére megismétlik a kísérletet a Puskás Ferenc Távközlési Technikumban.

**Bay Zoltán tér Miskolctapolcán.** A méltó megemlékezések egyike volt 2000. augusztus 10-én Miskolctapolcán a térvató ünnepség. A Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet (Bay-Logi) előtti közterület ekkor vette fel a világhírű fizikus nevét.

Az ünnepséget – az ország különböző helységeiből összegyűltek gyűrűjében – Kobold Tamás, Miskolc Megyei Jogú Város polgármestere nyitotta meg; szavaival a tudomány művelésének fontosságát hangsúlyozta, majd Pungor Ernő akadémikus, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány főigazgatója röviden összefoglalta és méltatta a nagy magyar kutató érdemeit és főbb tudományos

eredményeit. Ezt követően közösen leplezték le a Bay Zoltán tér feliratú táblát.

Az ünnepség a Bay-Logi előadótermében emléküléssel folytatódott, ahol prof. dr. Tóth László, a Bay-Logi igazgatója mutatta be Bay Zoltán életét és munkásságát, majd prof. dr. Cser László, az Alapítvány kutatási igazgatója intézetei tevékenységével ismertette meg a meghívott vendégeket. Végül Csapody Miklós, a GE Lighting alelnöke, kutatásfejlesztési igazgatója tartott előadást, amelyben dióhéjban összefoglalta Bay Zoltánnak a Tungstam, illetve az Egyesült Izzólámpa és Villamos Rt. történetéhez szorosan kapcsolódó kutatói, ipari és kutatásszervezői tevékenységét. Az előadók dokumentumokkal, képekkel és grafikonokkal gazdagon illusztrált előadásait a különféle tudományokban jártas vendégek érdeklődő figyelemmel hallgatták. A sajtó képviselői részletes válaszokat kaptak kérdéseikre, majd a térvató ünnepséget állófogadás zárta.

(Dr.T.L.)



## 175 éves az Akadémia

A XX. század végnapjain visszatekintve a reformkor hajnaláig végül is erőt meríthetünk történelmünkéből a jövőnkhez, mivel – a Szózat hangjait idézve – „annyi balszerencse közt, oly sok vizzály után” egy olyan intézményünk megalapításának 175. évfordulóját ünnepelhettük november 3-án, amely maradéktalanul megvalósította életre hívásának fő célkitűzését: „a nemzeti nyelv kiműveltetését”. Hisz a magyar nyelv ma azon pár tucat nyelvek egyike a világon, amelyen minden szakterület művelhető, amelyik a legszélesebb kommunikációra alkalmas.

Egy magyar tudótestület alapításának eszméje századokon át bűvópatakként fel-fel tört, még az Országgyűlés napirendjén is szerepelt már 1807-ben. Am mindeközben egyre erősödött a honi tudományosság csakúgy mint a nemzet felemelkedését és önállóságát szorgalmazó reformgondolatok tettekre váltásának a szükségé, melyet az európai fejlődés gyorsuló üteme is motivált.

**Reformkori sikerek**

A kedvező pillanat végül is az **1823. november 3-i** pozsonyi országgyűlésen jött el, amelynek napirendjén az akadémia alapításnak ügye szerepelt. Az alapítás mellett érvelőkhöz az *éves jövedelmének felajánlásával* csatlakozó fiatal gróf *Széchenyi István* példamutatása a Magyar Tudós Társaság megalapításához szükséges anyagiak közadakozásból való előteremtését eredményezte. E naptól tehát méltán eredeztethető a *Magyar Tudományos Akadémia megalapítása*.

„Ez a nap máig úgy él a nemzet emlékezetében mint a társadalom tudomány iránti megbecsülésének a szimbóluma” – írta *Glatz Ferenc* elnök a Tudománypolitikai Kollégium elnökének címzett előterjesztésében, amelyben – az MTA Elnöksége 1996. október 31-i határozata nyomán – kérte, hogy *november 3-át nyilvánítsák a Magyar Tudomány Napjává*. Az indítványt a kormány az 55/1997.(IV.3.) sz. rendeletével elfogadta.

A Magyar Tudós Társaság alakuló ülését, amelyen gróf *Czirák Antal* jogtörténész elnökölt, 1830. november 17-én Pozsonyban tartotta. A Társaság elnökévé gróf *Teleki Józsefet*, a kiváló történettudóst választották. Kimondták, hogy a Társaság székhelye Pest. Elfogadták a *Társaság rendszabását*, melynek 1. §-a így rendelkezett: „*A M. T. Társaság a nemzeti nyelv kiműveltetésén igyekszik egyedül.*”

Am a Társaság a nyelvűvelés mellett kezdettől fejleszti a természet- és a társadalomtudományokat, népszerűsíti az európai tudományosság eredményeit, és csakhamar a honi tudományosság meghatározó fórumává válik. 1846-ra kialakultak és egyenjogúvá váltak osztályai, nevezetesen a I. nyelv- és széptudományi, a II. filozófia, társadalmi és történelmi tudományok, és a III. matematika és természeti tudományok osztálya.

Az 1848/49-es forradalom és szabadságharcot követően az 1850-es évek végén gróf *Dessewffy Emil* közgazdász, majd báró *Eötvös József* író elnöksége alatt az Akadémia ügye lendületet vett. Még a kiegyezés előtt (1862-65 között) felépült – *Fridrich August Stüler* berlini építész terve alapján – az Akadémia székháza. Gyümölcsöző az Akadémia együttműködése a sorra alakuló nemzeti tudományos társaságokkal, többek között a *Hollán Ernő* elnökletével 1866-ban megalakult *Magyar Mérnök és Építész Egylettel*, a szakosodó egyetemi és főiskolai tanszékkel, így a *Kir. József Műegyetemmel*, az állami intézményekkel és a nagyobb iparvállalatokkal. Ennek eredményeként számos pályadíjalapítvánnyal támogathatja az Akadémia a különböző szakterületek művelőit, a szakmai periodikákat, túl a saját, 1872-ben alapított *Könyvkiadó* vállalatán. Az Akadémia magas színvonalú tevékenysége jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a XIX. század végén már az egész országot átfogó, felsőfokú oktató- és kutatóhálózat szolgálja a polgárosult Magyarország igényeit, és ezáltal ahhoz is, hogy hazánk ipara a századfordulóra versenyképesé vált a világszínvonalú termékeivel (pl. hengereszek, gőzmozdonyok, transzformátorok).

**Átszervezések és szerepváltások**

Az ún. boldog békeidők félévszázados, fejlődést segítő nyugalmát a XX. század történelmi viharai felkavarták. A Monarchia széteséséhez, a polgári népköztársaság, majd a Tanácsköztársaság bukásához vezető I. világháború és a trianoni békediktátum súlyos következményei, nemkülönben a II. világháborúé, a német majd a szovjet megszállás és diktatúra, s végül az 1956-os forradalom és szabadságharc leverése, és a mindezeket kísérő ideológiai, politikai erőszak jelentős veszteségeket

okoztak a honi felsőoktatásnak és tudományosságának is. Számos tudósunk külföldre távozott vagy itthon került méltatlan helyzetbe.

A pozsonyi és a kolozsvári tudományegyetemek, illetve a selmecbányai akadémia áttelepítése 1923-ban Pécsre, Szegedre, illetve Sopronba az Akadémia közreműködését is igényelte csakúgy mint a kultuszminiszter *Klebsberg Kunó* kezdeményezte (1927) bécsi, római, párizsi és londoni Collegium Hungaricumok megszervezése. A miniszter eredményes kultúrpolitikájának köszönhető az oktatás fejlesztésén túl az is, hogy külföldről hazacsábította a szegedi tudományegyetemre *Szent-Györgyi Albertet*, akinek az itthon végzett kutatási eredményeit elismerő *Nobel-díja* (1937) egyben a honi tudományosság egyetlen világraszóló sikere is. (Sajnos 1948-ban, többekkel együtt végleg külföldre kényszerült.)

Az Akadémiát, a tudósok köztestületét, 1949-ben törvényileg szovjet mintára átszervezték, és államhatalmi szerepet is kapott: „tervszerűen irányítja az elméleti és az alkalmazott tudományok művelését”, ám döntéseit a közgyűlés, illetve az osztályok helyett az elnökség hozta meg pártállami felügyelettel. Az Akadémia tudományos osztályainak a száma 11-re nőtt. Az Akadémia feladata lett az új tudományos fokozatok: a tudomány kandidátusa, illetve doktora címek odaítélése a Tudományos Minősítő Bizottság és az illetékes osztály által szervezett nyilvános vitákat követően. Az Akadémia államhatalmi szerepét 1960-ban rendezetileg az alap kutatások koordinálására és irányítására módosították. Az 1969:41. sz. törvényerejű rendelet kettős vezetést állított az Akadémia élére. A tudományos testület elnökét a közgyűlés választotta, és annak volt felelős, viszont a szakigazgatás vezetőjét, a főtitkárt a kormány nevezte ki, és annak volt felelős. Ezzel az Akadémia formailag egységes maradt, de szervezetenként ketté szakadt. Az elnökség és a közgyűlés a döntési jogkörét jórészt csak 1986-ban kapta vissza az Elnöki Tanács 5. sz. törvényerejű rendeletével. Ezen időszak alatt az alap kutatásokat folytató intézeteket az Akadémia, az alkalmazott kutatásokat végző intézeteket a szakminisztériumok, míg az tanszéki kutatásokat részben a minisztérium, részben az Akadémia felügyelte.

