

# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

8. ÉVFOLYAM  
1. SZÁM  
1998.



**DeFelsko®**



rugóvizsgálógépek



ingás ütőművek



makro- és mikrokeménység-mérők



# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

## Szerkesztőség:

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

## Felelős szerkesztő:

**dr. Lehofer Kornél**

## A szerkesztőbizottság tagjai:

**dr. Borbás Lajos**

**Fücsök Ferenc**

**dr. Havas István**

**dr. Koczor Zoltán**

**Ruzicska György**

**dr. Pólos László**

**dr. Tóth László**

## Kiadja:

**TESTOR BT.**

## Felelős kiadó:

**Szappanos György**

ügyvezető igazgató

## Előfizetési díj 1998-ra

(1–4. szám): 2.100,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, illetve postautalványon, vagy átutalással, az EKB 13-00-0017/102 65712 szla. számon. Az előfizető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén.

## Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

Formakészítés: **PC-PRINT BT.**

## FIGYELEM!

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

ISSN 1215-8410

## Beköszöntő

Lapunk 8. évfolyama első számának átnyújtásával köszöntjük a Tisztelt Olvasót, kívánva eredményes, sikeres új esztendőt!

Reméljük, sokukkal személyesen is találkozhatunk lapunknak a **Magyar Regula** alkalmából a **Budapest Sportcsarnokban február 17–19-én** immár hagyományosan megszervezett szakmai fórumán, mely az idén a **Labinfo Magazin**nal közös rendezvényünk, s amelyen, szándékunk szerint, ötleteket és érveket kaphatnak felkért szakértőinktől és a kiállító cégek szakembereitől ahhoz, hogy a széles műszerkínálatból kiválaszthassák a legalkalmasabbat vizsgálati feladataik ellátásához. Ugyanakkor szerkesztőbizottságunk is hasznos észrevételeket kaphat Önöktől.

Törekvésünk változatlanul az, hogy iparágakat árfogva tájékoztatást adjunk a korszerű vizsgálati, állapotellenőrzési és minőségbiztosítási módszerekről és eszközökről, illetve ezek rendszerbe szervezett alkalmazásairól az adott feladatok eredményes megoldása érdekében.

Az idén nagyobb figyelmet szentelünk a szerkezeti műanyagok és más nemfémes anyagok vizsgálati sajátosságainak a bemutatására, valamint az üzemelő berendezések állapotellenőrzésére alapozott megbízhatóság-elemzés jelentőségére.

Ezúton is köszönetet mondunk szakíróinknak és a cégeknek lapunk tartalmas és színvonalas megjelentetéséhez nyújtott önzetlen támogatásukért, szakmakultúránk gazdagításáért!

Továbbra is szerkesszük együtt az Anyagvizsgálók Lapját!

*A szerkesztőbizottság*

### Tisztelt Olvasó!

Ha lapunkra elő kíván fizetni, szíveskedjék kitölteni a mellékelt Megrendelés űrlapot.

Köszönjük!

### Tisztelt Előfizetőnk!

Előfizetése 1998. évi megújításához közvetlenül számlát küldünk.

Köszönjük érdeklődését!

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Thamm Frigyes, Borbás László:

Laminátok rétegek közötti szilárdságának vizsgálati módszerei

Testing methods of interlayer strength of the laminats

Prüfmethoden der Zwischenschichtsfestigkeit von Laminaten

3

Major Zoltán:

Műanyagok mechanikai vizsgálata korszerű eszközökkel

Mechanical investigation of plastics by means of modern instruments

Mechanische Prüfung der Kunststoffe mit zeitgemäß Geräte

8

Czigány Tibor:

Az akusztikus emisszió szerepe a műanyag kompozitok törésmechanikai vizsgálatánál

Role of the acoustic emission in fracture mechanical testing of the plastic composites

Rolle der Schallemission bei bruchmechanische Prüfungen der Kunststoffkompositen

13

Kovács Tamás:

Vasbeton állapotellenőrzése a galvanosztatikus impulzuspolarizáció módszerrel

Condition control of reinforced concrete by means of galvanostatic polarization method

Zustandskontrolle des Eisenbeton mit galvanostatische Impulspolarisationsmethod

17

## KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Harnisch József:

Az OMNIMET® képanalizáló rendszer felhasználása

Use of the OMNIMET® image analysis system

Anwendungen der OMNIMET® Bildanalyse-System

19

Széles Zoltán:

Számítógéppel segített röntgenképekezelés és feldolgozás

Computer aided processing and evaluation of X-ray radiographs

Computerunterstützt Behandlungen und Auswertungen der Röntgenaufnahmen

22

## SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU

Különleges élelmiszerállomány-vizsgáló rendszer (Instron Ltd.)

Unique food texture testing system

Besonder Lebensmitteltextur-Prüfsystem

24

Az Equostat keménységmérő készülék (Proceq SA.)

Equostat hardness tester

Equostat Härtemessgerät

25

Mohácsi Gábor:

A DeFelsko fejlesztési trendje a bevonatvastagság-mérés területén

Development trend of coating thickness measurement in DeFelsko

Entwicklungstendenz der Schichtdickenmessungen bei DeFelsko

26

Betonelemek vizsgálata ultrahanggal (Proceq SA.)

Concrete testing by ultrasonics

Betonprüfung mit Ultraschall

27

## MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Koczor Zoltán, Marschall Marcell:

Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában

3. rész: A laboratóriumokban használt mérőeszközök minőségbiztosítása

Material testing peculiarities of the quality assurance systems

Part 3: Quality assurance of measuring instruments used in laboratories

Die Materialprüfungseigenarten der Qualitätssicherung-Systeme

3. Teil: Qualitätssicherung der Labormessinstrumente

28

Róth András:

VI. Magyar Minőség Hét

6th Hungarian Quality Week

VI. Ungarische Qualitätswoche

33

## ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER

33

## TARTALOM '97 – CONTENTS '97 – INHALT '9

# Laminátok rétegek közötti szilárdságának vizsgálati módszerei

Dr. Thamm Frigyes\* – Dr. Borbás Lajos\*

## Bevezetés

Mint ismeretes, a laminátok rétegek közötti szilárdsága lényegesen kisebb annál, mint amit a saját síkjában terhelte lamináttal végzett anyagvizsgálati kísérletek mutatnak. A rétegek közötti törésmenetelt okozó igénybevételek szerencsére többnyire nem túl nagyok, így a lamináttest homogén alakú és terhelésű részein nem várható ezeknek – nevezetesen a laminát síkjára merőleges normálfeszültség és a laminát síkjában működő csúszási feszültség – káros hatása. Nem hanyagolható el azonban a rétegek közötti feszültség-összetevőknek a hatása olyan diszkontinuitási helyek környezetében, mint amilyeneket az 1. ábrában foglaltunk össze.

Ezért már régóta ismeretesek olyan anyagvizsgálati módszerek, amelyekkel a rétegek közötti (interlamináris) nyírószilárdságot igyekeztek meghatározni, általában zömök próbateteket választva. Ezen próbatetek közül néhányat a 2. ábrán foglaltunk össze.

| A szerkezeti elem megnevezése               | Laminát felépítés | A rétegek közötti feszültség jellege és eloszlása |
|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|
| Nyíró erő a teherátadási hely környezetében |                   |                                                   |
| A laminát rétegszámának változása           |                   |                                                   |
| Görbült felszínnű laminát                   |                   |                                                   |
| Ragasztási felület                          |                   |                                                   |

1. ábra. Rétegek közötti feszültség jellege és eloszlása különböző lamináttípusok és terhelések esetén

Az ezeken a próbatetekeken végzett mérésekből nyert szilárdsági értékek azonban nem bizonyultak megbízható anyagtulajdonságnak, amit a bemutatott négy különböző próbatestalak is alátámaszt.

## Az anyagfolytonossági hibák törésmechanikai értékelése műanyag laminátszerkezetek esetén

A laminátszerkezetek inhomogén felépítése eleve valószínűsíti olyan eredendően meglevő anyaghibákat éppen azokon a helyeken, mint azt az 1. ábrában bemutattuk. Nyilván ezekről a hibahelyekről fog a törésmenetel kiindulni, ezáltal indokolva a törésmechanikai vizsgálati módszerek alkalmazását.

A törésmechanika – mint ismeretes – a vizsgált szerkezetekben repedéseket tételez fel, a repedéscsúcsoknál elméletileg végtelen értéket felvevő feszültségi szingularitással. A repedéscsúcsból távolodva a mértékadó húzó vagy nyíró feszültségösszetevő a csúcsból mért  $r$  távolsággal  $1/\sqrt{r}$  függvény szerint csökken. A törésmechanika tehát a szerkezeti anyagnak csupán a test igen kis térfogatrészére koncentrálódó feszültségcsúcs környezetében lefolyó viselkedését kívánja vizsgálni, de erre csak makroszkópikus, többé-kevésbé bonyolult alakú próbatetek állnak rendelkezésre. A próbatest terhelésekor működő igénybevételből és a próbatest alakváltozásának valamelyik jellemzőjéből kellene zárt, valamint többé-kevésbé elméleti mechanikai modell alapján kapcsolatot találni a repedéscsúcs körüli mikroszkópikus anyagréteg viselkedésére.

A laminátok a törésmenetelük során, a repedéscsúcs közvetlen környezetét kivéve, rugalmasan viselkednek, így esetünkben a törésmeneteli folyamatok vizsgálatára jól alkalmazhatók a lineárisan rugalmas törésmechanika feltételezései, valamint az azokból levezethető anyagjellemzők. Ezek a feszültségintenzitási tényező  $K$  ( $K_I$ ,  $K_{II}$ ,  $K_{III}$ ) és a fajlagos repedésterjedési energia, illetve fajlagos repedésterjesztő erő:  $G$  ( $G_I$ ,  $G_{II}$ ,  $G_{III}$ ). Ez utóbbi, mint ismeretes, a repedést tartalmazó rendszerben felhalmozott  $W$  alakváltozási energia változása a repedéshossz  $a$  függvényében:

$$G = \frac{dW}{da} \quad (1)$$

A kapcsolat a két jellemző között [1]:

$$G = \frac{K^2}{E} \quad (2)$$

| Próbatest - alak | Bemetszett próbatest                                                                                        | Hajlított próbatest                     | Nyíró próbatest             | Csavart cső                                                  |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                                                             |                                         |                             |                                                              |
| Értékelő képlet  | $\tau_{\#1} = \frac{F}{ab}$                                                                                 | $\tau_{\#2} = \frac{3}{4} \frac{F}{bd}$ | $\tau_{\#3} = \frac{F}{Dh}$ | $\tau_{\#4} = \frac{2M_t}{D^2 \pi V}$                        |
| Megjegyzés       | $\tau_{\#B1} \approx 0,45 \tau_{\#B3}$<br>A feszültségeloszlás a nyíró keresztmetszetben nagyon egyenlőtlen | $\tau_{\#B2} \approx 1,15 \tau_{\#B3}$  |                             | $\tau_{\#B4} \approx 1,3 \tau_{\#B3}$<br>Horpadásra hajlamos |

2. ábra. Próbatestek az interlamináris nyírószilárdság meghatározására

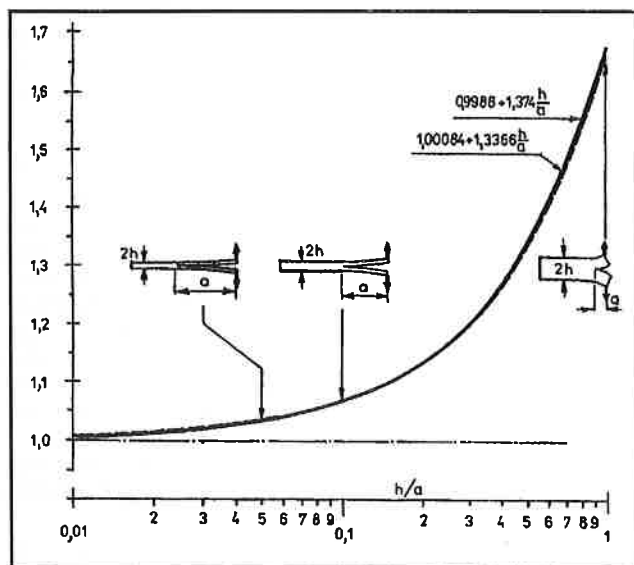
Ha a próbatest karcsú – rúdnak, illetve tartónak tekinthető –, és a repedés hossza, a  $W$  alakváltozási energia túlnyomó része a próbatestnek a repedéscsúcsból további részeiben halmozódik fel ott, ahol értéke kielégítő pontossággal az elemi szilárdságtan törvényszerűségei szerint számítható, a próbatest alakját általában hajlított tartókból összetéve. Ehhez képest a repedéscsúcs környékén ébredő járulékos energia elhanyagolható, mert a nagy feszültségértékek csak kis anyagterfogra korlátozódnak. Így az elemi úton számítható  $W$  energiából az (1) és (2) képletek segítségével jól használható zárt alakban felírható összefüggéseket nyerhetünk  $G$ -re és  $K$ -ra. Ezeket néhány gyakrabban használt próbatestalakra a 3. ábrában foglaltuk össze. Az ábrán látható próbatesteket gyakran használják laminátok rétegek közötti elválásának vizsgálatára is, amint

\* Budapesti Műszaki Egyetem

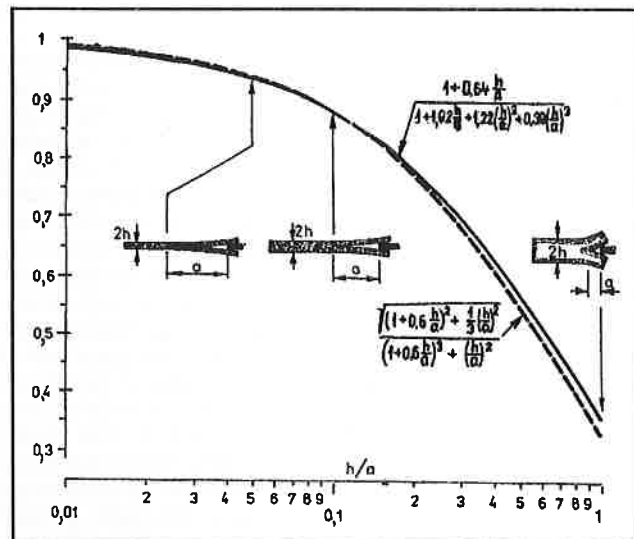
erről a szerzők egy nemrégiben megjelent dolgozatukban is beszámoltak [2].

| Törési mód | Próbatest alak | Szakázás (angol) megjelölés                  | Repedésterjedési energia<br>$G_I$ ill. $G_T$ [N/mm]                | Feszültségintenzitási tényező<br>$K_I$ ill. $K_{II}$ [N/mm <sup>3/2</sup> ]             |
|------------|----------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| I.         |                | DCB<br>„Double cantilever beam”              | $\frac{3 \cdot F \cdot f}{2 \cdot ab}$                             | $2\sqrt{3} \frac{F a}{b h^{3/2}}$                                                       |
|            |                | WLB<br>„Wedge loaded double cantilever beam” | $\frac{3 \cdot E \cdot h^3}{16 \cdot a^4}$                         | $\frac{\sqrt{3} \cdot E \cdot h^3}{4 \cdot a^2}$                                        |
|            |                | ASB<br>„Angle sample bending”                | $\frac{3 F f}{2 b R} \left( \frac{k^2}{R} + 2 \frac{k}{R} \right)$ | $\frac{3 \cdot F R}{2 \cdot b h^3} \sqrt{\left( \frac{k}{R} \right)^2 + 2 \frac{k}{R}}$ |
| II.        |                | ENF<br>„End notched flexure”                 | $\frac{9 F f a^2}{2 b [2 L^3 + 3 a^3]}$                            | $\frac{3 \cdot F a}{4 \cdot b h^{3/2}}$                                                 |
|            |                | ELS<br>„End loaded split”                    | $\frac{9 F f a^2}{2 b [L^3 + 3 a^3]}$                              | $\frac{3 \cdot F a}{2 \cdot b h^{3/2}}$                                                 |

**3. ábra** Az egyes próbatestalakokhoz tartozó feszültségintenzitási tényezők kiszámításának összefüggései



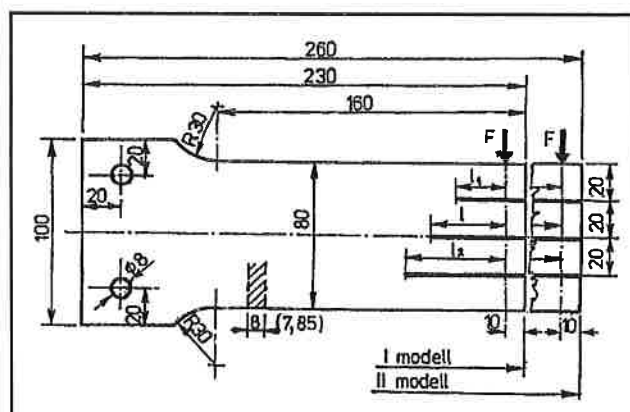
**4. ábra** Korrekciós összefüggés a vizsgálati eredmények felhasználására, a 3. ábra szerinti első próbatestalakra



**5. ábra** Korrekciós összefüggés a vizsgálati eredmények felhasználására, a 3. ábra szerinti második próbatestalakra

A 3. ábra összefüggései azonban egyre pontosabbak lesznek, minél zömökebb a vizsgálatkor alkalmazott próbatest, illetve minél rövidebb a repedés. A pontosság javítása hosszadalmas rugalmasságtani számítás vagy mérés alapján lehetséges, amelyik a repedéscsúcs környezetének tényleges feszültségeloszlását is figyelembe veszi. A vizsgálatok eredményeinek felhasználását korrekciós függvények bevezetésével egyezkednek elérni, amire két példát a 4. valamint 5. ábrán mutatunk be, a 3. ábra első és második sorában lévő próbatestak számára [3].

A mért, valamint a numerikusan számítható eloszlásból interpolált összefüggések azonban, éppen az interpoláció jellegéből adódóan, némi bizonytalanságot rejtjenek magukban, amit az is mutat, hogy mind a 4. mind az 5. ábrában ugyanannak a korrekciós tényezőnek két különböző görbéje szerepel.



**6. ábra** Sík optikai feszültségvizsgálat modelljeinek méretvázlata az alkalmazott repedéshosszak jelöléseivel

**1. táblázat.** A vizsgált repedéshossz eloszlások a 6. ábra jelöléseivel

| Kísérlet száma | Terhelő erő [N] | Repedéshosszak [mm] |          |          |                    |          |          | Repedések száma                    |
|----------------|-----------------|---------------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|------------------------------------|
|                |                 | a modellen          |          |          | a kívülre számítva |          |          |                                    |
|                |                 | $l_m$               | $l_{1m}$ | $l_{2m}$ | $l_k$              | $l_{1k}$ | $l_{2k}$ |                                    |
| 1              | 369,1           | 20                  |          |          | 1                  |          |          | 1                                  |
| 2              | 401,2           | 30                  |          |          | 1,5                |          |          |                                    |
| 3              | 401,2           | 40                  |          |          | 2                  |          |          |                                    |
| 4              | 415,9           | 50                  |          |          | 2,5                |          |          |                                    |
| 5              | 415,9           | 60                  |          |          | 3                  |          |          |                                    |
| 6              | 223,5           | 70                  |          |          | 3,5                |          |          |                                    |
| 7              | 223,5           | 80                  |          |          | 4                  |          |          |                                    |
| 8              | 205,2           | 90                  |          |          | 4,5                |          |          |                                    |
| 9              | 2205            | 100                 |          |          | 5                  |          |          |                                    |
| 10             |                 |                     | 20       |          |                    | 1        |          | 2                                  |
| 11             |                 |                     | 30       |          |                    | 1,5      |          |                                    |
| 12             |                 |                     | 40       |          |                    | 2        |          |                                    |
| 13             | 415,9           | 60                  |          | 20       | 3                  |          | 1        |                                    |
| 14             |                 |                     |          | 30       |                    |          | 1,5      |                                    |
| 15             |                 |                     |          | 40       |                    |          | 2        |                                    |
| 16             | 200,5           |                     | 0        | 0        |                    |          |          | 3<br>(elrendezés:<br>szimmetrikus) |
| 17             |                 |                     | 30       | 30       |                    | 1,5      | 1,5      |                                    |
| 18             |                 |                     | 50       | 50       |                    | 2,5      | 2,5      |                                    |
| 19             | 190             |                     | 70       | 70       |                    | 3,5      | 3,5      |                                    |
| 20             |                 | 100                 | 90       | 90       | 5                  | 4,5      | 4,5      |                                    |
| 21             | 220,5           |                     | 110      | 90       |                    | 5,5      | 4,5      | 3<br>(lépcsős)                     |
| 22             |                 |                     | 90       | 110      |                    | 4,5      | 5,5      |                                    |

Mint ahogy nem található korrekciós tényező a laminátok peremén előforduló repedéscsúcsok számára, a szükséges kapcsolatot az igénybevétel és a feszültségintenzitási tényező között feszültségoptikai modellkísérlettel igyekeztünk meghatározni. A kiértékeléshez alkalmazott modell alakját a 6. ábra mutatja. Mindkét modellen különböző hosszúságú és eloszlású repedéseket valósítottunk meg befűrészelés útján úgy, hogy végül 22 féle különböző repedéshossz- és eloszlásvariációt sikerült megvalósítani. A megvalósított repedéshosszak és eloszlásukat az I. táblázatban foglaltuk össze. Két példát a kiértékelések alapjául szolgáló színsáveloszlásokra a 7. ábrán mutatunk be.