Az állampárti ellenőrzés a társadalomtudományt és művelőit sújtotta elsősorban. A természettudomány művelőinek – a kutatási eszközök, a témaválasztás és az együttműködés lehetőségein belül – nagyobb volt a mozgáster. A hazánk – nemzetközi mércével mérve is – figyelemre méltó tudományos eredményeket ért el. Egy 1997-es európai uniós felmérés tanulmány pedig összefoglalóan megállapította: „Magyarország a legfejlettebb országok közé tartozik a képzés és az oktatás terén.” Ez pedig az eredményes folytatás záloga.

**Újra önálló köztestület**

*Lényegi változást az Akadémia szervezetében az 1994. évi XL. törvény hozott*, amely „önkormányzati elven alapuló, jogi személyként működő köztestület”-ként határozza meg az Akadémia jogállását, ugyanakkor a köztestület tagságát nemcsak az akadémikusokra, hanem a tudományos fokozattal rendelkezőkre is kiterjesztette. Az *Akadémiának három funkciója van: 1. A tudomány műhelye.* – Fontos feladata az új, szintelizáló gondolkodás kialakítása. *2. A nemzet tanácsadója.* – Az Akadémiát a nemzet akarata hívta életre, ezért kötelessége foglalkozni nemzeti stratégiai kérdésekkel. 1997-ben indították a Magyarország az ezredfordulón című stratégiai kutatási programot, amely a társadalom és a gazdaság minden lényeges kérdésére kiterjed. Az eddigi eredményekről napjainkig mintegy két tucat könyv jelent meg. *3. A hazai tudományosság érdekképviseelője*

A Magyar Tudomány Napját először 1997-ben ünnepeltük meg. *Glatz Ferenc* elnök a *Nyitás a társadalom felé* című előadásában kifejtette, hogy bár a kutatás öntörvényű, de soha nem lehet öncélú! Ezért a tudás-elkötelezett társadalom és társadalom-elkötelezett tudós alapítiszából az Akadémia programját így összegezte: *nyitás a széles közönség felé; nyitás a politikai elit felé; nyitás a vállalkozók felé* (ennek egy szép példája a vállalkozók alapította *Bólyai János Alkotói Díj*, amelyet az ideai tavaszon adtak át először); és *új tudományos médiapolitika*.

Az elmúlt három év visszaigazolta e program helyes voltát, és ennek kezdeti eredményei már tükröződtek az idei Magyar Tudomány Napja és a hozzákapcsolt országos rendezvénysorozat gazdag programjában. A nemzet tanácsadója funkciónak kedvező a társadalmi visszhangja és az Akadémia ajánlásai javarészt a kormányzat *Széchenyi-terv* programjának részévé váltak.

*Lehofer Kornél*

## Bay Zoltán életútja



„Az emberi kultúrának a tudomány az alapja, ez nem kétséges, ennél fogva, ha emberi kultúrát akarunk terjeszteni, akkor a tudományt kell a legszélesebb körökben terjeszteni. ...Ha azoknál az élőlényeknél – akik nyilván csak a tudomány segítségével tudnak fölemelkedni – a tudomány szeretete abbamarad, akkor annak a kultúrának vége.”<sup>1</sup>

A tudós a Békés megyei Gyulaváriban született 1900. július 24-én. Apja a kis falu református lelkésze volt. Az elemi iskolát szülőfalujában, gimnáziumi tanulmányait (1910-1918 között) pedig a híres debreceni Református Kollégiumban végezte.

Érettségi után a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem matematika-fizika szakán folytatta tanulmányait.

Az egyetem befejezése után az Elméleti Fizika Intézet oktatója lett. 1926-ban a legmagasabb kitüntetéssel – *sub auspiciis gubernatoris* – szerezte meg doktori fokozatát. Disszertációja az atomfizikához kapcsolódott, címe: Az átlátszó közegek magnetooptikájának molekuláris elméletéhez.

A fiatal Bay 1927-1930 között a berlini egyetem Fizikai Kémiai Intézetében Bornstein professzor mellett dolgozott. Itt bizonyította be először spektroszkópiailag, hogy az aktív nitrogéngáz szabad nitrogénatomokat – *naszcens* – tartalmaz.

Bay Zoltán 1930 és 1936 között a szegedi egyetem elméleti fizikai tanszékének tanára volt, majd 1936-tól az Egyesült Izzólámpa és Villamos Rt. (Tungsram) kutatólaboratóriumának vezetője lett. Ettől kezdve Bay Zoltán két helyen végezte kutatásait: egyrészt a Tungsram laboratóriumában, másrészt a Budapesti Műszaki Egyetemen. A Tungsram nem szűkölködött sem a kutatásra fordítható anyagiakban, sem a kutatógárdában. Ekkor Bay Zoltán – mint a labor vezetője – több szabadalmat is bejelentett fénycsővek és elektroncsövek kifejlesztése területén. A BME Atomfizikai Tanszékét is Tungsram-támogatással szervezte meg 1938-ban, majd annak első tanszékvezetője lett.

Bay Zoltán 1937 májusától volt az MTA levelezőtagja, első akadémiai székfoglalóját 1938-ban tartotta az elektronsokszorozóról. Az MTA rendes tagja 1945. május 30-án lett.

Az 1946. február 6-i sikeres Holdradar-kísérlete világraszóló jelentőségűvé vált, és a radarcsillagászat alapjait jelentő Napvisszhang-kísérletei is ez idő tájt zajlottak.

Bay 1948-ban Amerikába emigrált, ahol a Gerorge Washington Egyetem kísérleti fizika professzoraként 1955-ig dolgozott. Ez után egészen 1972-ig az Egyesült Államok Szabványügyi Hivatalának lett munkatársa. Itt alkotta meg a méter új definícióját – a fénysebesség alapján. 1981-ben a harmadik akadémiai székfoglalóját már az új méterről tartotta.

1983-ban a Súlyok és Mértékegységek Nemzetközi Konferenciája 17. párizsi ülésén elfogadták az új mértékegységrendszer bevezetését és megállapították: „A méter a fény által a vákuumban a másodperc 1/229792456-od része alatt megtett út hossza.”

1989-ben újra az MTA rendes tagja lett, ekkor ugyanis Bay Zoltánt rehabilitálták, tagságának folytonosságát helyreállították.

1990. szeptember 15-én a washingtoni Magyar Nagykövetség épületében Göncz Árpád adta át Bay Zoltánnak a Magyar Köztársaság Rubintokkal Ékesített Zászlórendjét.

1992. október 4-én, Washingtonban hunyt el a magyar kutató, de hamvait, végakarata szerint, hazahozták és szülőföldjén, Gyulaváriban helyezték örök nyugalomra 1993. április 10-én.

„...magyar vagyok, magyar maradtam és már az is maradok, amíg ennek a világnak a poros útjait taposom.”<sup>2</sup> – vallja Bay Zoltán 1986. júliusában egy Budapesten adott interjú alkalmával.

### Bay Zoltán legjelentősebb tudományos eredményei<sup>3</sup>

1929. Berlin – kimutatta, hogy a az aktív nitrogénnek nevezett gáz *nitrogénatomokból* áll. Sikerének titka: a gázkisülési csőre *kívülről* helyezte rá a gyorsítótekeresztet.

1937-38. Budapest – az addig csak elektronikus erősítésre használt elektronsokszorozót alkalmassá tette egyedi fény- és gammafotonok, elektronok és alfarészecskék detektálására. *Elektronsokszorozó mint elektronszámláló* c. akadémiai székfoglalóját 1938. április 11-én tartotta.

1946. február 6. Budapest – a Földön másodikként radarvisszhangot észlelt a Holdról. Ezzel elindította a radarcsillagászatot. *Mikrohullámok visszaverődése a Holdról* c. székfoglalója 1946. november 18-án volt.

1955. Washington – kimutatta, hogy a Compton-effektusnál a rugalmatlanul szórt gamma-kvantum és a meglökött elektron  $10^{-11}$  másodpercen belül egyidőben repül szét. A mai napig senki nem bizonyította ennél nagyobb pontossággal a Compton-effektus elemi folyamatában is megmutató két természeti alaptörvény – az impulzus – és az energia-megmaradás – érvényességét. Sikerének titka: az alkalmas sugárforrás megválasztása: a hatvanas tömegszámú kobaltból béta-sugárással keletkező hatvanas nikkel-izotópot használt. A méréshez megalkotta a *differenciális koincidencia készüléket*.

Washingtonban 1965-től egészen haláláig folytatta a fénysebességre vonatkozó vizsgálatait. Kimutatta a fénysebesség állandóságát, frekvencia-függetlenségét, az optikai rezgésszám frekvencia-áthelyezés (lebegés) segítségével végzett meghatározásával igen pontosan mérte a fénysebességet. Ezek alapján javasolta, hogy a méterszabványt a fénysebességre alapozzák. Ezen javaslatát 1983-ban fogadták el.

(Dr. T. L.)