Mindegyik kísérlet során felvettünk egy-egy színsáveloszlást keresztetett és párhuzamos polarizátor állásban, és egy-egy színsávbrát a repedéscsúcs környezetéről  $+45^\circ$ -os, párhuzamos, valamint  $-45^\circ$ -os polarizátor állásban. Így az utóbbi esetben megkaptuk a színsávok negyed rendszámeloszlását.

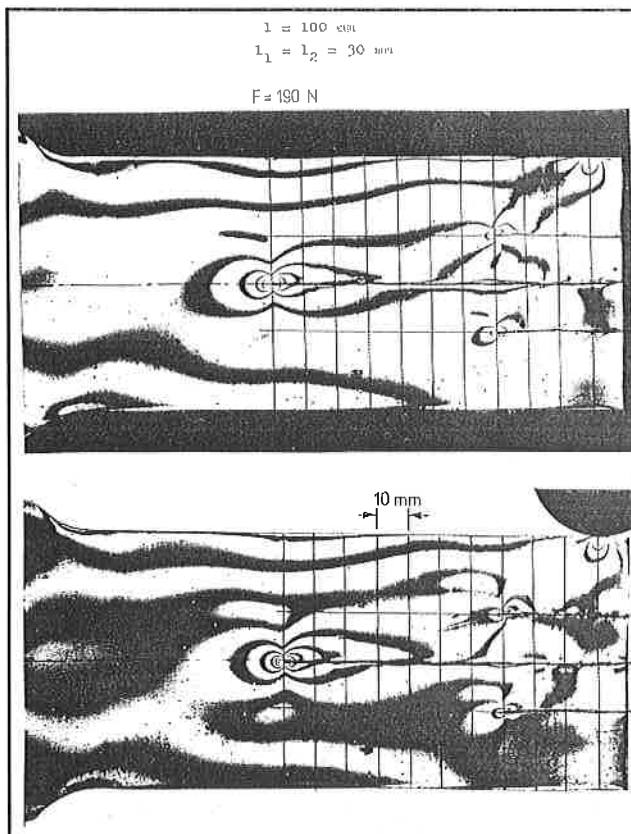
A két alkalmazott modell anyagát hajlító próbatest segítségével hitelesítettük: meghatároztuk az  $S$  feszültségpolitikai állandót, és a  $\Phi = S/d$  feszültségtényezőt. Ezek értékeit a II. táblázatban foglaltuk össze.

II. táblázat A modellanyag hitelesítésének eredményei

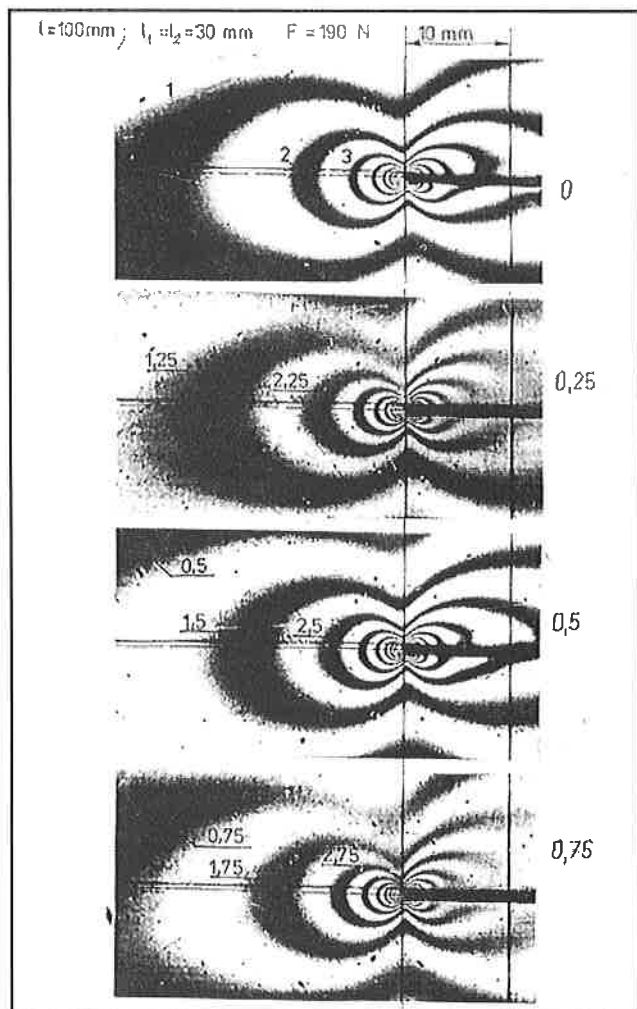
| A modell jele | Modellanyag | Feszültségpolitikai állandó $S$ [Nmm <sup>-1</sup> ] | Feszültségtényező $\Phi$ [MPa] |
|---------------|-------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|
| I             | Araldite D  | 20,45                                                | 2,605                          |
| II            | Araldite B  | 13,43                                                | 1,70                           |

Egy repedéscsúcs színsávértékeit a 8. ábrán mutatjuk be. A bemutatott négy képből az összerajzolt színsáveloszlást a 9. ábra szemlélteti.

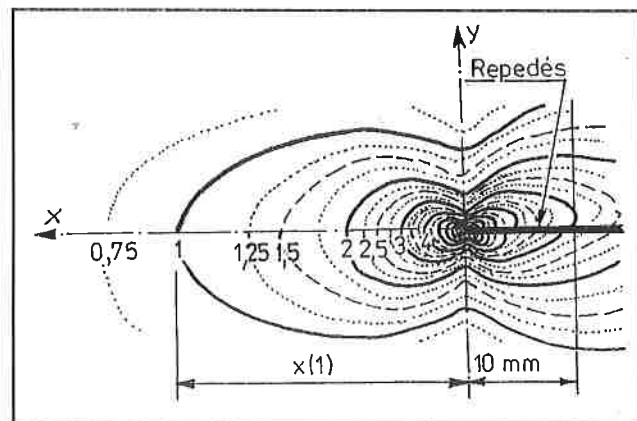
A színsávok kiértékelése az összerajzolt (9. ábra) színsávbrák repedés irányát meghosszabbító  $x$ -tengellyel való metszéspontja, illetőleg a metszéspont és a repedéscsúcs közötti  $x(m)$  távolság ( $m$ : a színsáv rendszáma) felhasználásával történt.



7. ábra. Vizsgálataink 17. számú kísérleténél felvett színsávbrák, a teljes modell bemutatásával. Felső kép keresztetett, míg az alsó párhuzamos polarizátor állásban készült.



8. ábra. A 17. számmal jelzett kísérlet során felvett színsáveloszlások négy különböző polarizátor állásban, (néhány rendszám feltüntetéseivel). Az ábrák felülről lefelé haladva: keresztetett,  $+45^\circ$ -os, párhuzamos,  $-45^\circ$ -os polarizátor állásban készültek. Az egyes színsávokhoz tartozó rendszámértékek tört részét az ábrák mellé jobb oldalon felírt számok adják meg. A repedéscsúcs közelében lévő színsávértékek lehetőség szerinti pontos leolvasására kicsinyített (0,44 szeres) mm beosztású skálát alkalmaztunk. A további magyarázat a 9., valamint a 10. ábrákon található.



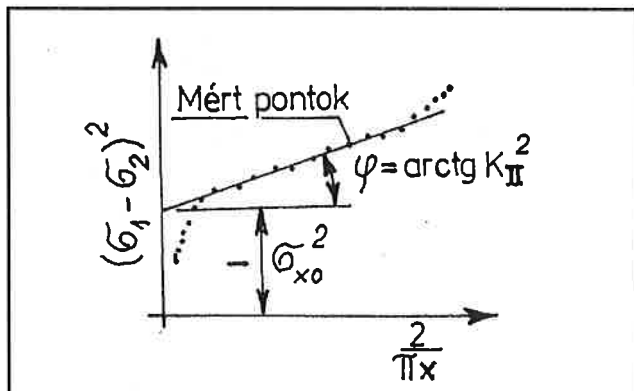
9. ábra. Összerajzolt színsávbrák a repedéscsúcs környezetében, a 8. ábrán bemutatott négy kép felhasználásával.

A lineáris rugalmas törésmechanika értelmében ugyanis a mért főfeszültség-különbség  $x$  tengely mentén mért négyzetét,  $2/\pi x$  függvényében ábrázolva lineáris összefüggést ad, melynek iránytangense

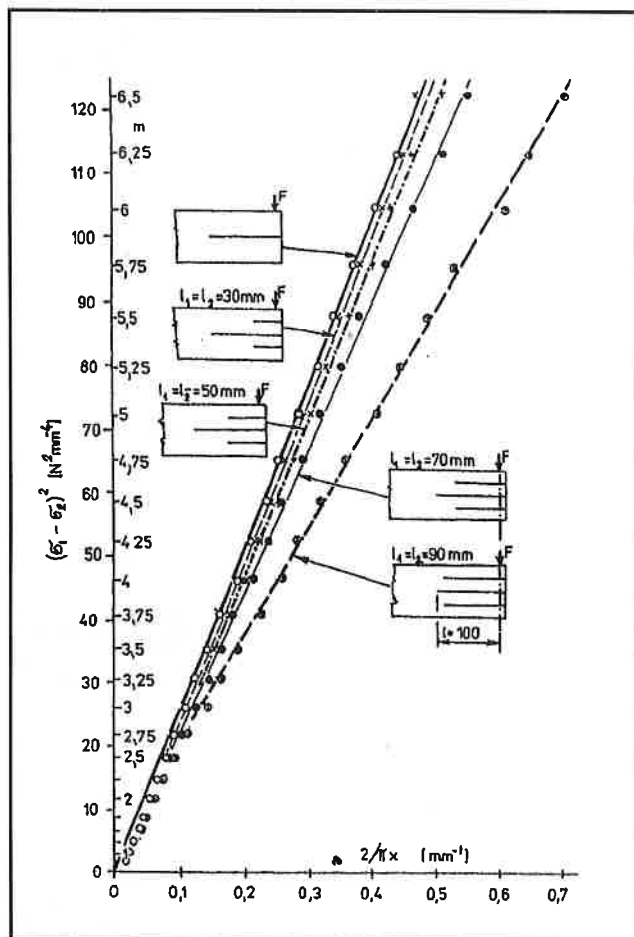
# VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

kiadja a  $K_{II}$  feszültségintenzitási tényező négyzetét, a mért pontokra felvett egyenesnek az ordinátával való metszéspontja pedig a repedéssel párhuzamos  $\sigma_{x0}$  feszültségösszetevő négyzetét, amint azt a 10. ábrán bemutatjuk.

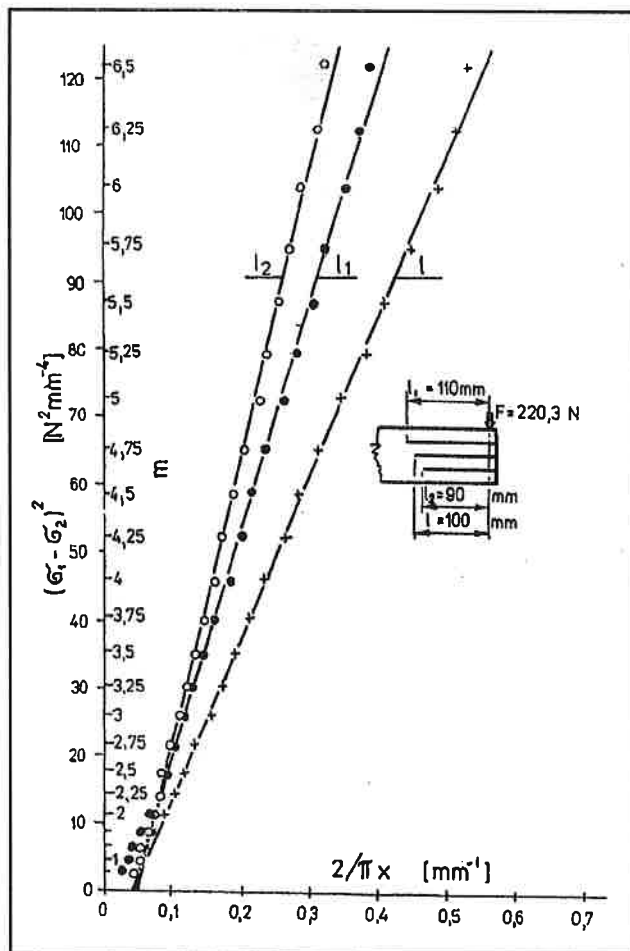
Néhány, a vizsgálataink során (OTKA 2996 / 5- 415 BME számon jegyzett támogatás) felvett pontsora a 11., valamint 12. ábrákon adunk közre. Amint a citált ábrák mutatják, a mért pontok valóban igen jól az elmélet által megkívánt egyenesen fekszenek.



10. ábra. A  $K_{II}$  feszültségintenzitási tényező meghatározásának menete az  $x$  tengely mentén mért színsávértékek eloszlása alapján. A repedés-csúcs közvetlen közelében, és a tőle nagy távolságra levő pontok eltérnek az elmélet alapján megkívánt egyenestől. Az előbbieket azért, mert a befűrésztelt repedés szélessége véges, (azaz nincs tökéletes repedés-csúcs), az utóbbiak azért, mert a véges modell eltér az elméletben feltételezett végtelen síktól.



11. ábra. A laminát középsíkja szimmetrikus repedéseloszlás, ahol is az egyenesek jó közelítéssel befutnak az origóba.  $\sigma_{x0} = 0$ .



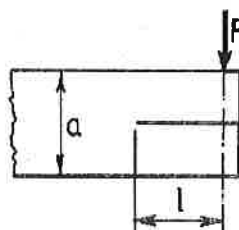
12. ábra. A 21. jelzésű repedéseloszlást modellező kísérlet kiértékelő egyenesei mindhárom repedés-csúcs számára. A kiértékelő egyeneseknek az ordinátával való metszéspontja kiadja a  $\sigma_{x0}$  értékét, mely adatokat a III. táblázatban foglaltuk össze.

Amint azt a III. táblázat adatai mutatják,  $\sigma_{x0}$  értéke kicsiny, így a következőkben hatásának vizsgálatától eltekintünk.

III. táblázat A 21. jelzésű kísérlet 12. ábrán bemutatott kiértékelő egyenesének az ordinátával való metszéspontja alapján meghatározott  $\sigma_{x0}$  feszültség-összetevők.

|                               | A vizsgált repedés hossza [mm] |             |            |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|------------|
|                               | $l = 100$                      | $l_1 = 110$ | $l_2 = 90$ |
| $\sigma_{x0}^2 [N^2 mm^{-4}]$ | 11                             | 14          | 17         |
| $\sigma_{x0} [MPa]$           | 3,317                          | 3,742       | 4,123      |
| $\sigma_{x0} / F [mm^2]$      | 0,015                          | 0,017       | 0,0197     |

A feszültségintenzitási tényezőt a modelltől a kivételre, a 13. ábra jelöléseit alkalmazva, az alábbi megfontolások alapján számítottuk át:



13. ábra. A modelltörvény levezetésekor felhasznált geometriai adatok

A kapcsolat a  $K_{II}$  feszültségintenzitási tényező, az  $F$  terhelő erő, valamint a geometriai jellemző  $a$  magasság között (a 13. ábra jelöléseinek alkalmazásával) a (3) egyenlet szerint:

$$K_{II} = C \frac{F}{a^{3/2}} \quad (3)$$

ahol  $C$  egy, a méretviszonyoktól függő, dimenzió nélküli állandó. Dimenzió-analízis alapján a  $(K_{II} a^{3/2})/F$  szorzat képezhető (az összes geometriai méret hasonlóságának feltételezése esetén), melyet a modellre ( $m$  index), és a kivitelre ( $k$  index) felírva, egyenlővé téve és rendezve a következő összefüggést kapjuk:

$$K_{IIk} = K_{IIm} \frac{a_m^{3/2} F_k}{F_m a_k^{3/2}} \quad (4)$$

illetőleg, bevezetve a  $\kappa = K_{II}/F$  normalizált feszültségintenzitási tényezőt kapjuk:

$$\kappa_{IIk} = \kappa_{IIm} \left( \frac{a_m}{a_k} \right)^{3/2} \quad (5)$$

esetünkben  $a_m = 80$  mm, míg  $a_k = 4$  mm, ezek behelyettesítésével:

$$\kappa_{IIk} = 89,44 \kappa_{IIm}$$

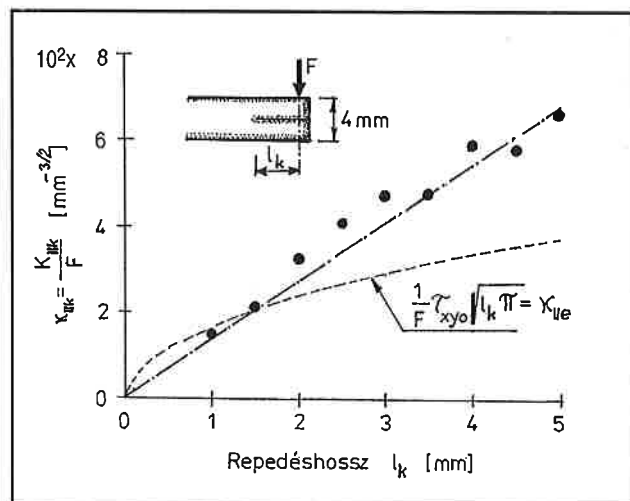
A  $\kappa_{II}$  normalizált feszültségintenzitási tényező értékeit mindegyik vizsgált esetre meghatároztuk, az eredményeket a IV. táblázatban foglaltuk össze.

IV. táblázat. A modellen mért és 4 mm laminát vastagságra átszámított normalizált feszültségintenzitási tényező értékei

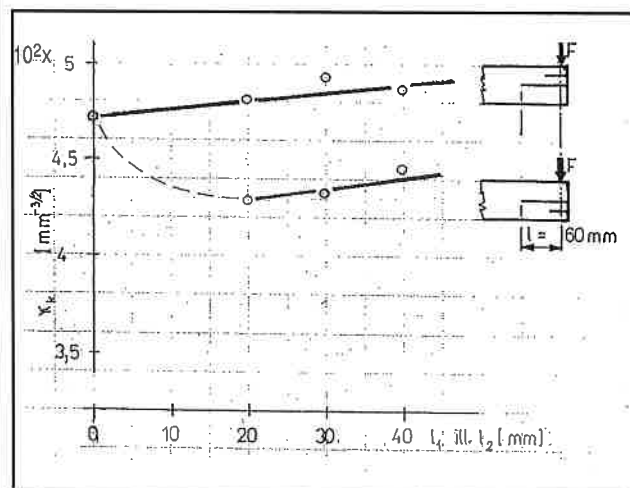
| A kísérlet jele | Repedés-hosszak [mm] |     |       | Normalizált feszültség-intenzitási tényező értékei [mm <sup>-3/2</sup> ] |                     | Repedéskép |
|-----------------|----------------------|-----|-------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|
|                 | $l_1$                | $l$ | $l_2$ | $\kappa_{IIm}$                                                           | $10^2 \kappa_{IIk}$ |            |
| 1               |                      | 0,5 |       | 1,595                                                                    | 1,426               |            |
| 2               |                      | 1   |       | 2,350                                                                    | 2,102               |            |
| 3               |                      | 1,5 |       | 3,623                                                                    | 3,242               |            |
| 4               |                      | 2   |       | 4,553                                                                    | 4,072               |            |
| 5               |                      | 2,5 |       | 5,261                                                                    | 4,706               |            |
| 6               |                      | 3   |       | 5,310                                                                    | 4,749               |            |
| 7               |                      | 3,5 |       | 6,670                                                                    | 5,966               |            |
| 8               |                      | 4   |       | 6,45                                                                     | 5,76                |            |
| 9               |                      | 4,5 |       | 7,35                                                                     | 6,58                |            |
| 10              | 1                    | 3   |       | 5,37                                                                     | 4,81                |            |
| 11              | 1,5                  | 3   |       | 5,51                                                                     | 4,93                |            |
| 12              | 2                    | 3   |       | 5,44                                                                     | 4,86                |            |
| 13              |                      | 3   | 1     | 4,81                                                                     | 4,30                |            |
| 14              |                      | 3   | 1,5   | 4,84                                                                     | 4,33                |            |
| 15              |                      | 3   | 2     | 4,97                                                                     | 4,45                |            |
| 16              |                      | 5   |       | 7,26                                                                     | 6,495               |            |
| 17              | 1,5                  | 5   | 1,5   | 8,33                                                                     | 7,449               |            |
| 18              | 2,5                  | 5   | 2,5   | 8,18                                                                     | 7,313               |            |
| 19              | 3,5                  | 5   | 3,5   | 7,90                                                                     | 7,062               |            |
| 20              | 4,5                  | 5   | 4,5   | 6,83                                                                     | 6,107               |            |
| 21              | 5,5                  | 5   |       | 8,386                                                                    | 7,500               |            |
|                 |                      |     |       | 7,038                                                                    | 6,295               |            |
|                 |                      |     | 4,5   | 9,26                                                                     | 8,287               |            |
| 22              | 4,5                  | 5   |       | 10,46                                                                    | 9,355               |            |
|                 |                      |     |       | 6,96                                                                     | 6,222               |            |
|                 |                      |     | 5,5   | 7,46                                                                     | 6,668               |            |

Megjegyzés: A 21., valamint 22. jelzésű kísérletekben meghatároztuk a normalizált feszültségintenzitási tényezőt mindhárom repedéscsúcs számára. A kiadott értékeket a repedéshosszúsággal egy sorban tüntettük fel.

Az 1...9 jelzésű kísérletek eredményeképpen kiadódott normalizált feszültségintenzitási tényezőket a 14. ábrán, míg a 10...15 jelzésűek eredményeit a 15. ábrán rajzoltuk diagramba, a kivételre átszámított repedéshosszúság függvényében.



14. ábra. Az 1...9 jelzésű kísérletek alapján kiadódott  $\kappa_{IIk}$  értékei az  $l_k$  repedéshossz függvényében.



15. ábra. A 10...15 jelzésű kísérletek alapján kiadódott  $\kappa_{IIk}$  értékei az  $l_1$ , illetőleg  $l_2$  repedéshossz függvényében.

Az eredményeket összehasonlítottuk az elemi úton, az alábbiakban bemutatott összefüggésekkel számított feszültségintenzitási tényezőkkel:

$$K_{IIe} \tau_{xy0} \sqrt{l_k \pi}, \quad \text{illetőleg} \quad \kappa_{IIe} = \frac{\tau_{xy0}}{F} \sqrt{l_k \pi}$$

ahol  $\tau_{xy0} = 3/2 (F/hv)$ , amelyben  $h$  a tartó magassága,  $v$  a tartó szélessége.

A kísérletileg meghatározott  $K_{IIk}$  és a számított  $K_{IIe}$  viszonyszáma a törésmechanikában használatos dimenzió nélküli  $\kappa_{II}$  tényező. Ennek értékeit az V. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatot kiterjesztettük a 10...20 kísérletek eseteire is. A 21, valamint 22 jelzésű kísérletek

repedéeloszlása az ilyen összehasonlítást nem tette lehetővé. Az V. táblázatban az elemi úton számított normalizált feszültségintenzitási tényező értékeit is közreadjuk.

A kiadódott  $k_{II}$  értékek segítségével a feszültségintenzitási tényezőket a gyakorlat számára kielégítő pontossággal gyorsan számíthatók. Tervezzük vizsgálatainkat a nagyobb repedéshossz tartományokra kiterjeszteni.

## Irodalom

- [1] J. G. Williams: Stress analysis of polymers. J. Wiley & Sons, 1980.
- [2] Thamm, F., Borbás, L., Gáli, R., Gaál, J.: Hazai laminátok szilárdságának vizsgálata. Műanyag és Gumi 33/1996. 9, 11, 12. számok
- [3] Blumenauer, – Pusch: Technische Bruchmechanik. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1981.
- [4] Dally, J. W., Sanford, R. J.: Classification of Stress Intensity Factors from Isochromatic-fringe Patterns. Experimental Mechanics. 1978. p.: 441...448.
- [5] Schroedl, M. A., Smith, C. W.: Local Stress Near Deep Surface Flaws Under Cylindrical Bounding Fields. ASTM STP 536. ASTM (1973) p: 45...63.
- [6] Thamm, F.: Erreichbare Messgenauigkeit Photographierter Isochromatenbilder. Periodica Polytechnica. (1973)/17. p.: 73...90.

V. táblázat. A törésmechanikában szokásos módon  $K_{II} = k_{II} \tau_{xy0} \sqrt{l_k \pi}$  képlettel számított feszültségintenzitási tényezőben szereplő  $k_{II}$  értékei a kísérlet során kiadódott, és az elemi úton számított feszültségintenzitási tényezők összehasonlítása alapján.

| A kísérlet jele | Mértékadó repedéshossz $l_k$ [mm] | $k_{II} \cdot 10^2$ [mm <sup>-3/2</sup> ] | $k_{II} = K_{IIk} / K_{IIe}$ | Repedéskép |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|------------|
| 1               | 0,5                               | 1,175                                     | 1,214                        |            |
| 2               | 1                                 | 1,662                                     | 1,265                        |            |
| 3               | 1,5                               | 2,035                                     | 1,593                        |            |
| 4               | 2                                 | 2,345                                     | 1,733                        |            |
| 5               | 2,5                               | 2,667                                     | 1,791                        |            |
| 6               | 3                                 | 2,878                                     | 1,650                        |            |
| 7               | 3,5                               | 3,109                                     | 1,919                        |            |
| 8               | 4                                 | 3,323                                     | 1,733                        |            |
| 9               | 4,5                               | 3,525                                     | 1,867                        |            |
| 10              | 3                                 | 2,878                                     | 1,671                        |            |
| 11              |                                   |                                           | 1,713                        |            |
| 12              |                                   |                                           | 1,689                        |            |
| 13              |                                   |                                           | 1,494                        |            |
| 14              |                                   |                                           | 1,505                        |            |
| 15              |                                   |                                           | 1,546                        |            |
| 16              | 5                                 | 3,716                                     | 1,748                        |            |
| 17              |                                   |                                           | 2,004                        |            |
| 18              |                                   |                                           | 1,968                        |            |
| 19              |                                   |                                           | 1,900                        |            |
| 20              |                                   |                                           | 1,543                        |            |

## Műanyagok mechanikai vizsgálata korszerű eszközökkel

Major Zoltán

### Helyzetkép

Ha meghalljuk a műanyag kifejezést, akkor szemünk előtt általában a műanyagból készült csomagolótermékek számtalan fajtája, majd pedig az ebből keletkező iszonyatos mennyiségű szemét jelenik meg. A műszaki gyakorlatban a műanyagok tulajdonságairól még nem alakult ki igazán kedvező kép. Ha egy alkatrész tervezésénél választani lehet, akkor sokan gondolkodás nélkül elvetik a műanyag alkalmazását, és fémes anyagok mellett döntenek. Viszont sok olyan példával találkozunk, amikor műanyagot alkalmaznak ott, ahol ez nem igazán szerencsés, vagy pedig az adott alkatrész tervezésénél nem vették figyelembe az anyag sajátosságait, és egy korábban fémből készült terméket egyszerűen "műanyagosítottak". Ez általában nem sikeres, és mind a háztartási cikket vásárló, mind pedig az ipari felhasználó számára sok bosszúságot jelent.

Ugyanakkor az iparilag fejlettebb országokban a műanyagokat mind gyakrabban használják a szokásos alkalmazások mellett teherviselő szerkezetek, alkatrészek anyagaként is. A különböző módosítási lehetőségek biztosítják, hogy az előnyös tulajdonságokat olyan területeken is kiaknázhassuk, ahol erre korábban nem volt lehetőség. Az elmúlt évtizedben különösen robbanásszerű fejlődés volt megfigyelhető a járműiparban, az orvostechikail alkalmazásokban, a csővezetékgyártásban és felhasználásban, és természetesen az elektronika, az információtechnika területén.

A korábbi előjelzések a különleges és technikai műanyagok (pl. PEEK, PEI, PES, POM, PC stb.) jelentős előretörését prognosztizálták az évezred végéig. Ez azonban nem igazolódt be. A műanyagok világszerte egyre növekvő felhasználásán belül az ún. tömegmű-

anyagok (PE, PP, PVC) megtartották, sőt még egyes esetekben növelték is részarányukat [1]. Különösen igaz ez a polipropilénre (PP), ami egyértelműen a jelen és a közeljövő egyik legfontosabb és legnagyobb lehetőségeket magában hordozó anyaga. A nagy műanyagkonszernnek boszorkánkonyhái egymás után dobják a piacra az újabb és újabb módosításokat. A különböző alapanyagok mind az alkalmazások, mind a gyártástechnológia, mind pedig az esetleges erősítés szempontjából optimalizáltak; a felhasználóknak csupán dönteni kell a különböző alapanyaggyártó cégek termékei között, vagy pedig egy adott cég változatos termékpalettáján belül.

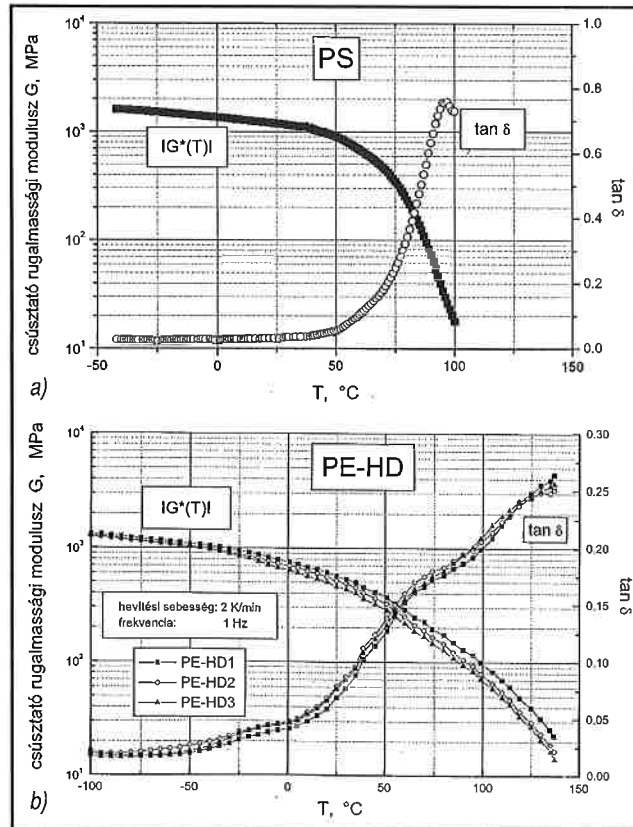
Ez a robbanásszerű fejlődés nagy kihívás a műanyagok vizsgálatával foglalkozó anyagvizsgálók számára is. Mind a gyártó, mind pedig a felhasználó oldaláról megjelent az igény a korábbiaknál finomabb, kisebb különbségeket is kimutató vizsgálattechnikák, mérőszámok kifejlesztésére, alkalmazására. A gyártók a további fejlesztésekhez keresnek kiinduló adatokat; mikor, melyik típusú módosítás vezet a legkedvezőbb eredményre. A vevőszolgálati munkában pontosan meg kell tudni mondani, hogy az adott anyagot milyen alkalmazásokhoz, milyen technológiával és milyen várható élettartammal lehet felhasználni. Ez utóbbi egy új szempont ezen a területen, hiszen itt nem a "megveszem, kibontom, eldobom" sorrend érvényes, hanem pl. egy víz- vagy gázcső-rendszer esetében fontos gazdasági és majdhogynem életbevágó döntés az élettartam lehető legpontosabb megbecslése. A vevők pedig szeretnék tudni, hogy a nagy kínálat azonos ár/teljesítmény adatokat is jelent-e, van-e lényeges különbség a különböző cégek hasonló termékei között, valamint a kiválasztott anyag az adott üzemi körülmények mellett valóban hozza-e a várt eredményeket.

A cikkben néhány példán keresztül, a teljesség igénye nélkül szeretném bemutatni, hogy a műanyagok mechanikai tulajdonságainak meghatározása területén milyen új, korszerű vizsgálati technikák, berendezések állnak ma rendelkezésre. A bemutatott példák saját, vagy kollégáim méréseinek az eredményei. Ezeket a vizsgálatokat különböző ipari projektekhez Ausztriában a Leobeni Egyetem Műanyagvizsgálati Tanszékén, illetve a Joanneum Research Kutatóintézet Műanyagtechnológiai Intézete keretében az elmúlt évben végeztük el. Tekintettel a megbízók érdekeire, csak az anyagtípusokat és nem a pontos anyagjelöléseket adom meg.

## Vizsgálati technika – Állapotfázisok

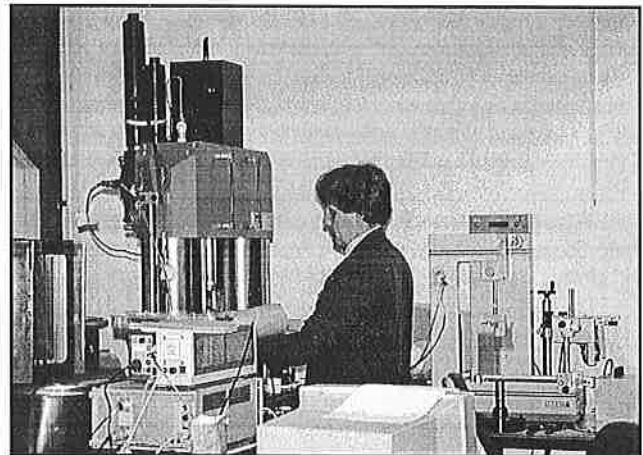
### Rugalmas anyagjellemzők vizsgálata

A műanyagok egyik fontos tulajdonsága, hogy mechanikai tulajdonságai idő- és hőmérsékletfüggőek. Az alakváltozás során először lineáris majd nemlineáris viszkoeelasztikus viselkedést mutatnak. Különböző alkalmazási hőmérsékleten merevségük (rugalmas jellemzők, mint pl. rugalmassági ( $E$ ), vagy csúsztató rugalmassági modulusz ( $G$ )) széles tartományban változnak. Ennek vizsgálatára többféle lehetőség is van. A gyakorlatban széles körben elterjedtek, azok a berendezések, amelyek a befogott próbatestet állandó amplitúdójú, szinuszosan változó csavaró igénybevétellel terhelik és ezalatt a vizsgálati hőmérsékletet ( $T$ ) -120 és +200 (300) °C között változtatják. Az ily módon elvégzett dinamikus-mechanikus-termikus analízis (DMTA) hasznos információt szolgáltat a csúsztató rugalmassági modulusz ( $G$ ) hőmérsékletfüggéséről, valamint meghatározhatók a jellegzetes átalakulási hőmérsékletek is ( $T_g$ ,  $T_{olv}$ ). Az 1a. ábra egy amorf (polisztirol (PS)), az 1b. ábra egy részben kristályos műanyag (polietilén (PE-HD)) G-T diagramját mutatja be. A mai korszerű berendezések rendelkeznek számítógépes adatgyűjtő és kiértékelő egységgel, így a vizsgálatok elvégzésének az időszükséglete jelentősen lecsökkent.

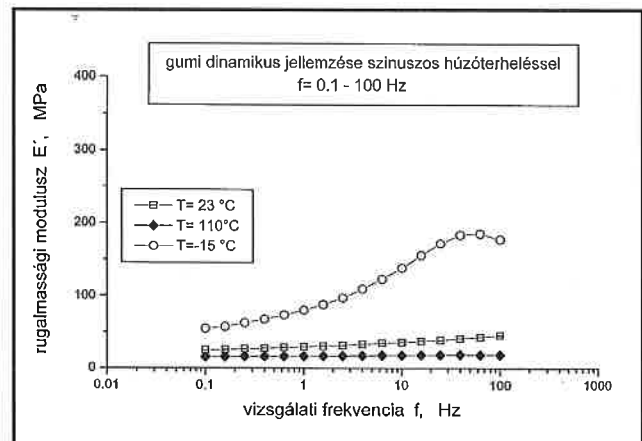


1. ábra. A csúsztató rugalmassági modulusz ( $G$ ) és a veszteségtényező ( $\tan \delta$ ) hőmérsékletfüggése az amorf (PS) (a) és a részben kristályos PE-HD (gázcső) (b) anyagok esetén

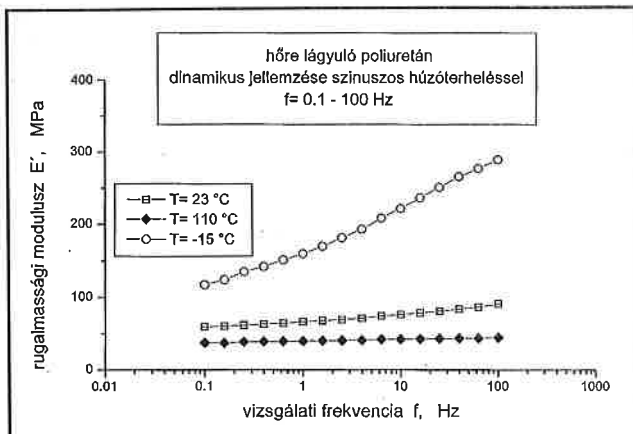
Természetesen nemcsak csavaró, hanem hajlító, vagy húzó-nyomó terhelés is megvalósítható. A korszerű szervohidraulikus anyagvizsgáló berendezések vizsgálati frekvenciájának felső határa ma kb. 1000 Hz. Ahhoz, hogy ebben a magas frekvenciatartományban is megbízhatóan mérhessünk, a szokásostól kicsit eltérő szerkezeti kialakításra (nagyobb merevség, kisebb súlyú dugattyú és keresztfej stb.) más jeladók (nyúlás-mérőbélyeges erőmérőcella helyett piezo erő- és gyorsulásmérő, gyorsabb induktív jeladó) alkalmazására van szükség. Intézetünkben egy olyan berendezés üzemel, ami 0.001 és 500 Hz közötti frekvenciatartományban, -120 és +315 °C közötti hőmérsékleteken képes különböző vizsgálatok elvégzésére. Nagy előnye, hogy nemcsak próbatestek, hanem viszonylag nagy méretű alkatrészek is vizsgálhatók a segítségével. A vizsgálatok gyors, pontos elvégzését egy Windows NT operációs rendszerre épülő programcsomag támogatja (TestStar, TestWare SX) [2]. A programcsomag tartalmaz elasztomerek statikus vizsgálatához, a dinamikus mechanikai jellemzők, a sajátfrekvencia meghatározásához, a rezonancia fázisválaszhoz, valamint a szakadási energia meghatározásához programokat. A dinamikus vizsgálatokhoz használt berendezések (a nagysebességű szervohidraulikus vizsgálógép és a műszerezett ingás ütőmű), a 2. ábrán láthatók. A 3. ábrán egy gumi (a.) és egy hőre lágyuló poliuretán (TPU) anyag (b.) rugalmassági moduluszáinak frekvencia- és hőmérsékletfüggését láthatjuk. A TPU-t leggyakrabban a tömítéstechnikában alkalmazzák. A különböző kenőanyagokhoz, hőmérséklethez, terhelési viszonyokhoz különböző receptúrájú anyagokat használnak fel. A megfelelő anyag kiválasztását könnyíti meg az itt bemutatott vizsgálat. Ezek a módszerek azonban nemcsak elasztomerek, hanem pl. hőre lágyuló műanyagok vizsgálatára is felhasználhatók.



2. ábra. A cikkben bemutatott berendezések: balra az MTS 831.59 Polymer Test System nagysebességű szervohidraulikus anyagvizsgálógép, jobbra a Ceast Resil 25 műszerezett ingás ütőmű termosztáttal.

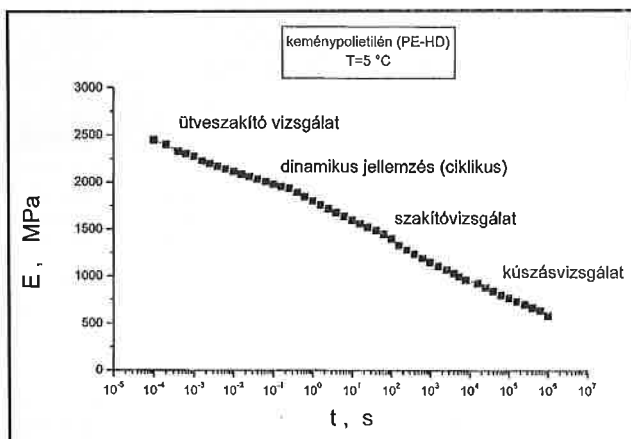


3. a. ábra. A gumi rugalmassági moduluszáinak ( $E'$ ) frekvencia- és hőmérsékletfüggése.



3. b. ábra. Hőre lágyuló poliuretán rugalmassági modulusának ( $E'$ ) frekvencia- és hőmérsékletfüggése.

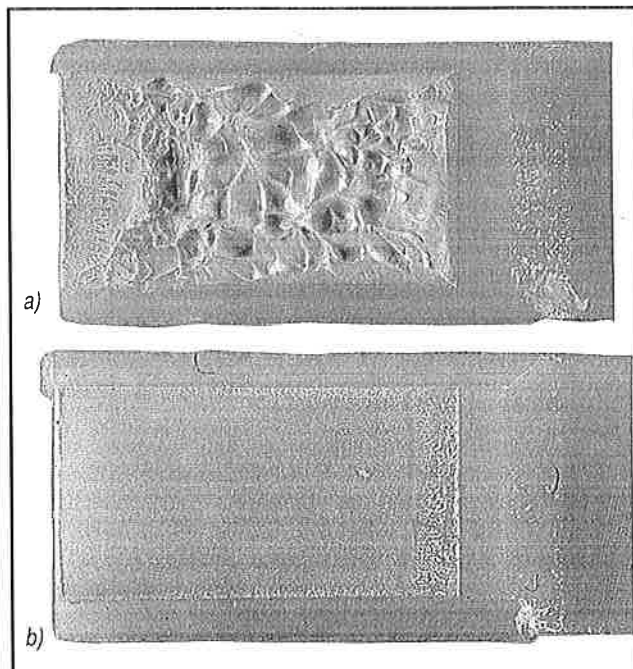
Egyre több műanyag csövet gyártanak és egyre több csővezeték készítenek műanyagból. A kemény polietilénből (PE-HD) készült gázcsövek várható élettartama kb. 50 év. Biztos számot ma senki sem tud mondani. Az azonban feltételezhető, hogy az évek során a lefektetett, mechanikai és környezeti hatásoknak kitett csövek tulajdonságai változnak. Egy, az anyag valódi tulajdonságait figyelembevevő károsodás-elemzéshez, a várható élettartam becsléséhez alapvető kiindulási adat a viskoelasztikus anyagjellemzők ( $E$  modul, Poisson szám), illetve ezek változásának ismerete. Az elmúlt évben az osztrák gázipar megbízásából több projekt keretében különböző anyagokon végeztünk méréseket. A 4. ábra ennek összefoglalásaként egy adott PE-HD anyag esetében a rugalmassági modulus időbeni változását mutatja be  $+5^\circ\text{C}$  vizsgálati hőmérsékleten, ami a tipikus üzemi hőmérséklet alsó határának tekinthető. A vizsgálatokat a kúszás sebességtartományától a statikus szakítás és a dinamikus jellemzés (ciklikus) sebességtartományán át az ütősszerű terhelés sebességtartományáig végeztük el. A teljes görbe segítségével jó közelítéssel meg lehet mondani, hogy 10-20 év múlva milyen mechanikai tulajdonságokkal célszerű számolni egy esetleges ellenőrzés során. A fémes szerkezeti anyagok területén egyre nagyobb teret nyerő fogalom és megközelítés a szerkezetintegritás talán itt alkalmazható először műanyagból készült szerkezetek esetében is.