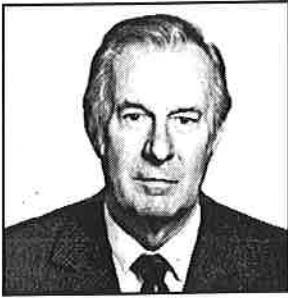
<sup>1</sup> Bay Zoltán: A Holdvisszhangtól az új méterig; Kriterion Kiadó, Bukarest, 1985.

<sup>2</sup> <http://www.mek.iif.hu/kiallit/tudor/tudosl/bayz.html>

<sup>3</sup> Kovács László: Bay Zoltán, a kísérleti fizikus; In: Magyar Tudomány 2000. 6. sz.

## Dr. Konkoly Tibor

(1924 – 2000)



A nagy generáció kiemelkedő tagjától, a mérnöki tudományok nemzetközileg elismert szakértőjétől, tanárunktól, mesterünktől, kedves munkatársunktól és hűséges barátunktól búcsúzunk. Váratlanul ragadta el a halál október 3-án. Előtte néhány nappal még együtt tanácskoztunk a Magyar Mérnökakadémia elnökségi ülésén. Hallgattuk okos gondolatait, hogyan kellene kiválasztanunk az egymillió mérnökakadémia-díjra azt a magyar mérnököt, akinek munkássága, eredményei a legjobban tükrözi a nemzeti ipar felemelkedéséhez szükséges értékrendet. Csillogó érveit hallgatva, örökösnék látszó fiatalágát megszokva nem figyeltünk fel fáradtnak látszó arcára. Pedig talán ekkor egy pillanatra kezünkbe vehettük volna a Párkák fonalát, Atropos ollóját...

Konkoly Tibor az 1942–1947 években a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója volt. Jeles minősítésű gépészmérnöki diplomájával a Műegyetem Gillemot László professzor vezette Mechanikai Technológia Tanszékén kapott demonstrátori állást. Formálisan igaz, de életművét tekintve mégsem, hogy ez volt élete első és egyben utolsó munkahelye is. Huszonnégy évesen tanársegédi, 1950-ben adjunktusi, 1962-ben docensi, 1975-ben egyetemi tanári, nyugállományba vonulásakor, professor emeritus kinevezést kapott.

Egyetemi oktatói-kutatói tevékenységének fő témái: hőkezelés, hegesztéstechnológia, roncsolásmentes anyagvizsgálat. Rendszeresen tartott előadásokat az egyetem angol, német és francia nyelvű mérnöképző tagozatán. Kutatóként különösen a hegesztési varratok röntgenvizsgálata, radiográfiai felvételek értékelése, a fogyóelektródás védőgázos hegesztés, a varratfém ridegtörési jellemzői, acélok karbonitridálása, a hegesztés gépesítése, a fémek melegítése infravörös halogén sugárzókkal, acélkiválasztás és hőkezelés utáni tudajdonságbecslés számítógéppel segítve témakörökben ért el elismert eredményeket.

Az utóbbi évtizedben három nemzetközi kutató-fejlesztő projektet irányított: számítógépes hőkezelési adatban kidolgozása és oxikarbonitridált acélok vizsgálata a francia CETIM kutatóintézetrel; alumínium kompozitöntvények hőállósági vizsgálata az izraeli TECHION egyetemmel; és acélok védőgázos hegesztéssel készített varratainak ridegtörési vizsgálatai a bécsi műszaki egyetemmel.

Oktatói, kutatói, tudományos szervezési munkásságának eredményeit is összegző disszertációival a Magyar Tudományos Akadémián elnyerte a kandidátusi (1961), majd a műszaki tudomány doktora (1973) tudományos fokozatokat.

Alapító tagja (1990), két ciklusban elnökhelyettese, majd a minősítő bizottság elnöke volt a „másik”, a mérnöki ered-

ményeket nem annyira a specializációban, hanem inkább az integrációban, multidiszciplinárisan, a szinergikus hatásaiban elismerő Magyar Mérnökakadémiának.

Hazai és nemzetközi aktivitásában meghatározó volt GTE-tagsága. 1957 óta volt tagja (és ebből 15 évig vezetője is) a Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakbizottságnak; elnöke volt 1981-1994 között a Hegesztési Szakosztálynak és 1973 óta a Hőkezelő Szakosztálynak.

Alapító- és két ciklusban megválasztott elnöke volt az 1995:XXVIII. törvénnyel létrehozott Magyar Szabványügyi Testületnek (MSZT; 1995). Csodálatos, vele született vezetői készségei és a különlegesen széles (műszaki és humán) kultúrája talán itt bontakoztak ki a legteljesebben, hazánk és mindannyiunk számára nagy értékeket megteremtve. A különböző érdekcsoportok (mint különösen a gyártók és a szolgáltatók – az ipartól az egészségügyig –, a felhasználók, forgalmazók, fogyasztók, tudományos és felsőoktatási intézmények, érdekvédelmi szervezetek stb.) nemzetgazdaságilag hatékony együttműködését nem könnyű egyensúlyban tartani. Az MSZT tagjaiból, az ügyviteli szervezetből és vezetőiből, sok kitűnő szólistából álló zenekarnak olyan kiváló, nemzetközi pódiumot képviselő karmestere volt, hogy disszonáns hangot sohasem hallhattunk. A közös munka egyik legnagyobb eredménye, hogy néhány hónapon belül elérjük az EU-csatlakozáshoz szükséges szabványossági szintet.

Kiterjedt nemzetközi tevékenységét jellemzi, hogy a Körmányzótanács választott tagja volt a Nemzetközi Hegesztési Intézetben (IIW), a Nemzetközi Hőkezelő Szövetségben (IFHT), a Roncsolásmentes Anyagvizsgálók Nemzetközi Testületében (ICNDT); elnök volt továbbá a Nemzetközi Hőkezelő Szövetségben és a Nemzetközi Hegesztési Intézetben.

Szerzője volt több, mint 50 külföldi és 60 hazai publikációnak. Ezek közül figyelmet érdemel az amerikai American Society of Materials (ASM) Handbook 4. kötete, a Treating kiadvány Computer Properties Prediction and Technology Planning in Heat Treatment of Steels fejezete, melyet felkérésre, szerzőtársakkal írt (ASM Handbook, vol. 4. ASM International, 1991., pp. 638-656.).

Számos kitüntetés és elismerése közül a legjelentősebbek: Gépipar Kiváló Dolgozója, GTE Pattantyús Ábrahám Géza-díj, GTE Bánki Donát-díj, GTE Egyesületi Érem, MTESZ-díj, IIW-díj, Széchenyi-díj, a Szlovák Hegesztési Intézet (VÚZ) és a Szlovák Hegesztési Szövetség (SZS) Josef Čabelka Emlékérme.

Mi, kedves egyesülete, folytatjuk munkáját, megőrizzük emléket és itt most koszorús költőnk sorait idézve búcsúzunk Tőle: „Nem hal meg az, ki milliókra költi / Dús élte kincsét, ámbár napja múl; / Hanem lerávnán, ami benne földi, / Egy éltető eszmévé finomul ...”

Hadas János

## Új, érvényes szabványok

### Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2000/9. – 11. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

#### 17 Metrológia és mérés technika

– MSZ ISO 5725-1–5:2000; Mérési módszerek és eredmények pontossága (valódiság és precizitás). 1. rész: Általános elvek és meghatározások. 2. rész: Alapmódszer egy mértékadó mérési módszer megismételhetőségének és reprodukálhatóságának meghatározására. 3. rész: Egy mértékadó mérési módszer precizitásának közbenső feltételei. 4. rész: Alapmódszerek egy mértékadó mérési módszer valódiságának meghatározására. 5. rész: Alternatív módszerek egy mértékadó mérési módszer precizitásának meghatározására.

#### 19 Vizsgálatok

- MSZ ENV 583-6:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. 6. rész: Futásidő-szoródásos eljárás, a hibák kimutatásának és méretmeghatározásának módszere.
- MSZ EN 1779:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Tömörségvizsgálat. Az eljárás és a módszer kiválasztásának feltételei.
- MSZ EN 12543-1–5:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. A roncsolásmentes vizsgálatokhoz alkalmazott ipari röntgensövek fókuszfoltjának jellemzői. 1. rész: Páztázó eljárás. 2. rész: Furatkamerás radiográfiai módszer. 3. rész: Réskamerás radiográfiai módszer. 4. rész: Élmódszer. 5. rész: Kis és mikrofókuszú röntgensövek tényleges fókuszfoltméretének mérése.
- MSZ EN 12544-1–3:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. A röntgenszó feszültségének mérése és értékelése. 1. rész: Feszültségelosztó eljárás. 2. rész: A változatlanág ellenőrzése vastagszűrő-módszerrel. 3. rész: Spektrometriás módszer.
- MSZ EN 12668-1 és -3:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Az ultrahangos vizsgálatberendezés ellenőrzése és jellemzése. 1. rész: Eszközök. 3. rész: Vizsgálóberendezés.
- MSZ EN 12679:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Az ipari radiográfiai sugárforrások méretének meghatározása. Radiográfiai módszer.
- MSZ EN 13068-1–2:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Radioszkópiái ellenőrzés. 1. rész: A képminőségi jellemzők mennyiségi mérése. 2. rész: A képminőségi eszközök tartós idejű állandóságának ellenőrzése.
- MSZ EN 3452-2:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Folyadékbehatolásos vizsgálat. 2. rész: A behatoló anyag vizsgálata.
- MSZ CR 12459:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. A roncsolásmentes anyagvizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása.