4. ábra. Keménypolietilén (PE-HD) gázcsőanyag rugalmassági modulusának függése a vizsgálati időtől és módszertől.

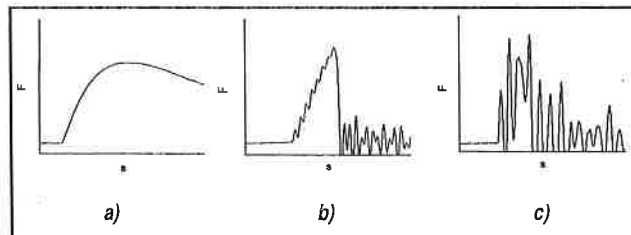
## Törésmechanikai jellemzők vizsgálata

Nemcsak a rugalmas jellemzők, hanem a törési tulajdonságok, a szívósság is változik a hőmérséklettel és az idővel. A klasszikus tétel, csökkenő hőmérséklet növekvő terhelési sebesség ridegíti az anyagokat, még fokozottabban igaz a műanyagok esetében. A két állapottevéző változásával a különböző károsodási típusok, törési módok legkülönbözőbb fajtáit lehet megfigyelni. Az 5.a. ábrán egy

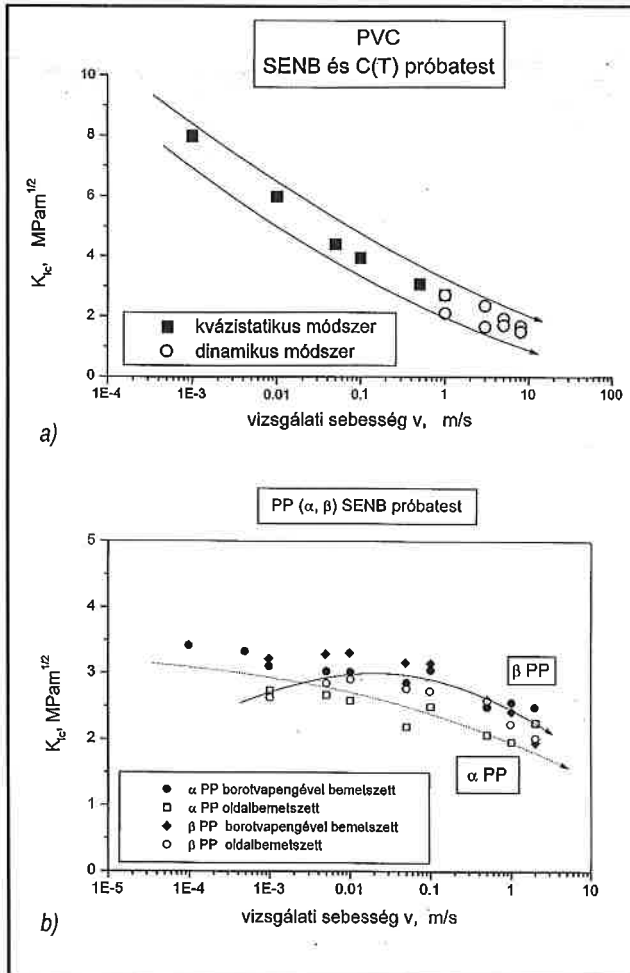


5. ábra. Keménypolietilén (PE-HD) gázcsőanyagból készített oldalbemetszett törésmechanikai (SENT) próbatétel töretfelülete 0.001 m/s (a) és 1 m/s (b) terhelési sebesség esetén.

kvázistatikus sebességgel (0.001 m/s) terhelt, az 5.b. ábrán ütősszerű terheléssel (1 m/s) vizsgált, oldalbemetszett törésmechanikai próbatétel töretfelülete látható. Az első esetben a repedés szívszerű (stabilan), míg a második esetben egy keskeny képlékeny zóna (craze zone) után ridegen (instabilan) terjed. A szívósság meghatározására hagyományosan a különböző ütvizsgálatokat alkalmazzák. Egy német tanulmány [3] szerint legalább húsz, az iparban alkalmazott, szabványosított ütvizsgálat van. Itt próbál a legújabb ISO szabvány [4] némi rendet tenni és a vizsgálatok számát 4 alaptípusra csökkenteni. Ez nem változtat azon a tényen, hogy az ütvizsgálatok eredményei nagymértékben függenek a próbatétel geometriájától, valamint nem szolgáltatnak a méretezéshez, az ellenőrzéshez alkalmas adatokat. A törésmechanikai elvek alkalmazása összekapcsolva a műszerezett ütvizsgálatokkal az elmúlt évtizedben jelentős előrelépést hozott különösen az angolszász országokban és a Távol-Keleten e területen is. Két alapprobléma jelentkezik a vizsgálatok során. Az egyszerűbb lineárisan rugalmas törésmechanikai elveken (LRTM) alapuló módszerek az alapvetően nemlineáris viselkedést mutató műanyagok esetében csak bizonyos korlátozásokkal alkalmazhatók. Csökkenő hőmérséklettel vagy növekvő sebességgel elvégzett vizsgálatok kedvezőbb helyzetet teremtenek, de egy adott sebesség (kb. 1 m/s) elérése esetén a dinamikus hatások már teljesen eltorzítják az eredményeket. Ezt a jelenséget a 6. ábrán láthatjuk. A dinamikus módszerek alkalmazása érdekes feladat a kutatóintézetek számára, de a gyakorlatban ezek a vizsgálati módszerek a közeljövőben még nem fognak elterjedni. A törési szívósság ( $K_{IC}$ ) terhelési sebesség függésének a bemutatására készült a 7.a, b. ábra. Az első egy polivinilclorid (PVC) anyag látható, a második egy  $\beta$  módosított (hexagonális kristályrácsú)

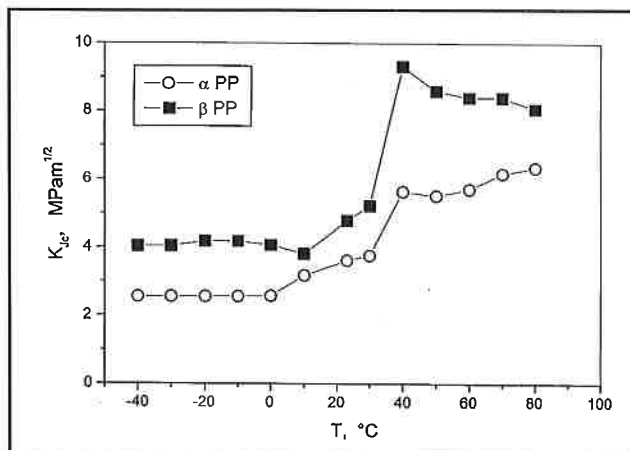


6. ábra. Erő-alakváltozás görbék jellege különböző terhelési sebességeknél. a) kvázistatikus terhelés, b) és c) ütősszerű terhelés.



7. b. ábra. A PVC (a) és a PP ( $\alpha$  és  $\beta$ ) (b) törési szívósságának ( $K_{IC}$ ) változása a terhelési sebesség függvényében.

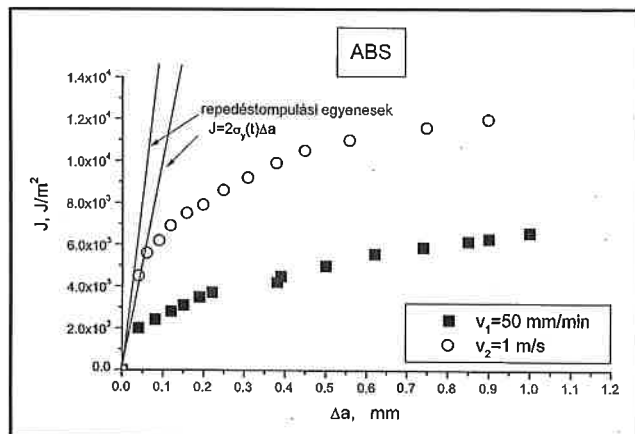
PP. Mindkét anyag elsődleges alkalmazási területe: csővezetékek, nyomástartó edények. Látható, hogy az amorf szerkezetű PVC törési szívóssága ( $K_{IC}$ ) lényegesen jobban függ a terhelési sebességtől, mint a részben kristályos PP törési szívóssága. A 8. ábrán egy  $\alpha$  (mono) és egy  $\beta$  PP törési szívósság-hőmérséklet diagramját láthatjuk adott ütésszerű terhelési sebesség (3.7 m/s) esetén. Ezt a vizsgálatot egy olyan műszerezett ingás ütőművel végeztük el, ami egy -60 és +150 °C hőmérséklet-tartományban üzemelő próbatétel temperáló adagolóval van felszerelve és így kiválóan alkalmazható a dinamikus törési jellemzők



8. ábra. A PP ( $\alpha$  és  $\beta$ ) törési szívósságának ( $K_{IC}$ ) változása a hőmérséklet függvényében 3.7 m/s terhelési sebesség esetén.

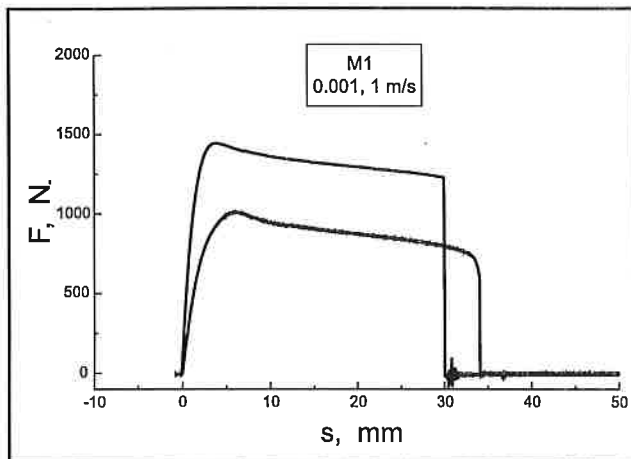
hőmérsékletfüggésének a meghatározására. A  $\beta$  PP kiváló mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik és ezeket a tulajdonságokat tág hőmérséklet és időtartományban is megtartja [5].

A rugalmas-képlékeny törésmechanika alkalmazása a műanyagok területén viszonylag rövid múltra tekinthet vissza. Különböző kutatóintézetekben (USA, Japán), vagy pl. az ESIS [6] keretében folynak vizsgálatok a jövőbeni szabványok előkészítése érdekében. Az új anyagok kifejlesztésénél az egyes változatok közötti csekély eltérések kimutatására a J-integrált már több helyen sikeresen alkalmazták. A 9. ábrán egy ABS anyag (akril-butadién-sztirol) stabil repedésterjedéshez tartozó R-görbéje látható kvázistatikus (50 mm/min) és ütésszerű (1 m/s) terhelési sebesség mellett. Mint a bevezetőben már említettem, a járműipar területén az autógyártásban az elmúlt évtizedben rohamosan nőtt a műanyagok alkalmazása. Különösen jelentőssé vált a fogyasztáscsökkentés, aminek egyik fontos eleme a súlycsökkentés. Az előző példákban bemutatott ABS egy jövőbeni kisautó műanyagkarosszériájának az egyik anyaga lehet. Olyan 4-5 rétegű műanyaglemezt állítanak elő, amelyben 2-3, különböző tulajdonságú műanyag van változó vastagságú rétegenként összedolgozva. A külső réteg biztosítja a szép és karcolásálló felületet, a belső réteg (ABS) a szívósságot, közben pedig lehetőség van akár reciklátumok bedolgozására is [7]. Az általunk elvégzett vizsgálatban összehasonlított anyagok között hagyományos ütővizsgálatokkal semmilyen különbség nem volt megállapítható. Az R-görbék (J- $\Delta a$ ) viszont megmutatták, hogy a 9. ábrán látható anyag repedéskeletkezési szívóssága valamivel nagyobb, de a vetélytárs anyag a repedésterjedés során valamivel több energiát tud elnyelni.

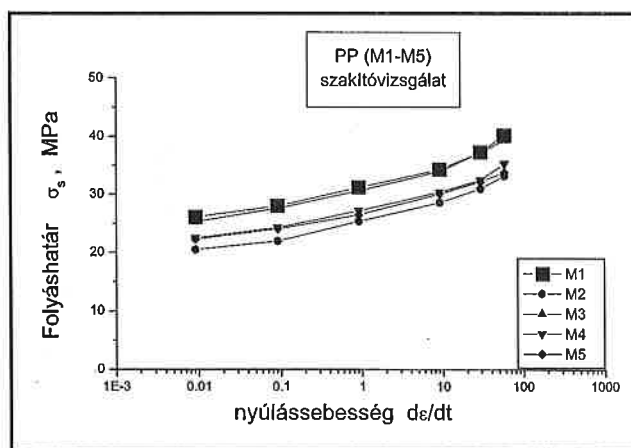


9. ábra. Az ABS anyag R ( $J$ - $\Delta a$ ) görbéje 50 mm/min és 1 m/s terhelési sebesség mellett.

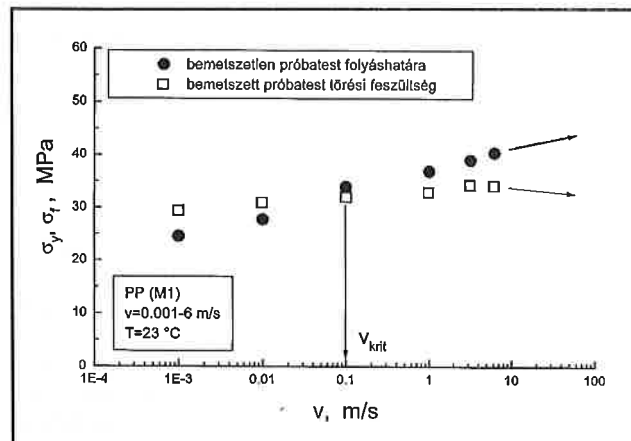
A fokozódó biztonsági követelmények egyre jobb, ellenállóbb, szilárdabb anyagok beépítését követelik meg a gyártóktól. Az alapanyagokat gyártók számára ez újabb követelményeket jelent. Nem elegendő csak a hagyományos anyagjellemző mérőszámok megadása (pl. azok megtalálhatók), egy esetleges végeselemes karambol-szimulációhoz további adatokat kell szolgáltatni. A 10a. ábrán egy autóműszerfalhoz javasolt PP anyag kvázistatikus (0.001 m/s) és ütésszerű terheléssel (1 m/s) elvégzett szakítóvizsgálatának erő-alakváltozás görbéit, a 10b. ábrán folyáshatárának változását láthatjuk a nyúlássebesség függvényében. Látható, hogy növekvő terhelési sebesség mellett az anyag folyáshatára növekszik, ugyanakkor a nyúlása csökken. Ha a szakítóvizsgálatot bemetszett próbatestekkel végezzük el, meghatározható a szívós-rideg átmenet helye (sebesség, hőmérséklet), valamint a törési szívósság változása is. Ezt mutatja be a 11. ábra. Nagy terhelési sebesség esetén (amikor a dinamikus hatások jelentősek) csak külső erő- és alakváltozás-mérő eszközök (erőmérőcellák, műszerezett ütőel, nyúlásmérő) alkalmazása nem ad megbízható információkat. Szükséges a próbatétel műszerezése is, vagy gyors optikai eszközök alkalmazása (pl. lézeres nyúlásmérő). Az előbbire mutat példát a 12a., b. ábra [9].



10. a. ábra. Az erő-alakváltozás görbék változása PP(M1) szakítóvizsgálatánál 0.001 és 1 m/s terhelési sebességnél.



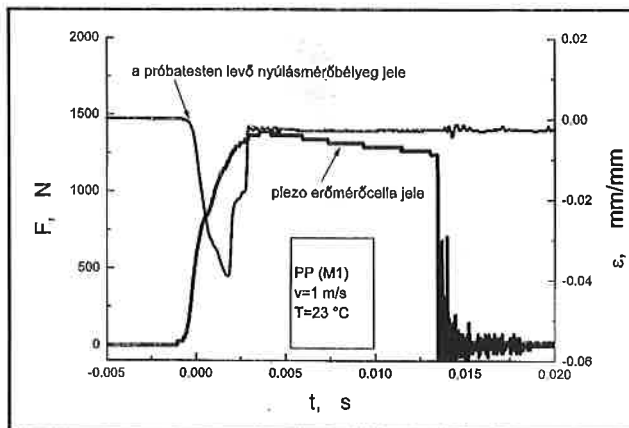
10. b. ábra. A folyáshatár változása PP(M1-M5) szakítóvizsgálatánál a nyúlássebesség függvényében.



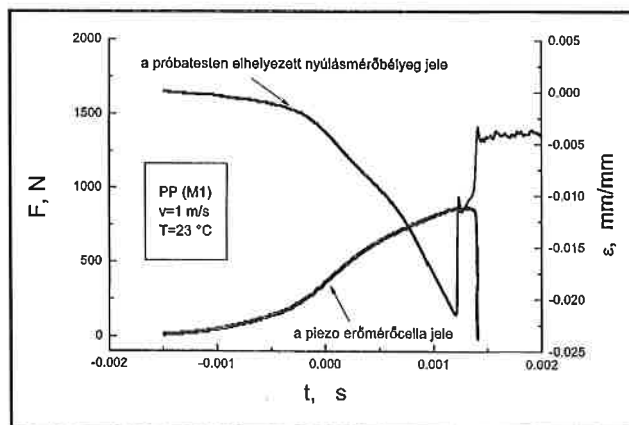
11. ábra. Két oldalon bemetszett szakítópróba PP(M1) vizsgálata során a törési feszültség és a folyáshatár viszonya.

Az itt bemutatott eredményeket felhasználtuk egy dinamikus feladatokhoz alkalmazott végelem (Dyn3D) programmal elvégzett szimulációhoz. A szimulációs program eredményei jó egyezést mutattak az autógyár kísérleti ütközéses tesztheinek eredményeivel.

A bemutatott törésmechanikai és dinamikus szakítóvizsgálatokat a teljes sebességtartományban (0.0001 – 6 m/s) a már bemutatott szervohidraulikus berendezéssel végeztük el. A berendezés "ütő" üzemmódjában képes max. 8 m/s sebességgel ütésvizsgálatok elvégzésére a már megadott hőmérséklettartományon belül. Az egyik nagy előny, hogy nemcsak hárompontos hajlító, hanem szakító próbatestek ütésvizsgálata



12. a. ábra. Műszerezett szakítópróba vizsgálatánál a piezo erőmérőcella és a nyúlásmérőbéllyeg jelének összehasonlítása.



12. b. ábra. Két oldalon bemetszett műszerezett szakítópróba vizsgálatánál a piezo erőmérőcella és a nyúlásmérőbéllyeg jelének összehasonlítása.

(lapos szakítópróba, vagy húzással terhelt törésmechanikai próbatest CT, SENT) is elvégezhető, és a szakító elrendezés kedvezőbb dinamikus viszonyokat eredményez. További előny, hogy a vizsgálati sebesség fokozatmentesen, nagy pontossággal beállítható és ebben az esetben is tudunk nemcsak próbatesteket, hanem alkatrészeket is vizsgálni.

Egy következő cikkben szeretném majd bemutatni a kúszásvizsgálat és a különböző fárasztóvizsgálatok (fáradásos repedésterjedés, szakadási energia elasztomereknél, rezonancia fárasztás) elvégzésének, alkalmazásának lehetőségeit. Remélem, sikerült felvillantanom, hogy mind a műanyagok igényes műszaki alkalmazása, mind pedig vizsgálatuk területén milyen egyszerű lehetőségek állnak ma rendelkezésre. Szándékaim szerint a jövőben valamilyen módon – hallgatók diplomaterve, esetleges közös projektek keretében – szeretnék hazai kollégákkal ezeken a területeken együttműködni.

## Irodalom:

- [1] A. Weber: Jubiläumssymposium, 1996. június. 13-14, 73-85 o.
- [2] MTS Systems Co. TestStar Manual, 1997, Minneapolis
- [3] K. Oberbach: Jubiläumssymposium, 1996. június. 13-14, 280-292 o.
- [4] H. Breuer: Jubiläumssymposium, 1996. június. 13-14, 170-176 o.
- [5] JR IKT Kutatási Jelentés, 1997. november
- [6] ESIS TC4 Polymers and Composites, 1996. Draft 2.
- [7] A. Kronewitter: Diplomaterv, 1997. IWPK MUL
- [8] Campus Kunststoff Datenbank, 1997.
- [9] JR IKT Kutatási Jelentés, 1997. szeptember

# Az akusztikus emisszió szerepe a műanyag kompozitok törésmechanikai vizsgálatánál

Dr. Czígány Tibor\*

## Bevezetés

Az elmúlt évtizedek nagy változást hoztak a szerkezeti anyagok választékában. A szerkezeti anyagok sorában ott vannak a polimerek és a polimer alapú kompozitok is. A mai korszerű technika jellemző vonása az erősített és társított polimerek tömeges méretű felhasználása. Ma már nincs a gazdaságnak olyan ága, ahol ne használnák a műanyagokat. A műanyagok az élet minden területére behatoltak, műanyagok nélkül nincs modern technika, informatika, mezőgazdaság, egészségügy, közlekedés stb. Ugyanakkor, mint viszonylag új anyagokról, nem áll annyi információ rendelkezésünkre, mint a hagyományos évezredes múltra visszatekintő fémekről.