#### 23 Általános rendeltetésű hidraulikus és pneumatikus rendszerek és egységeik

– MSZ EN 10246-2–6 és -8–18:2000; Acélsövek roncsolásmentes vizsgálata. 2. rész: Ausztenites és ausztenites-ferrites, varrat nélküli és hegesztett (kivéve a fedett ívű hegesztésű) acélsövek automatikus örvényáramos vizsgálata a folyadéknyomásos tömörség ellenőrzésére. 3. rész: Varrat nélküli és hegesztett (kivéve a fedett ívű hegesztésű) acélsövek automatikus örvényáramos vizsgálata az anyaghiányok kimutatására. – Varrat nélküli, ferromágneses acélsövek teljes felületre kiterjedő, automatikus, mágneses átalakító/szórt fluxusos vizsgálata a keresztirányú (4. rész), ill. a hosszirányú (5. rész) anyaghiányok kimutatására. 6. rész: Varrat nélküli acélsövek teljes felületre kiterjedő, automatikus ultrahangos vizsgálata a keresztirányú anyaghiányok kimutatására. 8. rész: Acélsövek ellenállás és indukciós eljárással hegesztett varratának automatikus ultrahangos vizsgálata a hosszirányú anyaghiányok kimutatására. 9. rész: Acélsövek fedett ívű eljárással hegesztett varratának automatizált ultrahangos vizsgálata a kereszt- és a hosszirányú anyaghiányok kimutatására. 10. rész: Acélsövek automatikus ívhegesztéssel készített varratának radiográfiai vizsgálata az anyaghiányok kimutatására. 11. rész: Varrat nélküli és hegesztett acélsövek folyadékbehatolásos vizsgálata a felületi anyaghiányok kimutatására. – Varrat nélküli és hegesztett, ferromágneses acélsövek mágnesporos vizsgálata a felületi anyaghiányokra (12. rész), ill. a csővégeken rétegezésre (18. rész). – Varrat nélküli és hegesztett (kivéve a fedett ívű hegesztéseket) acélsövek teljes felületre kiterjedő, automatikus ultrahangos falvastagságmérése (13. rész), ill. automatikus ultrahangos vizsgálata rétegezésre (14. rész). 15. rész: A hegesztett acélsövek gyártásához használt szalagok és lemezek automatikus ultrahangos vizsgálata rétegezésre. – Hegesztett acélsövek automatikus ultrahangos vizsgálata rétegezésre a varrat környezetében (16. rész), ill. a csővégeken (17. rész).

– MSZ EN 10256:2000; Acélsövek roncsolásmentes vizsgálata. Az 1. és a 2. szintű roncsolásmentes vizsgálok minősítése és illetékessége.

– MSZ EN 1711:2000; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Örvényáramos vizsgálat komplex síkelemzéssel.

#### 25 Gyártástechnika

– MSZ EN 12814-2, -3, -5 és -6:2000; Hőre lágyuló műanyag félkész termékek hegesztett kötéseinek vizsgálata. 2. rész: Szakítóvizsgálat. 3. rész: Szakító kúszóvizsgálat. 5. rész: Makroszkopikus ellenőrzés. 6. rész: Alacsony hőmérsékletű szakítóvizsgálat.

– MSZ CR 12361:2000; Fémek hegesztett kötéseinek roncsolásos vizsgálata. Marószerek a makroszkopos és a mikroszkopos vizsgálatokhoz.

#### 53 Anyagmozgató berendezések

– MSZ EN 1637:2000; Könnyű szállítóhevederek. A szakítószilárdság meghatározásának vizsgálati módszere.

– MSZ EN 1722:2000; Könnyű szállítóhevederek. A rugalmassági tényező meghatározásának vizsgálati módszere feszültségmentesített állapotban.

– MSZ EN ISO 505:2000; Szállítószalag. A textil szállítószalagok szakadásterjedéssel szembeni ellenálló képességének meghatározási módszere.

#### 59 Textil- és bőripar

– MSZ EN ISO 13937-1–4:2000; Textiliák. A kelmék tépési tulajdonságai. 1. rész: A tépőerő meghatározása ballisztikus ingás módszerrel (Elmendorf). A nadrág alakú (2. rész), illetve a szárny alakú (3. rész) próbadarabok tépőerejének meghatározása (egyszerű tépési módszer). 4. rész: A nyelvi alakú próbadarabok tépőerejének meghatározása (kettős tépésvizsgálat).

– MSZ EN ISO 13431:2000; Geotextiliák és rokon termékek. A húzó-kúszási és a szakítási viselkedés meghatározása.

#### 77 Kohászat

– MSZ EN 10228-2 és -4:2000; Kovácsolt acéltermékek roncsolásmentes vizsgálata. 2. rész: Folyadékbehatolásos vizsgálat. 4. rész: Ausztenites és ausztenites-ferrites, korrózióálló acéltermékek ultrahangos vizsgálata.

– MSZ EN ISO 2740:2000; Porkohászati gyártmányok a keményfémek kivételével. Szakító-próbatetek.

– MSZ EN ISO 3325:2000; Porkohászati gyártmányok a keményfémek kivételével. A keresztirányú törőszilárdság meghatározása.

– MSZ EN 12893:2000; Réz és rézötvözetek. A spirális nyúlás meghatározása.

**79 Faipar**

- MSZ EN 789:2000; Faszervezetek. Vizsgálati módszerek. A fa alapanyagú lemezek mechanikai tulajdonságainak meghatározása.
- MSZ EN 1128:2000; Cementkötésű forgácslapok. Kemény tárggyal szembeni ütésállóság meghatározása.
- MSZ EN 1533:2000; Parketta és más padlóburkolatok. A hajlítózsilárd-ság meghatározása. Vizsgálati módszerek.
- MSZ EN 1534:2000; Parketta és más padlóburkolatok. A benyomódás-állóság meghatározása (Brinell). Vizsgálati módszer.

**83 Gumi- és műanyagipar**

- MSZ EN ISO 178:2000; Műanyagok. A hajlítási jellemzők meghatározása.
- MSZ EN ISO 180:2000; Műanyagok. Az Izod-féle ütő-hajlító szilárdság meghatározása.

**87 Festék- és színezékgyártás**

- MSZ EN ISO 12944-6:2000; Festékek és lakkok. Acélszerkezet korrózióvédelme festékbevonat-rendszerekkel. 6. rész: Laboratóriumi vizsgálati módszerek a korrózióvédő képesség értékelésére.

**Új, érvényes európai szabványok**

Az 2000. január 1-je és április 30-a között megjelent és szakterületünket érintő szabványok jegyzéke. (Tájékoztató címfordítás.)

- EN 1330-4 és -9:2000; Roncsolásmentes vizsgálatok. Fogalom-meghatározások. 4. rész: Az ultrahangos vizsgálatok szakkifejezései. 9. rész: Az akusztikus emissziós vizsgálatok szakkifejezései.
- EN ISO 9606-5:2000; Hegesztők minősítése. Ömlesztőhegesztés. 5. rész: Titán és ötvözetek, cirkónium és ötvözetek.
- EN 12599:2000; Roncsolásmentes vizsgálatok. Ultrahangos vizsgálóberendezések jellemzői és vizsgálata. 3. rész: Kombinált berendezések.
- EN ISO 7438:2000; Fémes anyagok. Hajlítóvizsgálat.
- EN ISO 1746:2000; Gumi- és műanyag csövek. Hajlítóvizsgálatok.
- EN ISO 6603-1:2000; Műanyagok. Merev műanyagok ütés igénybevételével szembeni ellenállásának meghatározása. 1. rész: Nem műszeres ütésvizsgálat.
- EN ISO 10247:1998/AC:2000; Tesztképekhez használt, nemfémes zárványt tartalmazó acélok mikrográfiai vizsgálata.

- EN 1766:2000; Betonszerkezetek védelmére és javítására használt termékek és rendszerek. Vizsgálati módszerek. Referenciabeton vizsgálatokhoz.
- EN ISO 1518:2000; Festékek és lakkok. Karcolásos vizsgálat.
- EN ISO 1522:2000; Festékek és lakkok. Lengőingás csillapításvizsgálat.
- EN ISO 2064:2000; Fémes és egyéb nem szerves bevonatok. Fogalmak és vizsgálati módszerek.
- EN ISO 13937-1-4:2000; Textilíák. Az anyagok szakadási tulajdonságai. 1. rész: A szakítóerő meghatározása ballisztikus ingás módszerrel (Elmendorf). Nadrág alakú (2. rész), ill. szárny alakú (3. rész), ill. nyelv alakú (4. rész) mintadarab szakítóerejének meghatározása.
- EN ISO/IEC 17025:2000; Általános követelmények laboratóriumok illetékességvizsgálatához és kalibrálásához.

**Új ISO-szabványok**, amelyek 1999. december 13-a és 2000. július 10-e között jelentek meg. (Az ISO Bulletin 2000. februári-augusztusi számai alapján készült tájékoztató címfordítások.)

- ISO 6603-1:2000; Műanyagok. Merev műanyagok vizsgálata ütve lyukasztó igénybevétellel. 1. rész: Nem műszeres ütővizsgálat.
- ISO 13586:2000; Műanyagok. A törési szívósság ( $G_{IC}$  és  $K_{IC}$ ) meghatározása. Lineárisan rugalmas törési mechanizmus (LEFM) megközelítés.
- ISO 13802:1999/Cor 1:2000; Műanyagok. Ingás ütőgépek ellenőrzése. Charpy- és Izod-féle vizsgálatok és ütve szakító vizsgálat.
- ISO 974:2000; Műanyagok. A repedési hőmérséklet meghatározása ütővizsgálattal.
- ISO 14556:2000; Acél. Charpy-féle műszeres ütővizsgálat V bemosztású próbatestenen.
- ISO 6441-1-2:1999; Festékek és lakkok. A mikrohorpadásos keménység meghatározása. Knopp-féle keménység mérés alapján a horpadás hosszának mérete szerint (1. rész), illetve a terhelés alatti horpadás mélységének mérete szerint (2. rész).
- ISO 8044:1999; Fémes és ötvözetek korróziója. Alapvető szakkifejezések és meghatározások.
- ISO 15579:2000; Fémes anyagok. Szakítóvizsgálat alacsony hőmérsékleten.

**HÍREK**

**MTESZ Minőségi Érem Díj** kitüntetésben részesítették **dr. Koczor Zoltánt**, a műszaki tudomány kandidátusát, a Budapesti Műszaki Főiskola tanárát, lapunk szerkesztőbizottságának tagját, a Minőségbiztosítás rovatunk szerkesztőjét. A díjat 2000. május 24-én, a XX. Országos Minőségügyi Konferencia keretében adták át.

*Gratulálunk munkatársunknak, és további munkájához sok sikert, s jó egészséget kívánunk!*

Dr. Koczor Zoltán 1989-től a Könnyűipari Műszaki Főiskola (az egyesítést követően: Budapesti Műszaki Főiskola) oktatója. Nevéhez fűződik a főiskolán bevezetett minőségbiztosítási szakirány kidolgozása, majd az önálló minőségbiztosítási csoport megalakítása, melynek munkáját jelenleg is irányítja. A minőségbiztosítás területén 1989 óta végez szakértői tevékenységet.

Folyamatos kutató-fejlesztő munkájának eredményeit szakkikkek, tudományos értekezések, konferencia-előadások formájában rendszeresen publikálja. 1999-ben a Műszaki Könyvkiadó gondozásában megjelent a *Minőségügy gyakorlati kérdései* című szakkönyv, amelynek alkotó szerkesztője.

Mint a minőségügy elkötelezett híve, annak textilipari népszerűsítése érdekében az elmúlt években a Textilipari Műszaki Tudományos

Egyesület keretében regionális minőségügyi kerekasztal-rendezvényeket szervez, melyek lehetőséget teremtenek a minőségügyi szakmai kapcsolatok elmélyítésére, a tapasztalatok tudatos megosztására – olvashatjuk a GM Sajtószolgálat 2000. augusztusi közleményében.

**Felhívás olvasóinkhoz!** Felhívjuk a *törésmechanika* alkalmazásában érdekelt konstruktőr, anyagvizsgáló, hegesztő, állapotellenőrző és karbantartó szakembereink figyelmét a témakörrel átfogóan foglalkozó *európai szervezet*, az *ESIS – European Structural Integrity Society* munkájára. Akik első kézből szeretnének rendszeresen tájékozódni a szerkezetek épségével (integritásával), üzembiztonságának megítélésével kapcsolatos új műszaki irányelvekről, szabványokról, könyvekről, rendezvényekről, azok évi 15 GBP (20 euró) tagdíj ellenében évente négyszer kézhez kapják a szervezet hírlevelét, az *ESIS Newsletter-t*. A *szervezet címe*: ESIS Secretariat, c/o Prof. K. J. Miller, University of Sheffield Faculty of Engineering, Mappin Street, Sheffield, S1 3JD, United Kingdom. A *részletekről felvilágosítás kérhető* az *ISIS MNB-től*, dr. Tóth László professzortól, a BayLogi igazgatójától, fax: 46/396-438, e-mail: tlaszlo@alpha.bzlogi.hu.

E. M. Morozov – M. V. Zernin:

## A törésmechanika érintkezési feladatai

(Kontaktnye zadachi mekhanika razrushenija)

Egy igen időszerű és remek könyv jelent meg a *Masinosztroenie kiadó* (Moszkva) gondozásában 1999. év második felében. Az időszerűségét az adja, hogy a törésmechanika alapelvei napjainkra kialakultak és leiszultak, így ezek gyakorlati alkalmazási területeinek és korlátainak megkeresése, feltárása a szakemberek alapvető feladata. Ha figyelembe vesszük azt, hogy a gépalkatrészek, különböző erőátviteli mechanizmusok meghibásodásának több mint 80%-a tribológiai jellegű, akkor a csúszás, kopás, kipattogzás mechanizmusának minél alaposabb megismerése nem csupán elméleti, de nagyon is gyakorlati jelentőségű. E megismeréshez szolgálthat új eszközöket a törésmechanika, amely a kisméretű és makroszkopikus méretű repedések terjedési feltételeinek leírásával foglalkozik. Noha Hertz már 1881-ben a rugalmasságtani elvek alapján vizsgálta az érintkező testekben kialakuló feszültségek eloszlását, a növekvő terhelés hatására bekövetkező törés mechanizmusára nézve csupán az 1930-es évek közepétől kezdve találhatunk publikációkat a szakirodalomban. Mindez annak ellenére igaz, hogy az üvegbe nyomott golyó sugara és a kritikus terhelés kapcsolatát Auerbach már 1891-ben publikálta.

Az 543 oldal terjedelmű, 458 irodalmi hivatkozást felsorakoztató, 5 fejezetre tagozódó könyv anyaga nagymértékben támaszkodik a szerző 1988-ban hasonló címmel (Érintkezési törések mechanikája – Mekhanika kontaktnogo razrushenija) megjelent munkájára, kiegészítve azt a mechanika numerikus módszereinek alkalmazásával elért eredményekkel, illetve az azokból levonható következtetésekkel.

Az első, 119 oldal terjedelmű fejezet az érintkezési problémák összefoglalását adja. Az alapvetően kontinuum-mechanikai szemléletű fejezet első részében azok a sajátosságok kerülnek bemutatásra, amelyek az érintkezési feladatokat megkülönböztetik a kontinuum-mechanika, a szilárdságtan egyéb feladataitól. Ez adódik abból, hogy a rugalmasságtan, a képlékenységtan, a kúszás törvényszerűségeinek alkalmazása mellett figyelembe kell venni az anyagtulajdonságoknak bizonyos terhelési feltételek között bekövetkező változását is. A jelenségek mechanikai tárgyalási módját ugyancsak bonyolítja az, ha figyelembe kívánjuk venni a kopásállóság növelésére különböző technológiai eljárásokkal kialakított felületi rétegek viselkedését is. Mechanikai szempontból ugyancsak érdekes a növekvő terhelés mellett a rugalmas képlékeny alakváltozás hatására kialakuló érintkezési felület változó nagyságának és az ott lejátszódó folyamatok, feszültségi, kinematikai és hőmérsékleti peremfeltételeinek figyelembevétele. Igen sok esetben a dinamikai viszonyok tisztázása is szükséges. Ezzel a problémák csak sokasodnak és a megoldandó érintkezési feladatok egyre bonyolultabbá válnak. Az általános helyzet ismertetését követően az első fejezet összefoglalja az érintkezési feladatok megoldásában elért eredményeket az egyszerűbb esetektől a bonyolultabb irányába haladva, azaz a rugalmas, a rugalmas-képlékeny és a dinamikai sajátosságok figyelembevételével.

A második, 83 oldal terjedelmű rész az érintkezési kifáradás során lejátszódó károsodás és törés folyamatának leírasi módjaival foglalkozik. Ennek keretében először csokorba fűzi azokat a problémákat, amelyek megnehezítik azt, hogy a törésmechanikai elveket közvetlenül alkalmazhassuk a kontaktfáradás során kialakuló repedések terjedési feltételeinek leírására. Ilyen probléma például a repedésfront alakja, elhelyezkedése, növekedése, az ismétlődő igénybevétel paramétereitől stb. E fejezetben kaphatunk áttekintést a törésmechanika alapelveiről, valamint ezek alkalmazhatósági feltételrendszeréről az érintkezési feladatok tárgyalásában. Ennek keretében olyan modell kerül bemutatásra, amely alkalmazható a felületi repedések kialakulásának és terjedésének leírására ismétlődő terhelések esetén. Külön figyelmet érdemel a jelenség statisztikus tárgyalási módja. Tekintettel arra, hogy mind a repedés kialakulását, mind pedig terjedését számos paraméter

egyidejűleg és kölcsönösen határozza meg (anyag, szerkezeti kialakítás, gyártástechnológia, üzemi körülmények és a gazdaságosság) az élettartambecsléseknél mindezen hatásokat figyelembe kell venni. Erre nézve kaphatunk rendszerező áttekintést mintegy 26 oldalon.