Az egyre jobb mechanikai tulajdonságokkal rendelkező műszaki műanyagok megjelenése azt vonta maga után, hogy az ipar számos területén, a nehéz, túlsúlyos, nagy térfogatú fém elemeket, gépalkatrészeket műanyag szerkezeti elemek váltják fel. Így a gépek, berendezések kisebbek, könnyebbek, – s ami a piac szempontjából igen fontos – olcsóbbak lesznek. Azonban a műanyagok szerkezeti anyagként való alkalmazása megköveteli a mechanikai tulajdonságaik megbízható ismeretét, ami molekuláris felépítése miatt számos tekintetben eltér a hagyományos szerkezeti anyagokétól.

Ahhoz, hogy a fém szerkezeti alkatrészeket műanyag váltsa fel, olyan műszaki műanyagokra van szükségünk, amelyeknek szilárdsági tulajdonságai a fémekéhez közeliek. Erre a legkézenfekvőbb az erősített műanyag. Ezeknek a legelterjedtebb formája a különböző rövid vagy hosszú szállakkal erősített műanyagok, amelyekkel a jelen cikk is foglalkozik. Az utóbbi években pedig kezdnek teret nyerni az ún. végtelen szálerősítéses, beleértve a kelmével és paplannal erősített műanyagok is; elsősorban a haditechnikában (repülőgépgyártás, gépjárműipar). Ezek előnye a rövid szálú erősítéshez képest, hogy az alapanyag mechanikai tulajdonságai jobban és pontosabban befolyásolhatók a szálak célszerű irányításával és a kelmekialakítás módjával.

## Műszaki műanyagok, kompozitok

1862-től, amikor Alexander Parks angol kémikus előállítja az első műanyagot, a róla elnevezett parkenzint, a kémikusok "tiszt" vegyületek előállítására törekedtek, amelyeknek megállapítható az olvadáspontja és a molekulatömege. Az egyes műanyagok laboratóriumi kidolgozásától az iparban való elterjedésig hosszú idő – évek, esetenként évtizedek – teltek el. A laboratóriumi kidolgozás után meg kellett oldani az ipari gyártási eljárás problémáit, ki kellett dolgozni a feldolgozási módszereket, meg kellett találni az anyag tulajdonságainak megfelelő alkalmazási területeket. A műanyag elnevezés igen tág, a polimerek gyűjtőneve. A polimerek az eredeti, szűkebb értelmezés szerint a szerves kémia olyan hosszúláncú vegyületei, amelyekben tipikusan sok ezer elemi építőegység: monomer kötődik egymáshoz elsődleges kémiai kötással. A leggyakoribb csoportosítási mód megkülönbözteti a műszaki műanyagot (ez általában erősített és szakítószilárdsága nagyobb mint 100 MPa), amelyeket elsősorban az ipar használ fel, pl.: PP, PA, PET, PC stb.

Az új műanyagok ipari bevezetése az 1930-as évekre esik. A szálerősítésű, hőre lágyuló műszaki műanyagok kialakulása is erre az időszakra tehető. 1935-ben használtak fel először üvegszál erősítésű műanyagot, mivel ekkor kezdtek elterjedni az üvegszálak műanyag termékek gyártására alkalmas kisnyomású rétegezési eljárások.

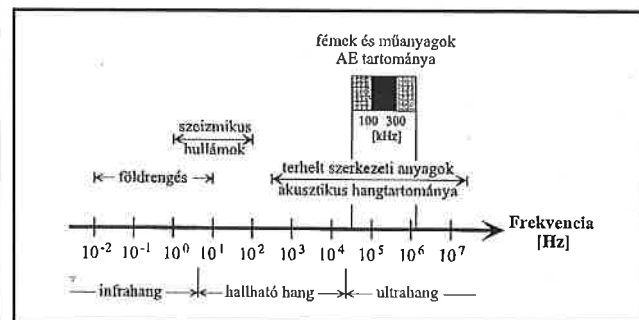
Az erősített műanyagokat olyan szerkezeti anyagként foghatjuk fel, amelyeknél az egyes alkotóelemek (mátrix, erősítőanyag) meghatározott feladatokat látnak el. A merevebb erősítőanyag az igénybevételtől függően húzásra vagy nyomásra van igénybevéve, míg a lágyabb mátrix elsősorban a terhelésátvitelt, másodsorban az erősítőanyag együtdolgozását biztosítja és védi az erősítőszálakat. Ez a hatékony "funkció-megosztás" akadályozza meg a kompozit anyagból készült szerkezet hirtelen tönkremenetelét.

A szálerősítés elterjedésének fő oka, hogy egy adott anyag szálként nagyobb szilárdságú, mint egyéb formában. Minél finomabb a szál, annál nagyobb a valószínűsége a szakítószilárdság javulásának. Szemléletes képet ad az ún. szakadási hosszak (a saját súlya alatt elszakadó szál hossza) közötti nagy különbség. Például acél esetén ez 35 km, üveg esetén 80 km, míg szénszál esetén 195 km [1].

## Az akusztikus emisszió (AE) mint roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer

Már évszázadok óta ismeretes a különböző anyagokon belüli meghibásodási folyamatok "hangjainak" jelentése. A fák különféle – ember által is hallható – hangokat bocsátanak ki, amikor repedni vagy törni kezdenek. Hooke már a XVII. század végén leírta, hogy a testek belső mozgásai feltárhatók az általuk keltett hangokból. Sőt már a XIX. században az orvostudomány használta a szétetoszkoport az emberi test belső hangjainak a vizsgálatára.

Annak ellenére, hogy felismerték az összefüggéseket a hangkibocsátás és az anyagon belüli meghibásodási folyamatok között, a hallhatóság tartományán kívüli hangokat csak körülbelül 40 év óta tudják detektálni. A hangok felosztása frekvenciatartományuk szerint az 1. ábrán látható.



1. ábra. A hangok frekvenciatartomány szerinti felosztása

Mérföldkönek tekinthető az AE-kultúra fejlődésében a 70-es évek eleje, amikor számos tudományos publikáció után megszületett az első, gyakorlatban is használható készülék. Ettől kezdve egyre nő az érdeklődés az AE iránt, amely a mai napig töretlen.

A módszer alkalmazásának hallatlan előnye, hogy a vizsgálati módszer roncsolásmentes és a hibát indikáló jeleket maga a vizsgált anyag állítja elő, valamint az AE-jelenséget mint minőségi és gyártásellenőrzési módszert egyszerre lehet felhasználni. A leggyakoribb felhasználási területek: gépkocsi-, repülőgépgyártás, hegesztési varratok ellenőrzése, atomreaktorok blokkjainak valamint nyomástartó edények és csővezetékek megfigyelése, ahol a szerkezetek biztonsága szempontjából nagy szerepe van a repedések feltárásának és terjedésük érzékelésének.

\* egyetemi adjunktus, Budapesti Műszaki Egyetem, Gépszerkezettani Intézet

Az akusztikus emisszió mint anyagvizsgálati módszer bevezetése a műanyagoknál szinte egyidőben kezdődött a fémekével. Habár napjainkban a műanyagok mechanikai mérőszámait messze nem ismerjük olyan pontosan, mint a fémek hasonló mérőszámait, s a lemaradás évtizedekben mérhető, elmondhatjuk, hogy az AE-vizsgálatok terén egyáltalán nincs lemaradás. Ennek oka az, hogy a műszaki műanyagok szinte kivétel nélkül tartalmaznak erősítőanyagot, így a kompozitban található anyagok rugalmassági modulusa igen széles skálán változik. Ennek köszönhetően az AE-mérések során mért fizikai mennyiségekből (amplitúdó, energia stb.) meglehetősen nagy biztonsággal megállapíthatók, hogy mikor, milyen károsodási folyamat játszódik le az anyagban. Így jól elkülöníthetők a mátrix és az erősítőanyag tönkremeneteli formái (mátrixdeformáció, mátrixtépődés, szálikihúzóadás, szál-réteg elválás és szálszakadás). Ezért mondják azt, hogy az erősített műanyagok az AE-mérések számára alkalmas (a "legáltalánosabb") anyagok [2].

Napjainkban a piaci verseny kiéleződésével a szerkezeti anyagok – így a műszaki műanyagok – mechanikai tulajdonságainak teljes kihasználása a gazdaságos anyagáfordítás legfontosabb feltétele. Az üzemi igénybevétellel terhelt szerkezeti elemek csak akkor felelnek meg, ha kellő biztonságot nyújtanak a meghibásodások különböző lehetőségeivel szemben. A szerkezetek legveszélyesebb meghibásodási formája a törés, mivel ez legtöbbször megküszöbíti a funkció teljesítését. A jelentős anyagi káron kívül az emberélet is kockán foroghat. Mivel a törést megelőzi a repedés keletkezése, ezért a mai törésmechanikai kutatás első sorban arra irányul, hogy megismerjük a szerkezetek törés előtti viselkedését, a repedések keletkezésének és terjedésének körülményeit. Ezért az anyag megválasztásakor és a szerkezeti elemek méretezésekor egyaránt tekintetbe kell venni a repedések vagy a repedéshez hasonló anyagfolytonossági hiányok keletkezésének és terjedésének lehetőségét. Ebből ered a szilárdság fogalmának *Blumensauer*-szerinti új, törésmechanikai aspektusból való megfogalmazása: "Szilárdság: az anyag, illetve szerkezet ellenállása az irreverzibilis alakváltozással és repedésterjedéssel szemben." [3].

A cikk célja az AE-technika létjogosultságának bizonyítása a szálerősítésű PP rendszerek közötti különbségek feltárásánál.

## Rövid és hosszú szállal erősített PP rendszerek

A vágott üvegszállal erősített műanyagok voltak az első igazán polimer kompozitok, hiszen mechanikai, szilárdsági tulajdonságaik többszöröse a mátrixénak. Az igen termelékeny fröccsöntés térhódítása után ezekből a kompozitokból igen nagy mennyiségben tudtak olyan gépkatrészeket előállítani, amelyek a nagy statikus terhelhetőség mellett, a periodikusan ismétlődő, fárasztó igénybevételeknek is ellenálltak.

Ezekre a rövid szálas, fröccsöntött rendszerekre az a jellemző, hogy az üvegszál alakú jellemzője (az üvegszál hosszának és átmérőjének aránya) aránylag kicsi:  $20 < l/d < 50$ .

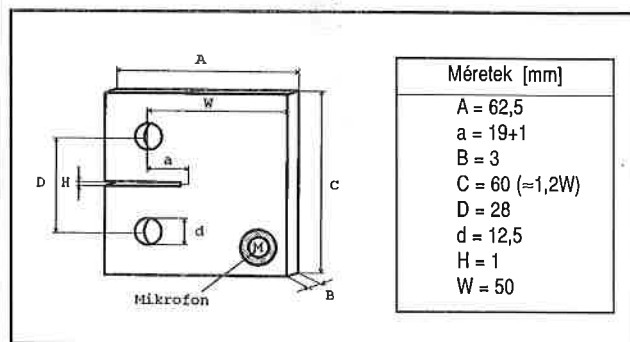
Az 1980-as évek végén a vágott szállal erősített rendszerek felhasználásánál eltolódás kezdődött, mégpedig a hosszú szálas javára, amelynek alakú jellemzője:  $300 < l/d < 500$ . Ennek oka, hogy a hosszú szálas rendszerek mechanikai tulajdonságai jobbak, mint a rövid szálasoké, és a fáradt repedés terjedéssel szembeni ellenállóképessége is jobb.

## Mérési körülmények

A kísérletek során az ICI cég (Nagy-Britannia) által gyártott Verton márkanévű polipropilén lemezek kerültek felhasználásra, amelyek rövid és hosszú üvegszállakkal voltak erősítve. Az erősítés mértéke 20 súlyszázalék, mely kb. 8 térfogatszázaléknak felel meg.

A műanyag törésmechanikai vizsgálatához (a fémekhez hasonlóan) leggyakrabban kompakt szakítóvizsgálati (CT) próbatestetet használnak, így mi is a szabvány előírásai alapján a nagy CT próbatestet alkalmaz-

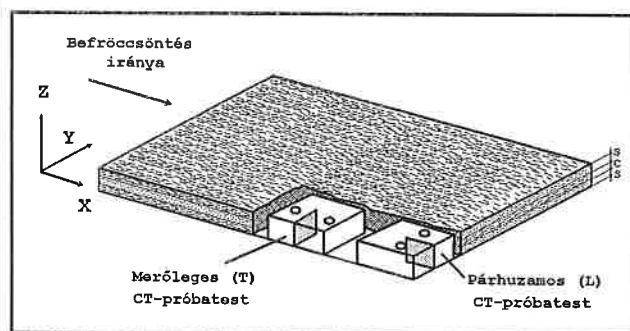
tuk, amelynek geometriai méretei, valamint az AE mikrofon (M) elhelyezkedése a 2. ábrán láthatók.



2. ábra. A nagy CT próbatest geometriai méretei

A próbatestek gyártásakor alkalmazott hossz méretei:  $\pm 0,1$  mm. A furatok és bevágások speciális készülékben készültek, szintén  $\pm 0,1$  mm-es tűréssel. A próbatestek befűrésztelt hornyát pengével tettük élessé. Ennek a nemzetközi gyakorlatban is elfogadott módszernek a lényege az, hogy borotvapengével – a felületre merőlegesen – a befűrésztelt hornyó rész kezdetét 1 mm hosszan bevágjuk. Ezzel azt érjük el, hogy a repedés a bevágás végéről fog elindulni, így a károsodási folyamat nyomon követése optikai eszközökkel egyszerűen megoldható. A próbatesteket furatain keresztülvezetett  $\varnothing 12$  mm-es csapok segítségével terheltük egy Zwick 1445-ös terhelőgéppel. A méréseket  $v=1$  mm/perc sebességgel valamint  $T=22^\circ\text{C}$ -on végeztük.

A szálerősítéses rendszerek morfológiai felépítésével foglalkozó tudományos munkák bebizonyították (pl.: [4]), hogy a fröccsöntés az erősítőszálak különleges elrendeződését eredményezi a fröccstermék vastagságának függvényében. A meglágyult olvadékban az erősítőszálak a szerszámüreg kitöltése közben orientálódnak, s a mikroszerkezet három rétegűvé válik, mégpedig úgy, hogy a két felületi réteg (S) között egy közbülső réteg (C) mutatható ki. Az így keletkezett rétegekben az erősítőszálak átlagos irányítottasága eltér. Az S rétegekben megegyezik a befűrésztelt irányával, míg a C rétegben a befűrésztelt irányára merőleges a szálas orientációja. Az erősítőszálak elrendeződése az egyes rétegekben, valamint a fröccsöntött lap mikrostruktúrája vázlatosan a 3. ábrán látható.



3. ábra. Szálerősítésű fröccslemez mikroszerkezete (vázlat)

Mindezek alátámasztják azokat a kísérleti eredményeket, miszerint a fröccsöntés irányú és az arra merőleges minták tulajdonságai különböznek. A merőleges (T) próbatestek fő mechanikai jellemzői, a szakirodalmi adatok szerint, kb. 2-szerese a párhuzamos (L) próbatestekének. Ez a nagy eltérés egyértelműen magyarázható a szálas rétegződésével, azaz azzal, hogy a 2S/B aránya C/B-nek hányszorosa, hiszen a repedésfronta merőleges szálas a héjban található a T próbatest esetében, míg az L esetben csak a magban találhatók.

Akusztikus emissziós (AE) vizsgálataink célja: az alkalmazott rövid és hosszú szálerősítésű PP rendszerek közötti különbségek feltárása

volt. Ezért a kísérleteknek ebben a szakaszában a próbateteknek a fröccsöntés irányához képest elfoglalt helyét, mint hatótényezőt nem vettük figyelembe. Kísérleteinket csak I irányú próbatetekben végeztük, mivel úgy gondoltuk, hogy a magban található, a repedésfronta merőleges szála akusztikus aktivitása tisztább képet ad arról, hogy az AE-eljárás alkalmazható-e a különböző alakú tényezővel rendelkező szálerősítésű kompozit rendszerek megkülönböztetésére.

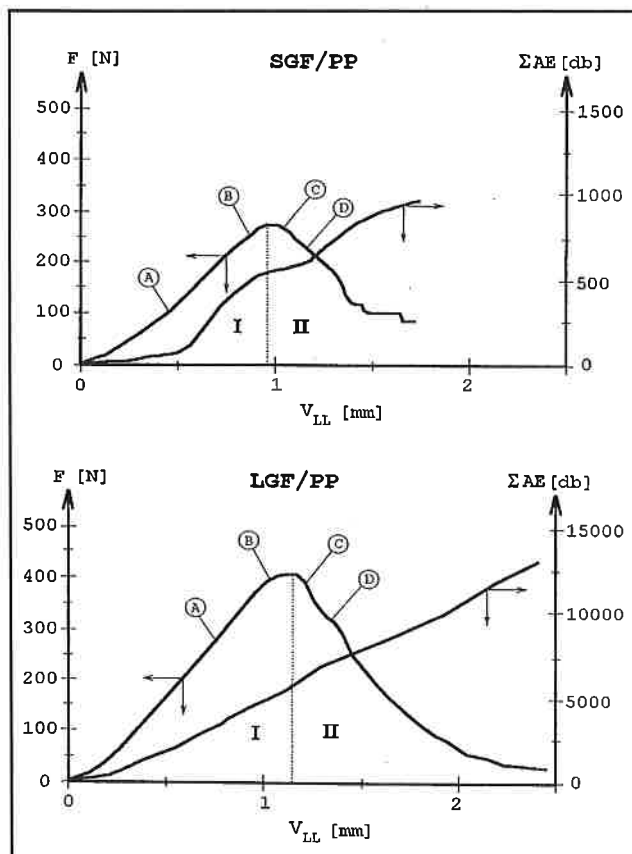
A mechanikai hatás alatt lévő anyag által kibocsátott hanghullámokat (feszültség-hullámokat) a vizsgált anyagra erősített mikrofonnal fogtuk fel. A mikrofon és a próbatest közötti zavarmentes kapcsolatot csatoló-folyadék (szilikon olaj) biztosította. Méréseinkhez a Központi Fizikai Kutató Intézet, Nagymegbízhatóságú Rendszerek Laboratóriuma által gyártott Defectophone NEZ-220 típusú alapkészülékkel végeztük. A detektáláshoz használt DAE-002 típusú mikrofon beépített előerősítővel rendelkezett, s használatával széles (20–1000 kHz) frekvenciasávot lehetett átfogni.

A mérések során a mechanikai (erő–elmozdulás), geometriai (repedéscsúcs tompulása), valamint a fizikai (hanghullámok) paraméterek változását a következő három mérőberendezés egyidejű alkalmazásával követtük nyomon:

1. ABB SE780 típusú X-Y plotteren felvettük az erő–elmozdulás görbét.
2. Olympus típusú, fényképezőgéppel egybeépített mozgatható fénymikroszkóppal követtük a repedéscsúcs környezetét, amelyről a terhelés előrehaladtával folyamatos fényképsorozatot készítettünk.
3. Akusztikus emissziós készülékkel detektáltuk a keletkező akusztikus jeleket [5].

## Mérési eredmények

A 4. ábrán a rövid (SGF) és a hosszú (LGF) szállal erősített PP próbatetek erő (F) – elmozdulás ( $V_{LL}$ ), és eseményszám ( $\Sigma AE$ ) – elmozdulás ( $V_{LL}$ ) görbéi láthatók.



4. ábra. Rövid és hosszú szállal erősített PP próbatest erő–elmozdulás–eseményszám görbéi

Jól megfigyelhető az erő maximumok közötti különbség, az SGF/PP-nél 280 N, míg LGF/PP-nél 400 N. Tehát a mérés igazolta azokat a szakirodalmi adatokat, amelyek szerint az LGF/PP mechanikai tulajdonságai jobbak az SGF/PP-nél [6].

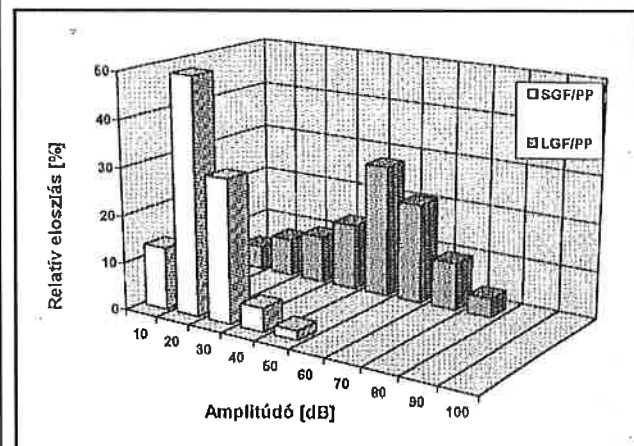
A következőkben vizsgáljuk meg a detektált akusztikus jeleket. Ha az eseményszám görbékét nézzük kiderül, hogy közel egy nagyságrenddel kevesebb esemény történt az SGF/PP-nél, mint az LGF/PP-nél, így ez már egy olyan akusztikus jelekből számolt paraméter, amely különbséget tesz a két erősítőstruktúra között. Ez a tény önmagában utal már arra, hogy lényeges különbség van az SGF és az LGF erősítés között.