A 73 oldal terjedelmű harmadik fejezetben kerül tárgyalásra a szűrőszerszámnak a félvégtelen testbe való behatolása során lejátszódó folyamatok törésmechanikai leírásának lehetősége. Ez azért érdekes terület az érintkezési feladatok tárgyalásában, mert a kontaktfáradás meghatározó folyamata az az érintkezési feszültség, amely a két test között alakul ki. E részben kerülnek ismertetésre azon megfontolások, és törésmechanikai összefüggések, amelyek a benyomódó test geometriai paramétereit, a terhelés nagyságát, a felületen mérhető repedések hossza és az anyag repedéselterjedéssel szembeni ellenállása, rugalmassági modulusa közötti kapcsolatot írják le mind kvázistatikus, mind pedig ismétlődő terhelés esetén.

A negyedik, 157 oldal terjedelmű fejezet a törésmechanikai elvek alkalmazhatóságával foglalkozik a kopás folyamatának leírásában. Ennek keretében részletesen kitér a felületi réteg kopása során végbemenő károsodási folyamatokra, azok kialakulásának mechanizmusaira, szakaszaira és jellemzőire, így a mikroforgácsolásra, a képlékeny kitérkedésre, a rugalmas behatolásra, az adhéziós kopásra és a nagyobb térfogatra kiterjedő, képlékeny alakváltozással járó károsodásra, repedés keletkezésére és terjedésére. E mechanizmusok térben és időben változnak, egymást váltják fel, következésképpen az látszik a legperspektivikusabb tárgyalási módnak, ha diszkrét, egy-egy lokális helyhez kötötten modellezik a folyamatot. Ebben a szemléletmódban helyet kaphat a statisztikus értékelés is, amely a diszkrét helyekből általánosít a teljes kopási folyamat pillanatnyi állására. Elemzi az egyzeres és ismétlődő terhelés során lejátszódó folyamatok közötti azonosságokat és különbségeket különös gondot fordítva az ismétlődő ütőterhelés sajátosságainak figyelembevételére. Vizsgálja azon lehetőségeket, amelyek biztosítják a törésmechanikai elvek alkalmazhatóságát a kopási folyamat leírásában. Itt igyekszik figyelembe venni a kicsiklusú – terhelési ciklusonként rugalmas-képlékeny alakváltozással járó – kifáradás jelenségének tárgyalásában alkalmazott általánosan elfogadott elveket. Ennek alapján modellt állít fel a felület alatti repedés keletkezési feltételeinek jellemzésére. Részletesen elemzi az abráziv kopás sajátosságait különös figyelmet fordítva az ismétlődő ütőterhelés szerepére, számos kísérleti eredményt bemutatva az anyagjellemzők és a felületi bevonatok hatásának érzékeltetésére. Külön pontokban elemzi az érintkező felületek relatív elmozdulása során végbemenő kopás sajátosságait, azok törésmechanikai tárgyalási módjának lehetőségeit mind a repedések keletkezésének, mind pedig terjedésének szakaszában. Tárgyalja a felületi réteg tulajdonságainak hatását mind a terhelési mód, mind pedig az érintkező testek közötti közeg sajátosságainak figyelembevételével. Ebben a szemléletmódban különös hangsúlyt kap a repedésűcs környezetének elemzése. A frettív fáradás, a kopás folyamatának leírásában a törésmechanikai elvek hangsúlyos alkalmazhatósága rejlik. Ezt meggyőzően igazolják a bemutatott példák.

Az utolsó, 80 oldal terjedelmű ötödik fejezet nem más, mint az ismertetett elvek gyakorlati alkalmazásának „példatára”. Ennek keretében először a siklócsapágyak viselkedését elemzi kitérve a feszültségeloszlás számítására, a felületi réteg szerepére, az anyagjellemzők hatására, a különböző paraméterek hatásának modellezhetőségére és az alkalmazható vizsgálati technikák sajátosságaira, a kapott eredmények értékelési módszereire. Másik gyakorlati példának a vasúti sín-kerék kapcsolatát vizsgálja. Ennek kapcsán bemutatja az érintkező testekben kialakuló, végeeselemes számításokkal meghatározott feszültség- és alakváltozás-mezőket különös tekintettel a fékezés folyamatára. Összefüggéseket közöl a feszültségintenzitási tényező számítására a felületi félléptikus repedés geometria paramétereinek figyelembevételével. Elemzi a sín felületi rétegének szerepét a kopás kialakulása szempontjából kiemelve a megvalósítás technológiai lehetőségeinek (hőkezelés, hidegalakítás) sajátosságait. Vizsgálja a fáradásos repedés terjedési feltételeinek leírására alkalmazható törésmechanikai elveket,



figyelembe véve azt, hogy a repedések többnyire a futófelület alatt keletkeznek és a sín belsejének irányába terjednek. A repedés terjedésében nem csupán a repedés síkjára merőleges, hanem az abban ható csúsztató feszültségeket eredményező terhelési komponens is szerepet kap.

**Összefoglalva** megállapítható, hogy E. M. Morozov és M.V. Zernin ismertett könyve a törésmechanika elveinek egy újabb alkalmazási területén elért eredményeket foglalja össze. A kvázistatikus és ismétlődő terhelésnek kitett érintkező testek károsodásának leírása igen bonyolult, hisz a terhelés paraméterein, az érintkező testek geometriai jellemzőin túl a testek anyagi sajátosságai, azok térbeli és időbeni változása és az érintkező testek közötti közeg, környezet egyaránt befolyásolja a lejá-

szódó folyamatokat. E károsodási folyamatoknak van azonban egy közös jellemzője, nevezetesen az, hogy repedés képződése és terjedése figyelhető meg. E közös mag adja a biztosítékát a törésmechanika újabb alkalmazási területére a tribológiai témakörben. Az ismertett könyvet messzemenően ajánlom a tribológiával elméleti és gyakorlati szinten foglalkozó szakembereknek, kutatóknak, oktatóknak és az egyetemi hallgatóknak. Sajnálatos a tény, hogy a témához kapcsolódóan teljesen hiányzik a magyar nyelvű szakirodalom. Amennyiben a törésmechanika gyakorlati alkalmazása témakörben magyar nyelven szakkönyv összeállítására kerül sor, úgy a leendő szerzőnek mindenképpen javaslom, hogy az érintkezési kifáradás és kopás témakörét is tárgyalja röviden.

**Wolfgang Seidel:**  
**Anyagismeret – Anyagok, tulajdonságok, vizsgálat, alkalmazás**

(*Werkstofftechnik – Werkstoffe, Eigenschaften, Prüfung, Anwendung*).

Éz évben jelentette meg a *Carl Hanser Verlag München–Wien* kiadó a könyvet a Műszaki Tankönyvek című sorozatban.

A 383 oldal terjedelmű 12 fejezetre tagozódó mű tipikusan olyan tankönyv, amely az anyagtudománnyal foglalkozó főiskolai és egyetemi hallgatók tananyagában, képzésében igen jól felhasználható.

Az első, 48 oldal terjedelmű rész a fémek szerkezetével és tulajdonságaival foglalkozik. Bemutatja a fémek kötések sajátosságait, a rács szerkezet jellemzőit, a rács hibákat, a kristályosodás, a rugalmas és képlékeny alakváltozás, az újrakristályosodás, valamint a termikusan aktivált folyamatok leírását. Az egyes témákat, valamint e fejezetet olyan kérdések zárják, amelyek megválaszolása igen nagy mértékben hozzájárul a tananyag megértéséhez, elsajátításához.

A könyv mindössze 20 oldal terjedelmű 2. része a fémek ötvözeteivel és fázisátalakulásaival foglalkozik. Ismerteti a lehülési görbék és a különböző kétalkotós állapotábrákat. E fejezetet is tesztkérdések zárják.

A 16 oldal terjedelmű 3. fejezet a vas-szén állapotábrával, annak egyensúlyi (Fe-C) és nem egyensúlyi (Fe-Fe<sub>3</sub>C) hűtésre vonatkozó változatával foglalkozik. Rövid áttekintést kaphatunk a jellegzetes szövetekről, azok tulajdonságairól. Mint minden egyes fejezet, ez is a tananyag elsajátítását segítő kérdésekkel zárul.

A 49 oldal terjedelmű 4. fejezet a vaslapú anyagok hőkezelését, annak elveit és gyakorlati kérdéseit tekinti át. Az ausztenitesítést követő hűtési sebességtől függően kialakuló szövetek sajátosságait, tulajdonságait elemzi az átalakulás időbeli lefolyásának függvényében. Ennek megfelelően ismerteti a folyamatos hűtésre és az izotermás átalakulásra vonatkozó C-görbéket. Bemutatja a hőkezelés hatására kialakuló maradó feszültségeket, illetve a különböző tulajdonságokat eredményező hőkezelési technológiákat, beleértve a teljes térfogatra és a felület módosítására kiterjedőket. Áttekintést ad a termomechanikus hőkezelésekről, illetve a felületötvöző kezelésekről is.

Az 5., mindössze 25 oldal terjedelmű rész az öntöttvasakkal, azok sajátosságaival foglalkozik, mind a szövetszerkezet, mind pedig a tulajdonság szempontjából. Bemutatja a tulajdonság befolyásolására alkalmas hőkezelések és ötvözések lehetőségeit. Nagy figyelmet szentel a műszaki gyakorlatban igen fontos gömbszemesített öntöttvasak ismertetésére. E részben tárgyalja a temperöntvényeket, valamint az acélöntvényeket is. Ismerteti a különböző öntvényhibákat.