Az akusztikus jelek tulajdonságainak az összehasonlíthatósága az SGF/PP és az LGF/PP között megköveteli, hogy azokat azonos időintervallumban detektáljuk. Azonban a görbék időbeli lefolyása azok természetéből adódóan különböznek, így az összehasonlítás alapja csak az azonos intervallumok lehetnek. Jelen esetben ez pedig az  $F_{max}$ -ig terjedő szakasz lehet (lásd I-el jelölt intervallumok a 4. ábrán). Ezért a detektált eseményekből kiválasztottuk azokat, amelyek  $F_{max}$ -ig történtek, és megvizsgáltuk azok nagyságát (amplitúdó) és a mért jelek területeit (az események keletkezésekor felszabaduló energia). Összeszámolva az egyes amplitúdó- illetve energiatartományokba eső események számát, ezek %-os eloszlását az 1. táblázatban foglaltuk össze.

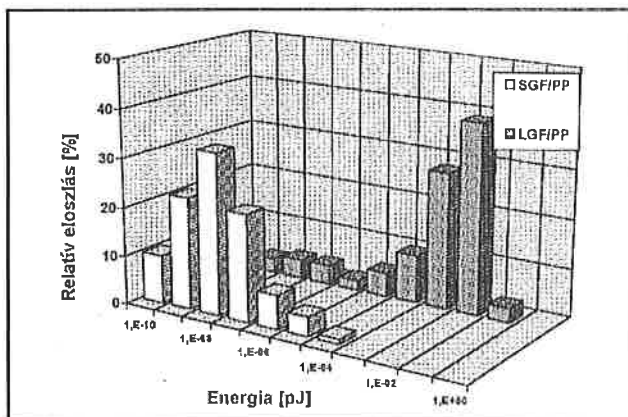
1. táblázat. Rövid és hosszú szállal erősített PP rendszerek  $F_{max}$ -ig mért amplitúdó és energiaeloszlása

| ANYAG            | SGF/PP | LGF/PP | ANYAG                      | SGF/PP | LGF/PP |
|------------------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|
| Relatív eloszlás | [%]    | [%]    | Relatív eloszlás           | [%]    | [%]    |
| A 0–10           | 13     | 5      | E $10^{-11}$ – $10^{-10}$  | 10     | 1      |
| M 10–20          | 50     | 8      | N $10^{-10}$ – $10^{-9}$   | 23     | 3      |
| P 20–30          | 30     | 10     | E $10^{-9}$ – $10^{-8}$    | 33     | 4      |
| L 30–40          | 5      | 14     | R $10^{-8}$ – $10^{-7}$    | 22     | 4      |
| I 40–50          | 2      | 28     | G $10^{-7}$ – $10^{-6}$    | 7      | 2      |
| T 50–60          | –      | 21     | I $10^{-6}$ – $10^{-5}$    | 4      | 5      |
| Ú 60–70          | –      | 10     | A $10^{-5}$ – $10^{-4}$    | 1      | 10     |
| D 70–80          | –      | 4      | $10^{-4}$ – $10^{-3}$      | –      | 28     |
| Ó 80–90          | –      | –      | [pJ] $10^{-3}$ – $10^{-2}$ | –      | 38     |
| [dB] 90–100      | –      | –      | $10^{-2}$ – $10^{-1}$      | –      | 3      |
| Eseményszám [dB] | 649    | 6166   | Eseményszám [dB]           | 649    | 6166   |

A táblázat eredményei nem várt eltéréssel mutatják az SGF/PP és az LGF/PP rendszerek terhelés hatására adott akusztikus feszültség-hullámok az eltérést. Az SGF/PP-nél a maximális amplitúdó értéke 50 dB, míg az LGF/PP-nél 80 dB. Az energia esetén ugyanez a tendencia, az SGF/PP-nél a maximális érték  $10^{-4}$  pJ, míg az LGF/PP-nél  $10^{-1}$  pJ. Nagyon szembetűnő az eloszlások maximumainak az eltolódása is. Ezeket a különbségeket a 5. és 6. ábrák szemléltetik, ahol azonos léptékű diagramban ábrázoltuk az egyes fizikai paraméterek eloszlását az SGF/PP és az LGF/PP esetén.



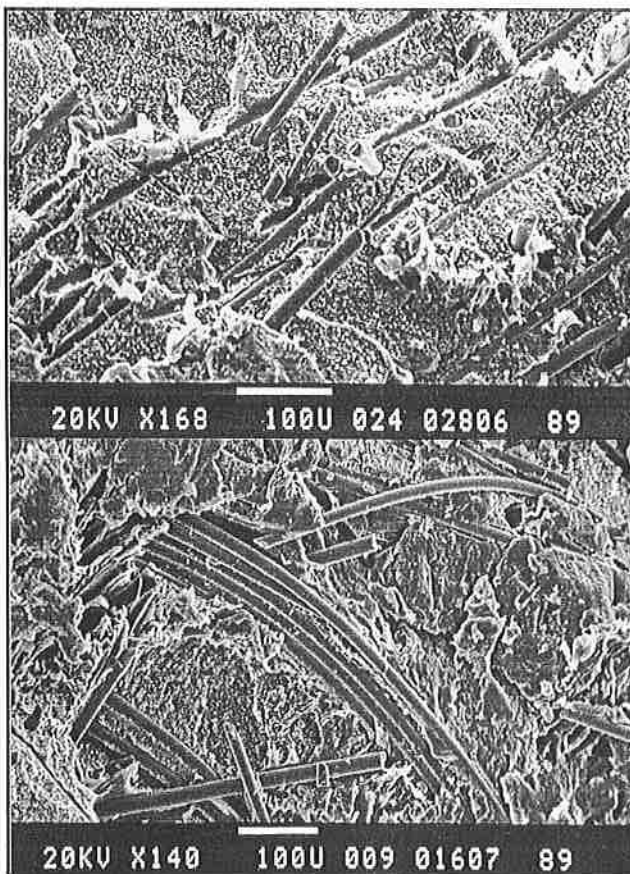
5. ábra. Rövid és hosszú szállal erősített PP próbatetek amplitúdóeloszlása



6. ábra. Rövid és hosszú szállal erősített PP próbatetek energiaeloszlása

## Eredmények kiértékelése, következtetések

A terhelés során készült fényképfelvételek (A, B, C, D helyen) sejtet-ni engedik (szálak hossza és elhelyezkedése a repedésfront mentén), hogy az alapvető különbséget a tönkremeneteli folyamatokban kell keresni, aminek a háttérben a szálhosszúság áll, s amelyet az AE-paraméterek is minden kétséget kizáróan alátámasztanak. Vagyis az SGF/PP-nél a tönkremeneteli módok a terhelés előrehaladtával nem változnak, hiszen az akusztikus jelek közel azonosak. Ezek a tönkremeneteli módok főleg mátrixdeformáció a szál-mátrix elválás mentén és kismértékű szálkihúzódnás. Az LGF/PP-nél pedig az említettekhez még a szálrepedés és a szálszakadás is párosul a nagymértékű szálkihúzódnás mellett a terhelés előrehaladtával. Mindezek jól látszanak a törfelvételekről készült pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételeken a 7. ábrán.

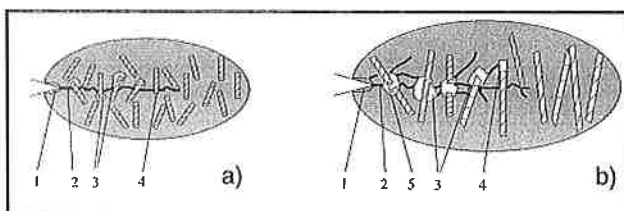


7. ábra. Az SGF/PP (fent) és az LGF/PP (lent) próbatetek törfelületeinek SEM-felvételei (az eredeti 0,7-szerese: ~100x)

A fényképek alapján már egyértelműen magyarázható, hogy miért nagyobb egy nagyságrenddel az események száma az LGF/PP-nél, mint az SGF/PP-nél, hiszen nemcsak a mátrix deformációja, hanem a szálak repedezése és töredezése is növelte a detektált események számát. Az amplitúdó és energiaértékek is mutatják, hogy az alapvető különbség a két erősítőstruktúra között ott van, hogy a hosszú szálak szakadnak, míg a rövid nem, hiszen az SGF-nél elmaradtak az 50 dB-nél illetve  $10^{-4}$  pJ-nál nagyobb jelek, amelyek egyértelműen a szálszakadásra és a szálszakadáshoz rendelhetők.

Az eloszlások azt is bebizonyították, hogy az SGF/PP-nél tapasztalt mátrixdeformációkról és szálkihúzódnásokról az elsődleges tönkremeneteli mechanizmusok áttevődnek a szálszakadásra és -szakadásra, hiszen az eloszlások csúcsai erősen a nagyobb értékek felé tolódnak. Az akusztikus jelek nagyságából pedig következtetéseket lehet levonni az éppen aktuális tönkremeneteli formáról, vagyis arról, hogy hol tart a próbatest (szerkezet) a repedés előrehaladtával illetve mekkora erőterheléssel (maradék szilárdsággal) rendelkezik. Előző munkáink alapján számszerűsítve a fentiek: mátrix deformáció  $\approx 20$  dB-ig ill.  $10^{-7}$  pJ-ig, elválás a mátrixtól  $\approx 40$  dB-ig ill.  $10^{-5}$  pJ-ig, szálkihúzódnás  $\approx 60$  dB-ig ill.  $10^{-3}$  pJ-ig ill. szálszakadás ezen értékek felett történik [7, 8, 9, 10].

A kapott eredményekből megalkothatjuk az alkalmazott szálerősíté-ses rendszerek tönkremeneteli modelljét (8. ábra).



8. ábra. Az SGF/PP (a) és az LGF/PP (b) rendszerek jellemző tönkremeneteli formái: 1 - mátrixtépődés, 2 - mátrixdeformáció, 3 - szál-mátrix elválás, 4 - szálkihúzódnás, 5 - szálszakadás

Az eredményekből megállapítható, hogy mind a tönkremeneteli formák, mind az AE-jelek közötti különbségek a kritikus szálhosszra vezethetők vissza. A kritikus szálhossz az erősítőszálnak azt a hosszát jelenti, amely felett a szál már aktívan részt tud venni a terhelés felvételében, vagyis szakad. Irodalmi adatok alapján PP rendszereknél ez az érték 2 mm [4].

## Összefoglalás

Vizsgálataink célja a rövid és hosszú szálerősíté-ses rendszerek közötti különbség bemutatása volt az akusztikus emisszió segítségével. CT próbatetek terhelés közbeni vizsgálatával bebizonyítottuk, hogy a detektált AE-jelek alkalmasak a kompoziton belüli erősítőstruktúrák tulajdonságainak feltárására, a tönkremeneteli formák meghatározására.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben közölt eredmények az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA T 014984, F 025080) valamint Művelődési és Köznevelési Minisztérium (MKM 778) támogatásával születtek.

## Irodalom

- [1] Bodor, G.-Vas, L.M.: Polimer anyagszerkezet: Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1995.
- [2] Pellionisz, P.: Akusztikus emissziós anyag- és szerkezetvizsgálatok; Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 1992.
- [3] Blumenauer, H.-Pusch, G.: Műszaki törésmechanika; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- [4] Bodor, G.-Nagy, P.-Karger-Kocsis, J.-Friedrich, K.: Fröccsöntött, szálerősíté-sű polipropilén szerkezetek és törésmechanikai jellemzői közötti kapcsolat; Műanyag és Gumi, 28 (1991), 116-121.
- [5] Központi Fizikai Kutató Intézet: System Detectophone NEZ-220. Gyártmányismertető és felhasználói útbaigazító; KFKI, Budapest, 1988.
- [6] Karger-Kocsis, J.-Friedrich, K.-Bailey, R.S.: Rövid és hosszú üvegszállal erősített polipropilén rendszerek kifaradása; Műanyag és Gumi, 27 (1990), 240-249.
- [7] Czigány, T.-Karger-Kocsis, J.: Determination of the damage zone size in textile fabric reinforced polypropylene composites by location of the acoustic emission; Polymers and Polymer Composites, 1 (1993), 329-339.
- [8] Karger-Kocsis, J.-Czigány, T.: Fracture behavior of glass fiber mat-reinforced structural nylon RIM composites studied by microscopic and acoustic emission techniques; Journal of Material Science, 28 (1993) 2438-2448.
- [9] Karger-Kocsis, J.-Harmia, T.-Czigány, T.: Comparison of the fracture and failure behavior of polypropylene composites reinforced by long glass fibers and by glass mats; Composites Science and Technology, 54 (1995), 287-298.
- [10] Czigány, T.-Mohd Ishak, Z.A.-Heitz, T.-Karger-Kocsis, J.: Effects of hygrothermal aging on the fracture and failure behaviour in short glass fiber-reinforced toughened PBT composites; Polymer Composites, 17 (1996), 900-909.

# Vasbeton állapotellenőrzése a galvanosztatiskus impulzuspolarizáció módszerrel

Kovács Tamás

Vasbeton és feszített beton építményeink többségénél a vasalás biztosítja a statikailag megkívánt biztonságot. Tekintettel az állékonyságra, a vasalás korróziós állapotának ismerete kiemelkedő fontosságú lehet. Vasbeton szerkezeteinknél kétség kívül a korrózió okozza a legjelentősebb károkat. Egy német felmérés alapján például a vasbeton hidak jelentős károsodásának, esetleg tönkremenetelének 40%-a korrózióra vezethető vissza. Így igen fontos, hogy a kialakuló korróziós károkat idejében fel tudjuk ismerni, hogy a szükséges felújítási munkák mind biztonságtechnikai, mind gazdaságossági megfontolásból idejében elvégezhetők legyenek. Jelentős munka- és helyreállítási költség-megtakarítást is jelent egy későn történő beavatkozáshoz képest, ha a kár okának és mértékének ismeretében még időben el tudjuk végezni a szükséges javításokat. Ezenfelül így a felújítás egyszerűbben, gyorsabban, a közlekedés kisebb mértékű zavarása mellett vitelezhető ki.

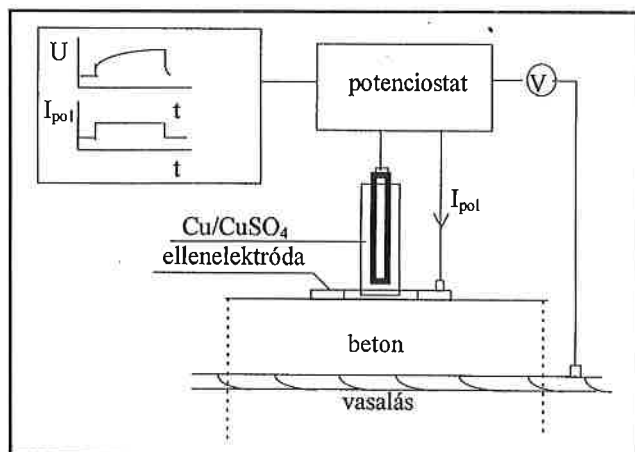
A ma leggyakrabban alkalmazott vizuális építményvizsgálatok problémája az, hogy ezekkel az eljárásokkal a kár csak akkor mutatható ki, ha az az építmény felületén már látható. Későn, vagy egyáltalán nem lehet észrevenni ezekkel az eljárásokkal a vasalás korrózió miatt bekövetkező károsodását. Ilyenkor a betonfedés teljes mértékű eltávolítására van szükség, ami idő- és munkaigényessége, gazdaságtalansága stb. miatt nem lehet megoldás. Ezért fordítunk napjainkban egyre nagyobb figyelmet az ún. roncsolásmentes vizsgálatokra.

A legegyszerűbb roncsolásmentes vizsgálat a vasalás korróziójának megállapításra a már említett vizuális megfigyelés. Az építmény felszínén megjelenő rozsdafoltok mindig korróziót jelentenek. Persze így a károsodás 10%-át se tudnánk feltárni, így ezt csak kiegészítő vizsgálatként célszerű használni. Az eddig alkalmazott vagy kutatott mérési eljárások ezért mind elektrokémiai méréseken alapulnak.

## Elektrokémiai módszerek

A **potenciálmérés módszere** a leggyakrabban alkalmazott elektrokémiai eljárás. A korróziós potenciál széles tartományon belül mozoghat, például egy korrodálódott vas potenciálja több 100 mV-al különbözhet egy nem korrodálódott, passzív vas potenciáljától. A módszer lényege, hogy egy feszültségmérő segítségével mérjük a potenciálkülönbséget a vasalás és egy ismert potenciálú elektróda között, és e relatív különbségekkel jellemezzük a vasalás korróziós állapotát. Ezen az elven működik a hazánkban is elterjedt Canin készülék is.

A vasalás potenciálját azonban közvetlenül nem mérhetjük, csak ha a szerkezet teljes betonfedését eltávolítanánk. Ehelyett a beton felüle-

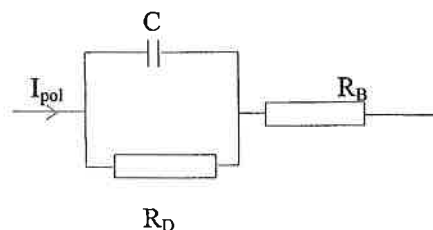


1. ábra. A galvanosztatiskus impulzuspolarizáció módszer elve

tére ültetett szondával mérünk, így csak egy közvetett értéket kapunk, melyet több tényező is befolyásolhat (a betonfedés vastagsága, nedvességtartalma, vezetőképessége, az oxigénellátottság a vasalás környezetében, a hőmérséklet stb.), ezért sajnos e módszer megbízhatósága csak 70–80% körüli.

A **galvanosztatiskus impulzuspolarizáció módszert** az említett befolyásoló tényezők zavaró hatásainak kikerülésére fejlesztették ki. Az eljárás során a vasalást a beton felületére helyezett ellenelektroda segítségével rövid idejű, csekély és konstans árammal polarizáljuk. A változás során fellépő potenciált egy Cu/CuSO<sub>4</sub> elektróda segítségével, egy nagy ellenállású feszültségmérővel mérjük és azt az idő függvényében vizsgáljuk (1. ábra).

Elméletileg a fellépő potenciálváltozást a következő kapcsolásból származtathatjuk:



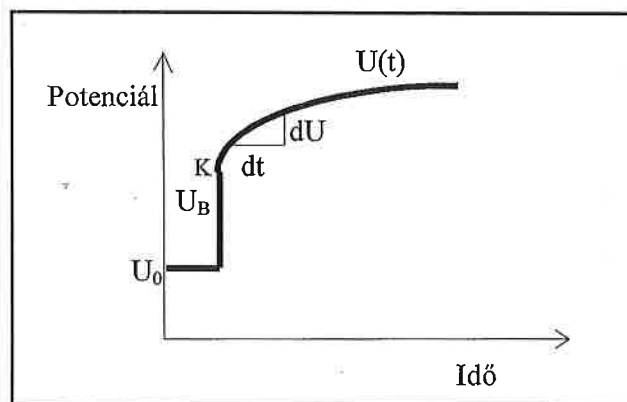
Ahol  $C$  = a kétrétegű kondenzátor kapacitása,  
 $R_B$  = az elektródt ellenállása azaz a beton ellenállása,  
 $R_D$  = az ún. "átütő ellenállás".

A fellépő potenciálváltozás:

$$U(t) = I_{pol} \left\{ R_D \left( 1 - \exp(-t / R_D C) \right) + R_B \right\}$$

Tekintsük a potenciál időbeni változását (2. ábra), illetve az idő szerinti deriváltjának a logaritmus alakját a K-ponttól:

$$\ln(dU / dt) = \ln(I_{pol} / C) - t / R_D C$$



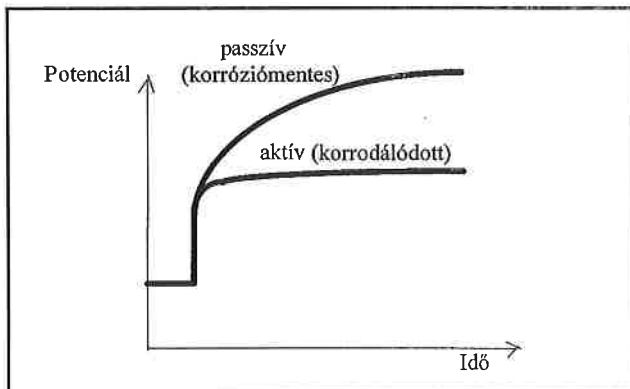
2. ábra. Potenciálváltozás az idő függvényében

Látható, hogy a potenciálváltozás sebessége az  $R_D C = \tau$  értéktől, az ún. időkonstanstól függ (ami a görbe meredekségéből számítható). A potenciálváltozás sebessége erősen a korróziós állapottól függ (3. ábra).

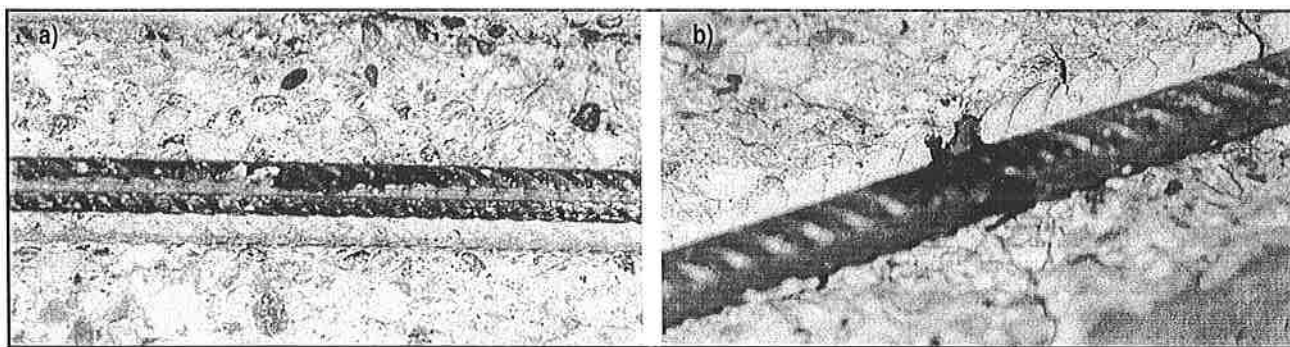
A korróziómentes vasalás – a maga passzíváltsága miatt – jelentősen jobban polarizálható, ezért ebben az esetben a potenciálváltozás-görbe meredeksége – így a  $\tau$ -értéke is – jóval nagyobb, mint a korrodálódott vasalásnál. Kísérleteink alapján (0,1 mA polarizációs árammal)

# VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

$\tau < 2$  esetén már fennállhat a korrózió veszélye (4. ábra), míg  $\tau > 4$  esetén passzív állapotban van a vasalás.



3. ábra. Potenciálváltozás a korróziós állapottól függően



4. ábra. A  $\tau = 1,60$  (a), illetve  $\tau = 2,05$  (b) mérési helyeken feltárt vasalás korróziója. Az ezektől távoli korróziómentes helyeken  $\tau = 13,5$

**Összefoglalva:** a galvanosztatisztikus impulzuspolarizációval szám-  
szerű adatot nyerünk a vasalás korróziós állapotáról, pontosabban an-  
nak passzíváltságáról. Előnyei közé tartozik az, hogy az eredményt nem  
befolyásolják azok a betonfedés okozta zavaró hatások, amelyek a  
potenciálmérés megbízhatóságát rontották. Legjelentősebb hátránya a  
mérés időigényessége. Ahhoz hogy egy pontban megfelelő pontosság-  
gal lehessen vizsgálni a potenciálváltozási görbét, több tíz másodpercre  
van szükség, ami a gyakorlati mérést, pl. egy vasbeton híd teljes  
vasalása állapotvizsgálatának idejét nagyon megnöveli. De mindenképp  
megéri a nagy értékű szerkezetek fontosabb pontjaiban a hagyományos  
potenciálmérés mellett kiegészítő mérésenként alkalmazni.

## Irodalom

- (1) Dr. Ing. A. Volkwein: Untersuchungen über den Korrosionsschutz von Betonstahl bei örtlicher Besichtigung mit Kunststoffen (München 1995)
- (2) Kovács Tamás: Vasbetonszerkezetek acélaratúrja korróziós állapota kiértékelésének új módszerei (Diplomamunka 1996)



Az ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT. 1996-ban jött létre. Munkatársaink nagy tapasztalattal, sok éves gyakorlattal rendelkező szakemberek. Célunk a függetlenség, pártatlanság mellett az igényes szakmai színvonal.

A Nemzeti Akkreditálási Rendszerben 501/0467 számon **akkreditált Vizsgáló Laboratórium**

Tevékenységeink köre:

### RONCSOLÁSOS ÉS RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK

- kémiai elemzés
- ultrahangos hibakereső vizsgálat
- mechanikai vizsgálatok
- felületi repedésvizsgálat
- metallográfia
- tömörségvizsgálat
- ultrahangos falvastagságmérés
- akusztikus emissziós vizsgálatok

Ipari beruházásokhoz kapcsolódó gyártási és szerelési munkák **FÜGGETLEN MŰSZAKI FELÜGYELETE**

Együttműködés a minősítés területén a németországi **HESSSEN Műszaki Felügyelettel** DIN EN 729 (HPO) és DIN 6700 (Deutsche Bundesbahn beszállítóinak) alapján. Hegesztővizsgák, eljárásvizsgálatok



**VESZÉLYES FOLYADÉKOK ÉS OLVADEKOK TÁROLÓ TARTÁLYAINAK** teljes körű állapotfelmérő vizsgálata

**VÍZKÉMIA**-i területen segítséget nyújtunk vízkezelési technológiák kidolgozásában, új vízkezelési technológiák, berendezések vizsgálatában és szakvéleményezésében, ipari- és ivóvizek területén.

**SAKÉRTŐI** tevékenységet folytatunk káresetelemzések területén és az ehhez kapcsolódó gyártási és javítási technológiák kidolgozásában

**Laboratórium:** 1112 Budapest, Budaörsi út 45. (MTA Kutatóház)

**Levélcímkünk:** 1243 Budapest, Pf. 551

**Tel./fax:** 319-3119/343 mellék

**Telefon:** 319-3181

**Mobil:** 06 (30) 598-290, 06 (30) 666-090, 06 (30) 600-603



**AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.**

Anyagvizsgáló tanfolyamok 1998 első félévében:

**Roncsolásmentes anyagvizsgáló minősítő és újraminősítő képzések** az MSZ EN 473 szabvány és az Országos Képzési Jegyzék OKJ szerint:

| Szakág                     | Fokozat | Tervezett kezdés |
|----------------------------|---------|------------------|
| Mágneses anyagvizsgáló     | MT1     | március 2.       |
|                            | MT2     | február 2.       |
| Ultrahangos anyagvizsgáló  | UT1     | jelentkezőfüggő  |
|                            | UT2     | március 2.       |
| Örvényáramos anyagvizsgáló | ET1     | február 16.      |
|                            | ET2     | jelentkezőfüggő  |
| Radiográfiai anyagvizsgáló | RT1     | jelentkezőfüggő  |
|                            | RT2     | február 2.       |
| Tömörégi anyagvizsgáló     | LT1     | jelentkezőfüggő  |
|                            | LT2     | jelentkezőfüggő  |

**Mechanikai anyagvizsgáló képzés** az OKJ szerint:

|                          |   |                 |
|--------------------------|---|-----------------|
| Mechanikai anyagvizsgáló | 1 | jelentkezőfüggő |
|                          | 2 | március 23.     |

**Tartályvizsgáló szakképesítő tanfolyamok**

a 44/1995 (IX.15.) sz. IKM rendelettel kiegészített 11/1994 (III.25.) sz. IKM rendelet 6. §-ának megfelelően:

|                                                     |             |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| Tartályvizsgáló                                     | március 16. |
| Tartályvizsgáló szakképesítést kiegészítő (C modul) | március 24. |

**A tanfolyamok helye:** Budapest XXI. ker. Gyeposor u. 1. Szállást és étkezést igény szerint biztosítunk.

**Igény szerint kihelyezett tanfolyamokat is szervezünk.**

**Érdeklődni lehet:** Zubonyai Edit oktatási menedzser  
1750 Budapest, Pf. 114  
Tel.: 277-0732 - Fax: 276-8650

# Az OMNIMET® képanalizáló rendszer felhasználása

Harnisch József

Felgyorsult világunkban nagyobb hatékonyságra és fokozott termelékenységre van szükség az üzlet minden területén. Ez a laboratóriumokban azt jelenti, hogy minél gyorsabban, pontosabban a legújabb analitikai technika alkalmazásával kell teljesíteni a megrendelő kéréseit.

Az amerikai Buehler cég az elmúlt években folyamatosan dolgozott egy olyan ipari képiértékelő rendszeren, amely megfelel a mai kihívásoknak.



1. ábra. Az OMNIMET képfeldolgozó rendszer mikroszkóppal, motorikus mozgatható tárgyasztallal és nyomtatóval

A rendszer előnyei: a professzionális optikai, elektronikai egységek és szoftverek összehangolt használata. Ezáltal az eddigieknél gyorsabb és rugalmasabb rendszert sikerült megvalósítani (1. ábra).

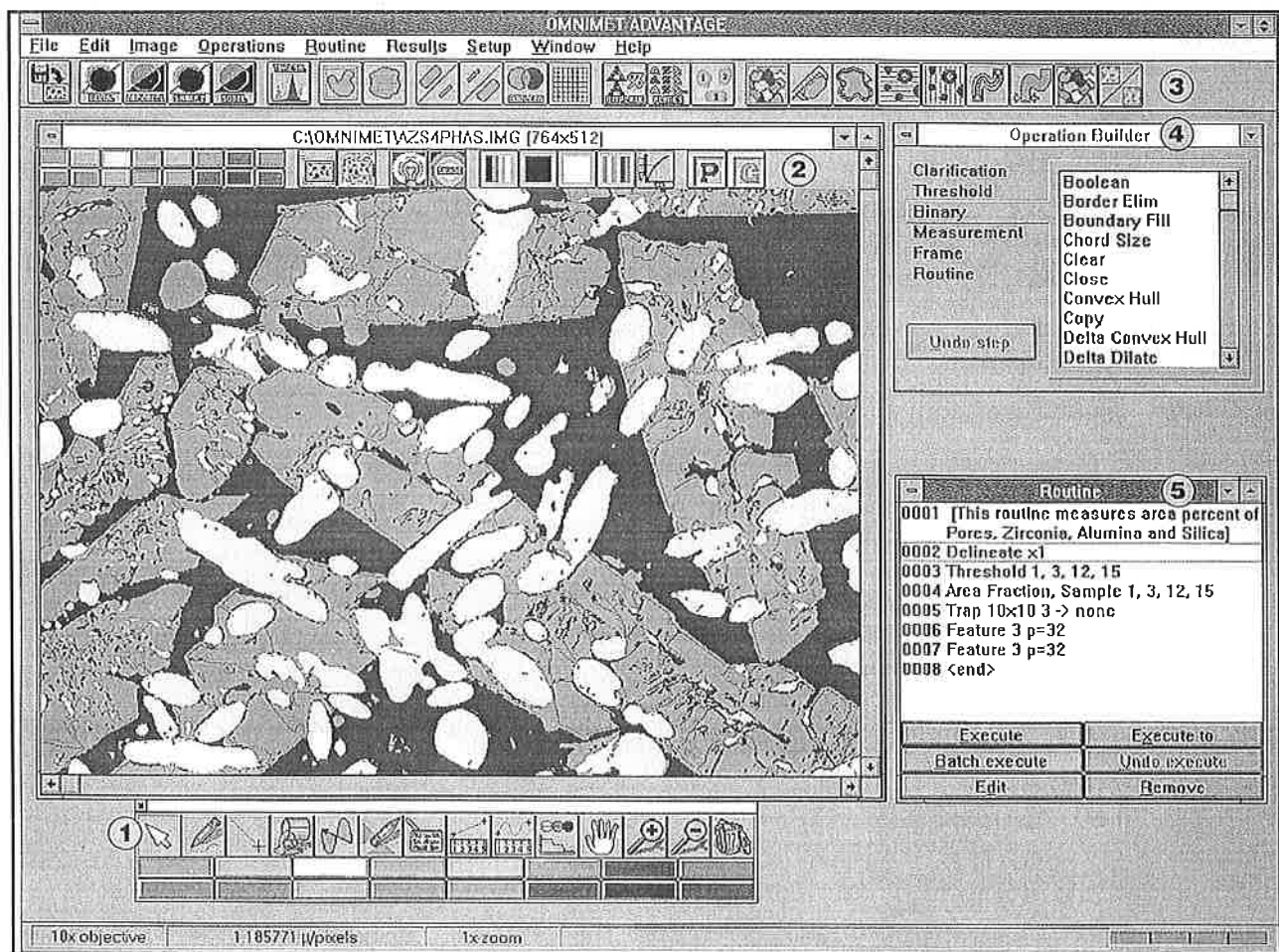
Az OMNIMET legfontosabb előnyei mégsem a gyorsaságban rejlenek leginkább, hanem a képek valóságos ábrázolásában, a mérések nagy pontossággal való reprodukálhatóságában, a típusfeladatok tárolásában és szerkeszthetőségében, amely biztosítja a folyamatos, magas színvonalú munkát, lehetőséget ad a program folyamatos napi specializációra való "betanítására" és annak nagyon gyors újbóli alkalmazására.

Az OMNIMET-rendszert az elmúlt év őszén hazai szakemberek előtt is teszteltük. A vélemények megerősítették az előbb felsorolt funkciók előnyeit.

Tekintsük át részleteiben a rendszer felépítését és mérési, képfeldolgozási lehetőségeit.

## A hardver

A mikroszkópra, vagy más optikai eszközre felépített nagy felbontóképességű kamera egy speciálisan erre a célra kidolgozott videokártyához csatlakozik. A kártya külön processzorral és RAM memóriával rendelkezik, ezáltal a rendszer képképzésének gyorsasága függetlenné válik az alapprocesszortól, megszünteti a számítógép túlterheltségét és elérhető egy optimális erőforrás megosztás a két processzor között.



2. ábra. Az OMNIMET-rendszer képernyőjének felépítése

## KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

A rendszer négy különböző kamerabemenetet tud fogadni. Ez lehetővé teszi, hogy egy laboratórium minden feladatát (pl. mikroszkóp, sztereomikroszkóp, makróállvány, keménységmérő) együttesen lehessen kezelni.

A rendszer képes bármilyen nyomtató kezelésére, akár színes tényleg kép minőséget elérő lézernyomtató is hozzáilleszthető.

Természetesen a lehetőség meg van bármilyen hálózati rendszer, vagy Internet-kapcsolat kiépítésére is.

A képelemző rendszer bármilyen mikroszkóphoz illeszthető, de a mérésben, kiértékelésben rejlő előnyeinek kihasználásához szükség van a tárgyasztal gépi, vagy kézi, x-y irányban történő pontos mozgathatóságára. Ennek révén elérhető, hogy a nagyított képmegzőn túl is méréseket lehessen végezni.

### A szoftver

A szoftvert olyan speciális módon tervezték, hogy a hardverelemek minden előnyét kihasználhassa.

A windows-os felhasználóbarát OMNIMET-rendszer interfésze a laborban mindenki számára könnyűvé teszi a használatot előzetes tapasztalat nélkül is. A súgó és az általános felhasználói tippek is segítik a munkát.

A Microsoft Windows lehetővé teszi képek, grafikonok és adatok képernyőre vitelét, és segítik azok átvitelét a Microsoft Wordbe, a Microsoft Excelbe valamint a Powerpointba.

A világos menürendszer és közérthető ikonképek nyelvhasználat nélkül is biztosítják a könnyű kezelhetőséget (2. ábra).

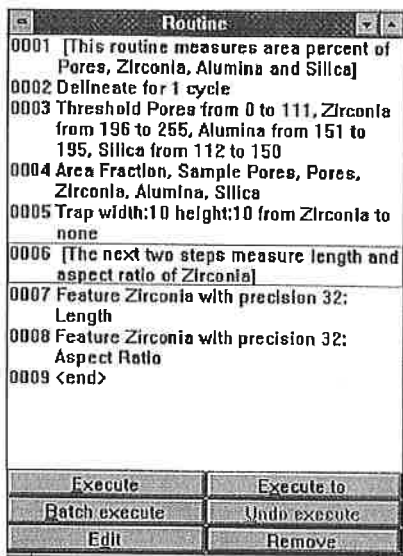
### A képfeldolgozás lehetőségei

A felhasználók egyik legnagyobb segítsége az egyes feladatokhoz kidolgozható Rutin (Routine)-rendszer. Ez tulajdonképpen egy automatikus szoftver-makro programíró rendszer. A rutin végigköveti a képfeldolgozás közben végrehajtott lépéseket. Ezeket a lépéseket kilistázza egy ablakban (3. ábra); ennek alapján követhetővé válik, milyen lépések vezettek egy-egy kép kiértékelésénél az eredményre.

A rutinok automatikusan, vagy lépésről-lépésre újból lejátszhatók, szerkeszthetők, nyomtathatók. Ezáltal biztosítják a mérések dokumentálhatóságát és megismételhetőségét. A munkát különösen megkönnyíti, hogy a gyártó cég már előzetesen beépít minden olyan rutint (kb. 100–200 db), amely mérés a nemzetközi gyakorlatban előfordul.

#### A képfeldolgozás alapjai

A rendszer a valóságos kép szűrőeségfokozatát képes 256 lépcsőben megkülönböztetni. Ez a digitális képfeldolgozás alapja. Minden olyan képrészletet lehetséges kiértékelni, amely között megfelelő szűrőeségkülönbség létrehozható. A szűrőeségfokozatokat különböző színekkel helyettesítve létrehozható a digitális színes kép. Az így előállított digitális kép tovább javítható. Különböző logikai műveletekkel elválaszthatók a közelálló szemcsék, pontosan megajzolhatók a szemcse-



3. ábra. A felhasználó rutinsor a terület-méréshez

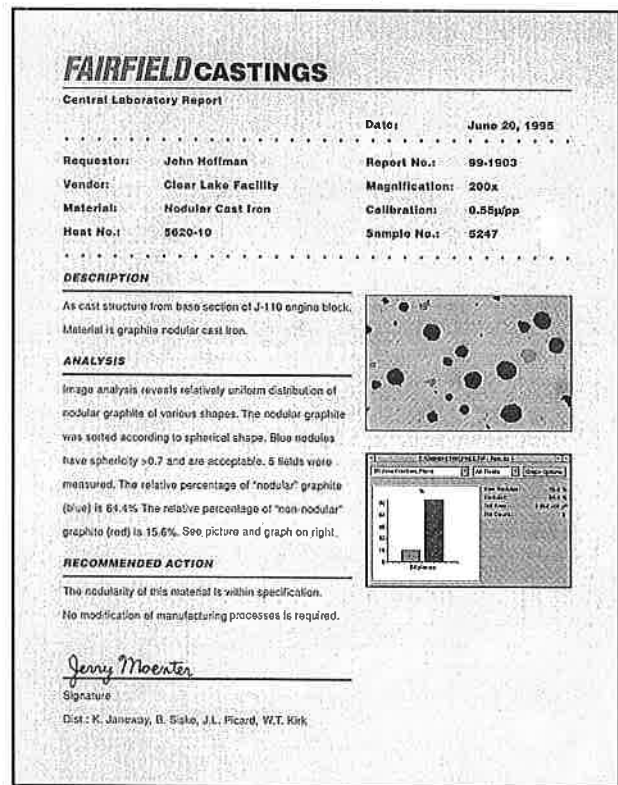
határok, kijelölhetők területek, statisztikailag különválaszthatók a különböző vonalmenti vagy területi méretelosztások szabadon megválasztva a méretcsoportok határait.

#### Mérési lehetőségek

A matematikai logikai műveletek eredményeképpen a következő mérések végezhetők el:

- hossz-mérés
- darabszám meghatározása
- zárt görbék (pl. szemcsék) kerületének, területének a mérése
- vonalmenti méretelosztás
- darabszám-, hossz- és területarányok összehasonlítása
- méret szerinti csoportosítás a kijelölt határok és jellemzők szerint
- szög-mérés (irányítottság)
- körkörösség
- anizotropia mérése
- vastagságmérés

Az elvégzett mérések megjeleníthetők grafikus vagy numerikus formában. Az itt képzett adatok megfelelő, (szabadon alakítható) jegyzőkönyv formátumba rendezhetők (4. ábra).



4. ábra. Szabadon megszerkeszthető jegyzőkönyv beilleszthető ábrákkal, grafikonokkal

#### Példák a képfeldolgozással megoldható feladatokhoz

Sajnos a folyóirat fekete-fehér képeket tud megjelentetni, ezért a szoftver lehetőségeinek csak korlátozott bemutatására van lehetőség (a cikk bővített, színes változatát szívesen megküldjük az Interneten. E-mail: grimas@mail.mata.vu.hu)

A következő oldalon bemutatunk néhány alkalmazási lehetőséget.

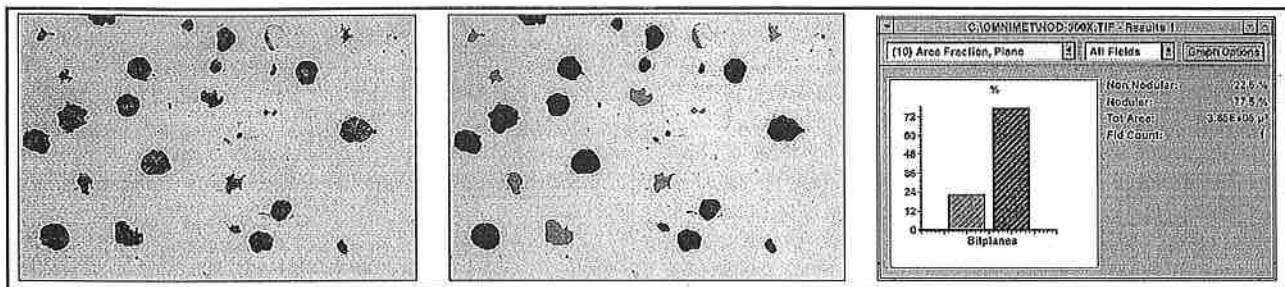
#### Kisegítő lehetőségek

Az OMNIMET-rendszer nem helyettesíti a szaktudást, még a legtapasztaltabb metallográfusokkal is előfordulhat, hogy segítség nélkül nem sikerül megoldani az adott feladatokat.

Ez esetben a Buehler cég szakemberei egy hot-line szolgáltatást biztosítva segítenek a problémát közvetlenül a felhasználó gépén megoldani. Erre szolgál a rendszer azon modemje, amely közvetlenül rálátási lehetőséget biztosít a felhasználó számítógépes rendszerére.