Mindössze 18 oldalon kerülnek bemutatásra a 6. fejezetben a különböző ötvözetlen és ötvözött acélok jelzésrendszere, valamint az ötvözők hatása a különböző tulajdonságokra, illetve a legkülönbözőbb acélcsoportok. A fejezetet záró kérdések megoldásai a könyv végén megtalálhatók.

A 7. fejezet 29 oldalnyi terjedelmében összefoglalja a nemvas-fémeket, ezek jelölésrendszerét és tulajdonságait. Így az alumíniumötvözeteket (alakíthatók és önthetők, szinterelt alumínium anyagok), az ötvözők hatását az alumínium tulajdonságaira, a réz és rézötvözeteket, az ólmot és az antimonot és ezek ötvözeteit, a fehér fémeket, a titánt és a titánötvözeteket.

Az alig kilencoldalnnyi terjedelmű 8. fejezet ismerteti a szinterelt anyagokat, különös tekintettel a keményfémekre és a keramikus anyagokra.

A könyv a 9. fejezet 21 oldalnyi terjedelmében a korrózióval és a korrózióvédelemmel foglalkozik. Áttekinti a korrózió fajtáit, ezek sebességét befolyásoló külső – és az anyag sajátosságát tükröző – belső paraméterek szerepét. Röviden áttekintést kaphatunk a korrózióvédelemről és az ennek minőségét befolyásoló paraméterek hatásáról.

A 15 oldal terjedelmű 10. fejezet a kenő-, hűtőanyagokat tekinti át, azok jelölésrendszerével, tulajdonságaival, felhasználási területeivel ismerteti meg az olvasót. E fejezetet is a tanulást segítő kérdések zárják.

A műanyagokat a 34 oldal terjedelmű 11. fejezet foglalja össze. A műanyagok rendszerezését a szerkezet és a tulajdonságok összefoglalása követi. Érdekes áttekintő képet kaphatunk a műanyagokról, ha azok rugalmassági modulusait ábrázoljuk a szakítószilárdság függvényében. Néhány jó példát találhatunk az anyagválasztás szempontjaira is.

Az anyagvizsgálati módszereket, a roncsolásos és roncsolásmentes eljárásokat a könyv utolsó, 12. fejezete foglalja össze. Az előbbiektől az anyagvizsgálat, a keménységmérések, az üthajlító vizsgálat és a fárasztóvizsgálat módszerei, az eredmények értékelési módjai vannak összefoglalva. A roncsolásmentes vizsgálatok közül a radiológiai, az ultrahangos, a mágneses valamint az örvényáramos vizsgálat fizikai elveiről, alkalmazási területeiről kaphatunk képet. A metallográfiai vizsgálat alapvetően a fénymikroszkópos eljárásra koncentrál és nagyon röviden említi az elektronmikroszkópos vizsgálatot. Igen röviden kitér a könyv az anyagválasztás elveire is.

Az ismertett mű tankönyv jellegét legjobban az a tény hangsúlyozza – és egyben a tananyag önálló elsajátítását is segíti –, hogy az egyes fejezetek végén felsorolt kérdésekre adott válaszok az utolsó, mintegy 14 oldal terjedelmű részben megtalálhatók.

**Összefoglalva** azt mondhatjuk, hogy a könyv rendszerezve tartalmazza mindazon ismereteket, amelyek a minket körülvevő anyagi világban való megbízható tájékozódáshoz, az alapelvek megértéséhez szükségesek.


Az előzőekben részletezett tartalom már önmagában is jelzi a könyv szerepét, helyét az anyagtudományban, anyagismeretben. Figyelembe véve a hazai oktatási (középfokú, főiskolai, illetve egyetemi képzést) azt lehet mondani, hogy a könyv jól használható a gépipari irányú szak- és középiskolai képzésben, a műszaki jellegű főiskolai képzésben és az anyagokkal, azok tulajdonságaival nem teljes mélységben foglalkozó egyetemi képzésben. A könyv ugyancsak hasznosan forgatható a döntően gépészmérnöki képzés induló szemeszterében is. Különösen jól használható segédkönyv a napjainkban egyre terjedő idegen nyelvű főiskolai, egyetemi képzésben, hisz a szakavatott szerző nem csupán a biztos szakmai ismereteket nyújtja a könyv használóinak, olvasóinak, hanem a teljes mértékben elfogadott német nyelvű terminológiákat is.


Aki az eredeti mű után érdeklődik, részletes felvilágosítást kaphat a **Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag**-tól (Naumburger Strasse 26a, D-04229 Leipzig, tel: 49-341-49034-0, fax: 49-341-4806220, honlap: <http://www.hanser.de>).

A rovatot írta:

**Dr. Tóth László**  
egyetemi tanár

# ESEMÉNYNAPTÁR

 <b>AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.</b> <b>Oktatásszervezési Osztály</b> <b>1211 Budapest, Gyepsor u. 1. Tel./Fax: 278-0756</b>		
Tanfolyam típusa	Tervezett kezdés	
<b>ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ, MINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK</b>		
	1. fokozat	2. fokozat
Ultrahangos anyagvizsgáló (UT)	2001. 03. 26.	2001. 03. 26.
Örvényáramos anyagvizsgáló (ET)	2001. 11. 26.	2001. 11. 26.
Radiológiai anyagvizsgáló (RT)	2001. 04. 02.	2001. 05. 07.
Mágneses anyagvizsgáló (MT)	2001. 03. 19.	2001. 04. 17.
Penetrációs anyagvizsgáló (PT)	2001. 03. 26.	2001. 04. 24.
Vizuális anyagvizsgáló (VT)	2001. 03. 29.	2001. 05. 03.
Tömörégi anyagvizsgáló (LT)	2001. 10. 08.	2001. 11. 05.
Rezgélelemző (VAT)	2001. 01. 15.	2001. 02. 12.
Mechanikai anyagvizsgáló	2001. 01. 22.	2001. 04. 17.
	2001. 03. 19.	
Metallográfiai anyagvizsgáló	2001. 01. 15.	2001. 02. 19.
Szinkropelemző (SPT)	Létszámlfüggő	Létszámlfüggő
<b>NYOMÁSTARTÓ- ES TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK</b>		
Tartályvizsgáló	2001. 02. 05.	
Tartályvizsgáló szakképesítést kiegészítő (C modul)	2001. 02. 12.	
Tartálytisztító	2001. 05. 21.	
Tartályjavító- és karbantartó	2001. 05. 28.	
Nyomástartóedény-gépész	Létszámlfüggő	
Nyomástartóberendezés-kezelő	Létszámlfüggő	
<b>BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉPZÉSEK</b>		
Alapfokú sugárvédelmi	2001. 02. 05.	
Sugárzóberendezés-kezelő bővített sugárvédelmi	2001. 02. 14.	
ADR	Folyamatosan	
Érintésvédelem szabványossági felülvizsgáló	2001. I. félév	
Tűzvédelmi tanfolyamok	Folyamatosan	
<b>MINŐSEGBIZTOSÍTÁSI SZAKKÉPZÉS</b>		
Minőségellenőr	2001. 05. 14.	
Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (auditor)	2001. II. félév	
A minőségszabályozás statisztikai és egyéb eszközei	Létszámlfüggő	
TQM alapjai	2001. I. félév	
TQM a vezetők részére	2001. I. félév	
QS 9000	Létszámlfüggő	
ISO 9000-2000	2001. 01. 29.	
<b>KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK</b>		
Környezetvédelmi laboráns	Létszámlfüggő	
Környezetvédelmi szakelőadó	Létszámlfüggő	
Települési hulladék-gyűjtő és -szállító	Létszámlfüggő	
<b>EGYEB TANFOLYAMOK</b>		
Emelőgép-ügymintező	2001. 03. 05.	
Gazdasági informatikus I. (felszólók)	2001. 09. 10.	
Számítástechnikai szoftverüzemeltető	2001. 09. 10.	
Internet	Folyamatosan	
3D-s modellezés	Folyamatosan	
ADOBE PHOTOSHOP	Folyamatosan	
CORELDRAW	Folyamatosan	
WEB-lap készítés	Folyamatosan	
AutoCAD (kezdő és haladó)	Folyamatosan	
<b>A tanfolyamok helye:</b> AGMI Rt. Anyagvizsgáló Épülete (1211 Budapest, Gyepsor u. 1.) Szállást és étkeztetést igény szerint biztosítunk. Tanfolyamokat kihelyezett formában is vállalunk. <b>Érdeklődni lehet:</b> AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály 1751 Budapest, Pf.: 114 Tel./Fax: 278-0756 E-mail: agmivig@matavnet.hu <b>SZERETETTEL VÁRJUK TANFOLYAMAINKONKI</b>		
Mikus Erzsébet mb. osztályvezető		



## ORSZAK BT.

1752 Budapest, Pf. 101. Fax: 277-6226, Mobil: 06-20/9582-659

**Az ORSZAK BT. 2001 tavaszán roncsolásmentes anyagvizsgáló (RmAv) tanfolyamokat szervez az eljárások széles skáláján mind az OKJ, mind az MSZ EN 473 szabvány követelményeit kielégítő tematikákkal.**

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

Megkeresésre részletes tájékoztatást adunk a szakterület megválasztásához, a tanfolyamokról és a jelentkezés feltételeiről, illetve az ékeztetés és a szállás lehetőségeiről; jelentkezési lapot és részletes programot küldünk. A tanfolyamok hallgatói megkapják a nyomtatott jegyzeteket, ill. az érvényes szabványok, az MHE-tematikák és vizsgakérdések jegyzékét.

Célünk, hogy hallgatóink jól elsajátítsák az adott eljárás elméletét és gyakorlati fortélyait. Ennek érdekében tanfolyamainkon szakképesített és nagy gyakorlattal rendelkező előadók oktatnak, a gyakorlati foglalkozások az MSZ EN 45001 szerint akkreditált vizsgáló laboratóriumokban folynak. Tanfolyamaink legeredményesebb hallgatóit hasznos anyagvizsgáló eszközöket tartalmazó csomaggal ajándékozunk meg.

**ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA:**

**Alapozó tanfolyam az 1. fokozatú RmAv-hez:** 2001. jan. 8-9.

**Alapozó tanfolyam a 2. fokozatú RmAv-hez:** 2001. febr. 26-27.

**Rezgélelemző VAT-2, az SKF Rt-vel együttműködve:** 2001. márc. 19-30.

**Rezgélelemző VAT-1, az SKF Rt-vel együttműködve:** 2001. máj. 7-18.

**Mágnesezhető poros MT-1:** 2001. jan. 10-12., vizsga: jan. 23-24.

**Folyadékbehatolásos PT-1:** 2001. jan. 15-17., vizsga: jan. 23-24.

**Vizuális VT-1:** 2001. jan. 18-22., vizsga: jan. 25-26.

**Ultrahangos UT-1:** 2001. jan. 29.-febr. 14., vizsga: febr. 15-16.

**Mágnesezhető poros MT-2:** 2001. febr. 28.-márc. 2., vizsga: márc. 20-21.

**Folyadékbehatolásos PT-2:** 2001. márc. 5-7., vizsga: márc. 21-22.

**Vizuális VT-2:** 2001. márc. 8-12., vizsga: márc. 13-14.

**Ultrahangos UT-2:** 2001. márc. 19-28., vizsga: márc. 29-30.

**Kondicionáló tanfolyamok:** MT-2, PT-2, VT-2 2000. dec. 4-8.; UT-2 2000. dec. 11-15.; és RT-2 2001. jan. 10-15.

*A kondicionáló tanfolyamokat az 1995-96-ban 2. fokozatú vizsgát tett kollégáknak ajánljuk. Ismertetjük az új vizsgálati szabványokat, eljárásokat és eszközöket. A tanfolyam a tanúsítványuk meghosszabbításához is hasznos segítség.*

**Tömörésvizsgáló LT-2:** 2001. febr. 19.-márc. 2.


**Akuszti emissziós AET-2 újraminősítő:** 2001. ápr. 9-18., vizsga: ápr. 19-20.

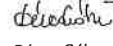
**LEGALÁBB HAT FŐ JELENTKEZÉSE ESETÉN INDULÓ TANFOLYAMOK:**

- Szinkropelemző, SPT-1 és SPT-2, - Akuszti emissziós, AET-1 és AET-2;  
- Hőkezelő.

*Vállalatok, társaságok részére kihelyezett tanfolyamokat, ill. speciális igények szerinti képzést is szervezünk. Vállaljuk szakmai napok szervezését is új termékek és eljárások bemutatására.*

Forduljon hozzánk bizalommal!

  
 Szűcs Pál

  
 Dénes Gábor

## Hazai rendezvények 2001-ben

**Fogyasztóvédelem – Piacfelügyelet 2001 konferencia és kiállítás, Miskolc-Egyetemváros, 2001. január 30. – február 1.** Vezetője: az EU termékbiztonsági irányelvei és azok érvényesülése a különböző ágazatokban. Felvilágosítást ad: Kröel Dulay Imre, Miskolci Egyetem Továbbképző Központ, tel.: 46/565-111, fax: 46/362-104, e-mail: barna@szgtfrix.sztg.uni-miskolc.hu

**II. Roncsolásmentes anyagvizsgáló konferencia, 2001. április 24-27., Eger, Hotel Flóra.** A konferencia szlogenje: *Európai szabályozások hatása a roncsolásmentes anyagvizsgálatokra. Hol tartunk? Felvilágosítást ad:* Marovisz titkárság, Dienes Erika, tel./fax: 276-511. Postacím: 1211 Budapest, Gyepsor u. 1.

## Vásárprogram 2001-ben a Budapesti Vásárközpontban

- Mach-Tech** – nemzetközi géppártás-technológiai szakkiallítás, 2001. április 3-6.
- Chemexpo** – nemzetközi vegyipari szakkiallítás, 2001. április 3-6.
- Industria** – nemzetközi ipari szakkiallítás, 2001. május 22-26.
- Budapesti Nemzetközi Vásár (BNV)** – a fogyasztási cikkek vására, 2001. szeptember 14-23.

## Nemzetközi rendezvények 2001-ben

**6th Int. Conf. Biaxial/Multi-axial Fatigue and Fracture, Lisboa, Portugália, 2001. január 26-29.** Cím: Mech. Engng. Dept. Instituto Superior Técnico, Av Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal; Fax: + 351 1 841 79 15; e-mail: 6icbmf@dem.ist.utl.pt

**Thermosense XXIII** – infravörös kép- és mérés-technika, (konferencia és kiállítás), Orlando, Florida, USA, 2001. április 16-20. Részletes információk: <http://www.thermosense.org>

**SMIRT-16 – Structural Mechanics in Reactor Technology, Washington DC, USA, 2001. augusztus 12-17.** Cím: SMIRT-16 Secretariat, North Carolina State University, Campus Box 7908, Raleigh NC 27695-7908 USA; fax: + 919 515 5301, e-mail: SMIRT\_16@ncsu.edu

**Charpy Centenary Conference CCC2001, Poitiers, Franciaország, 2001. október 3-5.** Cím: SF2M Société Française de Métallurgie et de Matériaux Les Fontenelles, 1 rue de Craiova F-92024 Nanterre cedex, France; Fax: 33 1 41 02 03 88; e-mail: sfmm@wanadoo.fr

**10th Int. Congress of Fracture (ICF), (kiállítás is), Hawaii, USA, 2001. december 3-7.** Részletes információ: [www.elsevier.com/locate/icf10](http://www.elsevier.com/locate/icf10) vagy Amy Richardson, ICF 10 Conf. Secretariat, Elsevier Science, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1 GB, UK. Fax: +44(0)1865 843958; e-mail: a.richardson@elsevier.co.uk

„ALAPÍTVÁ: 1989”

ISO 9002

# TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

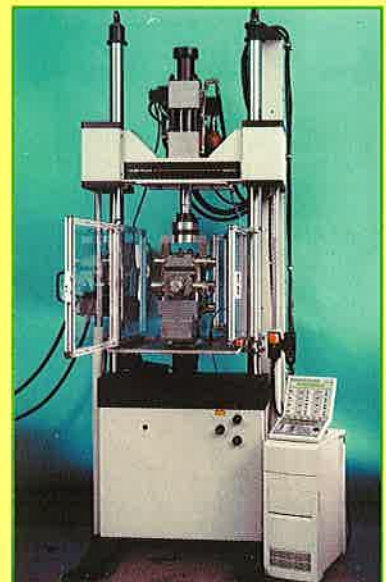
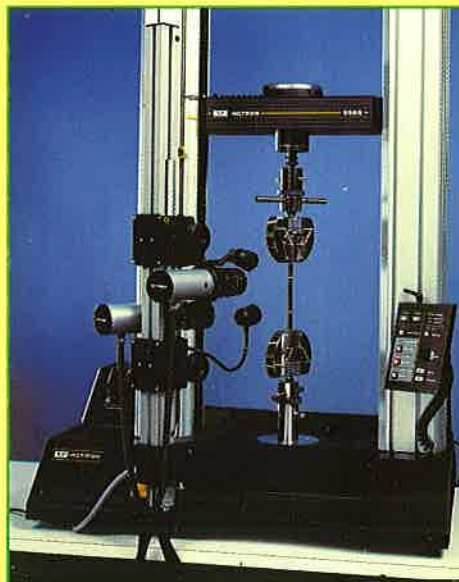


**INSTRON**

**UNIVERZÁLIS**

**Anyagvizsgáló gépek**

**A mechanikai  
anyag- és szerkezeti  
jellemzők  
meghatározásához**



**TESTOR BT.**

Budapest XII., Meredek u. 33. · 1538 Budapest, Pf. 528. · Tel.: 319-1-319 · Fax: 319-2284  
www.testor.hu · info@testor.hu



SENSELEKTRO

Magyarországi képviselő: **Senselektro Kft.**

1064 Budapest VI., Vörösmarty u. 33.

Telefon/Fax: 342-7982, 351-4317 • Fax: 284-8180



**Forgalmazás, üzembe helyezés, garancia, garanciaidőn túli szervizszolgáltatás, karbantartás, pótalkatrész és tartozék szállítása.**

**Kérésre ingyenes, részletes gyártmánykatalógust és információt küldünk!**



**Zwick** / *mérés  
intelligenciával*

- univerzális vizsgálógép
- egzakt erő-, nyúlás- és elmozdulásmérés
- testXpert az Önnel együttgondolkodó szoftver