## Gömbösödés vizsgálata

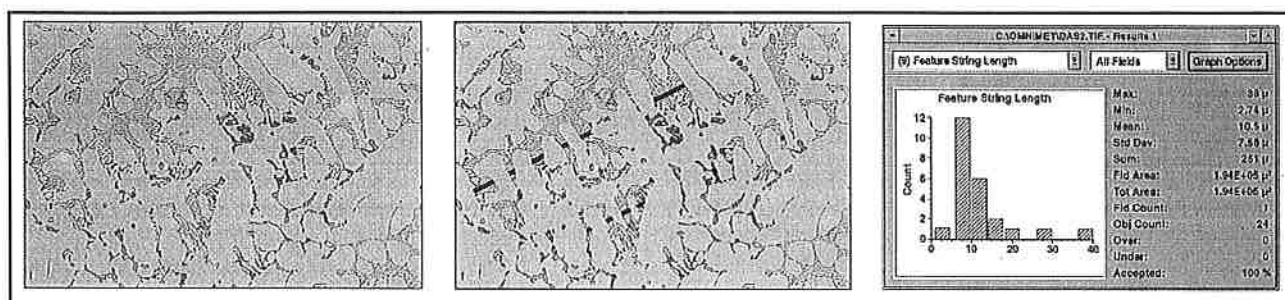
Fontos jellemzője a gömbgrafitos öntvényeknek a grafit alakja. A képiértékelés során lehetőség van a formájuk szerint szétválasztani a grafit szemcséket. A statisztikus kiértékelés mutatja a gömbösödés arányát (5. ábra).



5. ábra. A gömbgrafit alak szerinti elemzése. a) szövetkép (maratlan), b) a gömbtől eltérő grafit szemcsék kijelölése színnézővel (itt szürke) és c) a relatív előfordulások aránya %-ban (pl. 22,5%)

## A dendrites kristályszerkezet jellemzése

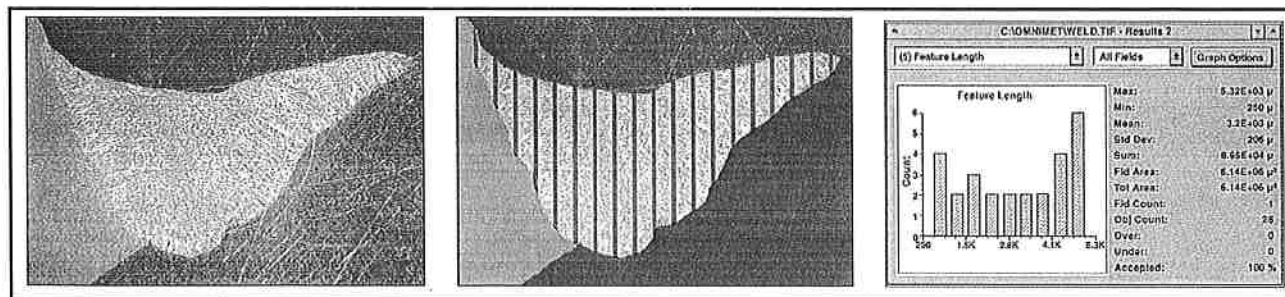
A hipoeutektikus alumínium-öntvények szilárdsági tulajdonságait a dendritszerkezet milyensége jelentősen befolyásolja. A dendrites kristályszerkezet finomságát a dendritágak növekedés-irányú távolságával jellemezhetjük (átlagértékével és szórásával). Erre mutat példát a 6. ábra.



6. ábra. Alumínium-öntvény dendritszerkezetének elemzése. a) a hipoeutektikus öntött szerkezet (maratott), b) az alumínium-dendritágak növekedés-irányú távolságainak kijelölése és c) statisztikus értékelése.

## Hegesztési varrat jellemzése

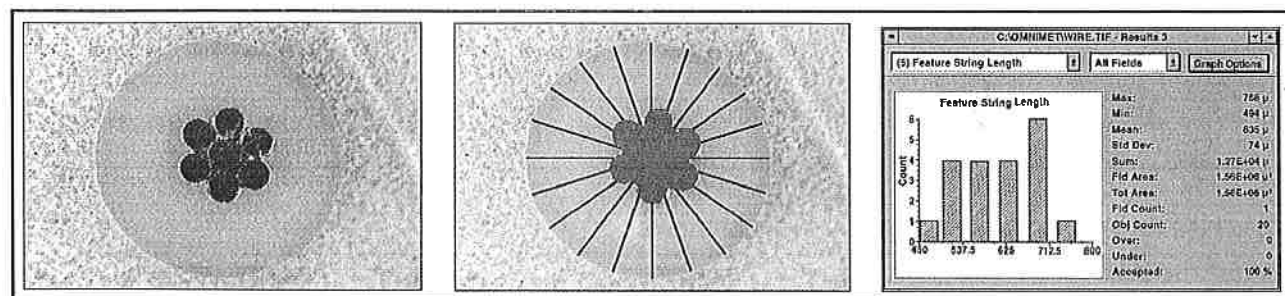
A hegesztési varrat fontos jellemzője lehet a varrat geometriai kialakítása. A képelemzővel lehetőség nyílik többek között pl. az ömledék méreteinek ellenőrzésére párhuzamos vonalak feltüntetésével (7. ábra).



7. ábra. Hegesztési varrat ömledékzónájának méretellenőrzése metszetvonalas statisztikával.

## Huzalköteg szigetelési vastagságának ellenőrzése

Sok esetben előfordul különböző gyártmányok szimmetriájának, körköröségének és központosságának mérése. A 8. ábrán egy huzalköteg szigetelési rétegének ellenőrzővizsgálatát mutatjuk be. A statisztikus kiértékelésben jól láthatóak a vastagságtérletek.



8. ábra. Műanyagszigetelésű rézkábel ellenőrzése metszetvonalas statisztikával.

# Számítógéppel segített röntgenképkezelés és feldolgozás

Széles Zoltán\*

Bizonyára többünkben felmerült a gondolat: jó lenne, ha a röntgen-filmeket nem kellene minden egyes javítási ciklusban újra kézbe venni összehasonlítás céljából. Erre ad egy megoldást a következőkben ismertetett módszer, amit diplomatervezésem félévében dolgoztam ki Hollandiában, egy Tempus ösztöndíj támogatásával. A rendszer tulajdonképpen egy automatikus filmelőhívó és szárító berendezésből, képdigitalizálóból és a vezérlő számítógépből áll. Ezen cikk csak a képdigitalizálással kapcsolatos készülékekkel kíván foglalkozni.

A digitalizáló egy Perkin-Elmer Microdensitometer GM1010 típusú készülék. Bár ezt a gépet 1977-ben fejlesztették ki, az akkori legfejlettebb technológiát tartalmazza, de nagyon pontosnak és megbízhatónak bizonyult.

## A képfeldolgozó rendszer felépítése

A rendszer két fő egységből áll: a digitalizáló mikrodenzitométerből, és egy személyi számítógépből (486dx266 kompatibilis számítógép).

### Mozgásrendszerek

A digitalizáló gép, felépítését tekintve, a manapság is használatos nagy pontosságú mérőgépeknél alkalmazott csiszolt gránitágyakat, és állványrendszert tartalmazza. Az egyik gránitvezetéken mozog a tetőszölegesen forgatható üvegasztal, ami a röntgenfilm befogadására alkalmas. A filmet két csiszolt üveglemez közé kell helyezni és leszorítani. A maximális képméret, amit még fel tud a gép dolgozni: 254x254 mm.

A másik gránit vezetéken mozog a nagy felbontású optika, és a fény érzékelésére és erősítésére alkalmas fotoelektronsokszorozót. Ez a viszonylag nagy feketedésű filmet átvilágító fény intenzitásával arányos jelet szolgáltatja. Az egyes ágyazatokon nagy felbontású digitális fényinterferenciás jeledők találhatók, amelyek gondoskodnak a mikroprocesszor rendszer számára az út- és sebesség- információk létrehozásáról.

### Optika és érzékelők

Az optikai rendszer gyakorlatilag két alegységből épül fel. Külön egység a megvilágítás optikája, és az érzékelő rendszer optikája. A két optikai rendszer kis eltéréssel megegyezik. Mindkét optikát a megfelelő beállítás érdekében azonos apertúra méretre és nagyításra kell beállítani. Az apertúra alakok (kör, négyzet és téglalap) közül is lehetőség van a legkedvezőbb kiválasztására. A nagyítás és apertúra alakok kiválasztásával a következő felbontások érhetők el [2]:

| Apertúra<br>(alak) | Nagyítás               |                         |                            |                          |
|--------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                    | 1 (50x)                | 2 (100x)                | 3 (150x)                   | 4 (200x)                 |
| A (kör)            | Ø20 µm                 | Ø10 µm                  | Ø6.67 µm                   | Ø5.0 µm                  |
| B (négyzet)        | 20 µm <sup>2</sup>     | 10 µm <sup>2</sup>      | 6.68 µm <sup>2</sup>       | 5.0 µm <sup>2</sup>      |
| C (négyzet)        | 50 µm <sup>2</sup>     | 25 µm <sup>2</sup>      | 16.7 µm <sup>2</sup>       | 12.5 µm <sup>2</sup>     |
| D (téglalap)       | 10x200 µm <sup>2</sup> | 5.0x100 µm <sup>2</sup> | 3.3x66.7 µm <sup>2</sup>   | 2.5x50 µm <sup>2</sup>   |
| E (téglalap)       | 10x400 µm <sup>2</sup> | 5.0x200 µm <sup>2</sup> | 3.3x133.3 µm <sup>2</sup>  | 2.5x100 µm <sup>2</sup>  |
| F (téglalap)       | 30x400 µm <sup>2</sup> | 15x200 µm <sup>2</sup>  | 10x133.3 µm <sup>2</sup>   | 7.5x100 µm <sup>2</sup>  |
| G (téglalap)       | 50x200 µm <sup>2</sup> | 25x100 µm <sup>2</sup>  | 16.7x66.7 µm <sup>2</sup>  | 12.5x50 µm <sup>2</sup>  |
| H (téglalap)       | 50x400 µm <sup>2</sup> | 25x200 µm <sup>2</sup>  | 16.7x133.3 µm <sup>2</sup> | 12.5x100 µm <sup>2</sup> |

\*Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék, 1521. Budapest

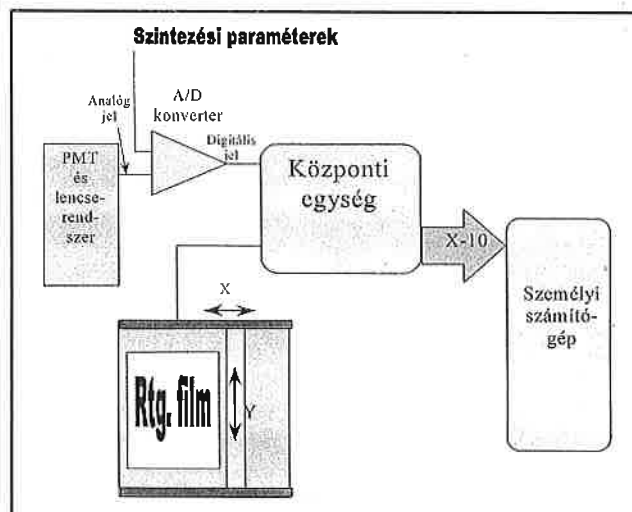
A két optikai rendszer fényrekesztését természetesen fedésbe kell hozni a két finom beállító csavar segítségével.

A gép nem csak érzékelésre alkalmas, hanem képes a fényérzékeny filmre a megfelelően beállított optikával írni is. E módszerrel lehet a gépet kalibrálni, vagy nagy felbontású képet készíteni. Erre a célra a gyártónak létezik egy ún. *mesterfilmje* az érzékelők és az optika kalibrálására, továbbá a rendszer mellé adott egy fájlt, hogy ha szükséges, akkor a *mesterfilmet* létre is tudjuk hozni.

### Mikroprocesszoros rendszer

A rendszer két fő egységből épül fel: a digitalizáló egységből, és a tároló, vezérlő személyi számítógépből. A digitalizáló egység az 1997-es technológiát tükrözi [2]. A rendszer 6810 CPU-n alapszik, ez szolgálja ki a portokat, a szervo hajtásokat és fogadja a képről érkező digitális információkat.

A rendszer a fotoelektronsokszorozó csőről (PMT) érkező információkat egy 12 bites analóg-digitális konverterbe vezeti. Természetesen lehetőségünk van arra, hogy a PMT-ről érkező analóg jeleket különböző szinteltolási módszerekkel beállítsuk, skálázzuk, hogy a lehető legjobban kihasználjuk a 12 bit felbontást. Kiválaszthatjuk a mérési tartomány valamelyik részét, és az azon belüli jelérték változásokat skálázzuk. A logaritmikus skálát használjuk, ha pl. a sötétebb részeket akarjuk érzékelni – tipikusan a röntgenfilmek –, lineáris skálát alkalmazunk, ha világosabb a film (ezt ritkán alkalmazzuk). Az így kialakult 12 bites digitális adatfolyam, 16 bitesre kiegészítve, a rendszer saját belső memóriájába kerül, s ennek a memóriának a mérete korlátozza gyakorlatilag az egy sorban digitalizálható pontok számát (15360 pont). Amikor a rendszeren belül lehetőség adódik – ilyen eset, amikor a nem digitalizálási főirányba halad az optikai érzékelő a filmhez képest – akkor egy X-10 szabványú interfészen keresztül a CPU elküldi a külső vezérlő számítógépbe az adatokat, és azokat eltárolja a saját merevlemez háttértárolójára. A gép 0.00D – 4.09D sűrűségi számmal jellemzett képeket képes digitalizálni. A rendszer felépítését mutatja az 1. ábra.

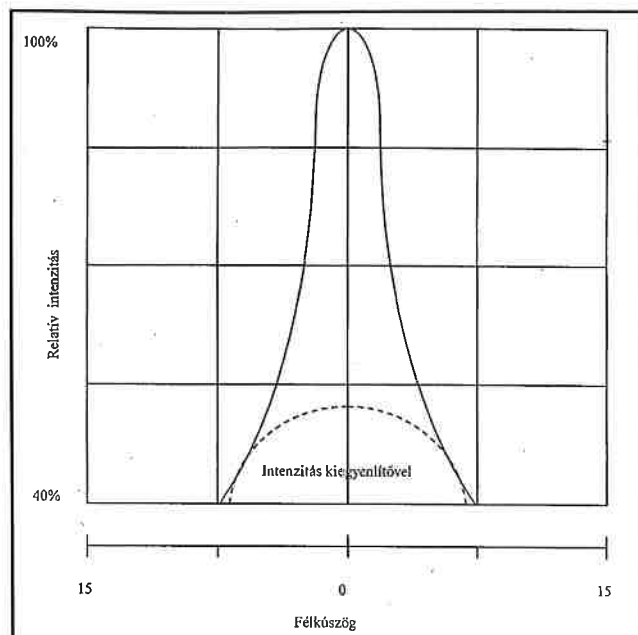


1. ábra

A tárolt adatokat ezek után egy egyszerű programmal már lehet konvertálni a hagyományos foto fájl típusok valamelyikébe (pl. bmp, tif stb.). Lehetőség van egy tetszőleges foto fájlt a mikrodenzitométer számára konvertálni, és a már említett módon írni a fényérzékeny filmre 4096 (azaz 2<sup>12</sup>) különböző árnyalatban és intenzitással.

## Mérési eredmények

A mérési sorozatban a 2 MeV-es Gammaatom Linatron 200 lineáris gyorsítóval, és az Andrex MX-4 mikrofókuszú röntgenforrással készültek a képek. Az eredmények azt mutatták, hogy javul a hiba észlelhetősége, ha a sugárforrás mindinkább pontszerű és közeledik a hibahelyhez, azaz minél kisebb a távolság a sugárforrás és film között. Az ok igen egyszer-



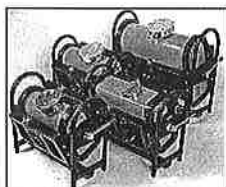
2. ábra. Az intenzitás változása intenzitás kiegyenlítővel és nélküle

rű, a röntgensugár erőssége a távolság növekedésével csökken. Így gyakorlatilag a filmen a fektetésre nézve egy gömbszelet vetület alakul ki, azaz a film közepén –, a mérési eredmények ezt bizonyítják – 0,2D-vel [1] feketébb a kép, mint a film szélén. Az egyenlő fektetésű trajektoriák koncentrikusan helyezkednek el. Ez problémát jelent a hiba detektálásában, mert egy esetleges hiba a 0,2D-s tartományban található. Megoldás: a röntgensugár intenzitásváltozásának a kompenzálása. Ez lehetséges direktén a sugárkúpa helyezett lemezzel, – de ez még nem ad teljes megoldást [3] 2. ábra, és lehetséges szoftverből egy speciális intenzitás-korrigáló felülettel.

További problémát jelent a megfelelő fényrekesz (apertura) beállítása. Mérési eredményekkel bizonyítható, hogy a finom szemcsészetű film esetében nem szükséges, és nem is lehetséges 10  $\mu\text{m}^2$ -nál kisebb területű fényrekeszrel dolgozni, mert a PMT igen érzékeny már ebben a tartományban, azaz nem kedvez a PMT érzékenysége, ha a fényrekesz mérete összemérhető a film szemcséinek méretével. Ennek oka a PMT-ben rejlik, mivel a beérkező nagyobb intenzitású fényre gyorsabban reagál, mint a fényintenzitás-csökkenésre. Ez a tulajdonság határt szab az elérhető felbontásban, és a digitalizálási sebességre is. Ezen cikk keretei sajnos nem engedik meg, hogy bővebben ismertetésre kerüljenek a mérési módszerek. [1]

## Irodalom

- [1] Computer aided processing in non-destructive testing (X-ray Image Processing on Perkin-Elmer Microdensitometer GM1010) M.Sc. thesis by Zoltán Széles Technical University of Budapest 1997.
- [2] Technical manual installation, operation, and maintenance instructions for the Micro-10 Microdensitometer System. Publication No. TM 169B250 July, 1983.
- [3] Varian Linatron, High Energy X-ray Application for Non-destructive Testing, Publication No. RAD 1936D August 1992.



### IPARI RÖNTGENKÉSZÜLÉKEK:

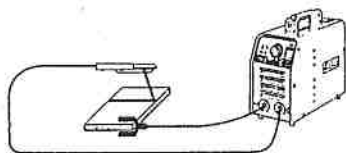
- vonalsugárzók
- körsugárzók

### Fogászati röntgenkészülékek

- panoráma felvételhez
- egy fog felvételre alkalmas kisméretű és súlyú készülék

### HEGESZTŐGÉPEK:

- Ívhegesztő trafók, INVERTEREK (5–15 kg)
- Egyenfeszültségű hegesztőkészülékek
- CO<sub>2</sub> védőgáz, fogyóelektródás készülékek
- ARGON védőgáz AWI/TIG készülékek
- Plazmavágók
- Ponthegeztők
- Hidegindítók – Akkutöltők
- Kistranszformátorok
- Elektródák
- Fogyó- és kopóalkatrészek



**SZERVIZÜNK a javításokon felül díjmentes tanácsadással szolgál**

#### Alkatrészek:

1078 Budapest, István u. 10.  
Telefon: 342-5338, 322-1459  
Fax: 342-9179

#### Címünk:



#### Szerviz:

1078 Budapest, Nefelejcs u. 45.  
Telefon: 322-3011, 351-7710  
Fax: 342-9179

**Publikáljon,  
hirdessen az  
Anyagvizsgálók Lapjában!**

**Zwick**

Materialprüfung  
SENSELEKTRO Kft.  
Vörösmarty u. 33  
1064 Budapest

*Mérés Intelligenciával*

- ☆ Univerzális vizsgálóberendezés
- ☆ Erő, nyúlás és elmozdulás egzakt mérése
- ☆ „testXpert” az első szoftver, mely a vizsgálatot végzővel együtt gondolkodik, kezelése gyerekjáték

**További információ:**

☎ 36 1 34 27 - 982  
☎ 36 1 28 48 - 180

“Érlelődő” sikerek az Instronnál:

## Különleges élelmiszerállomány-vizsgáló rendszer

**Mikor kell a gyümölcsöt leszedni** a növényről ahhoz, hogy “frissen szedett” állapotban kerüljön a szupermarketek polcaira?

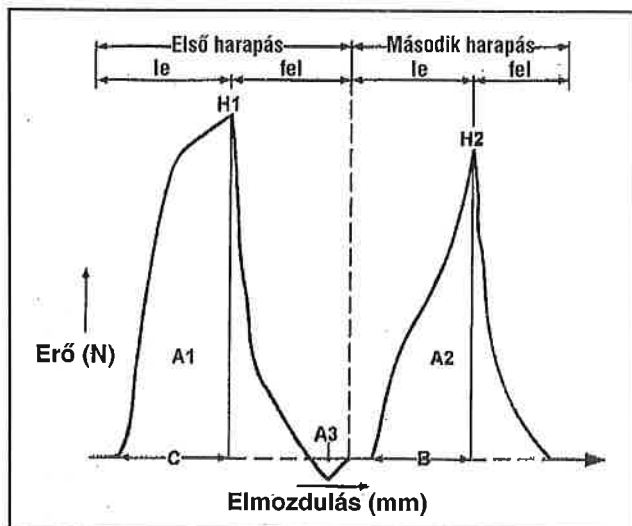
A vásárlók nap mint nap végeznek egy egyszerű vizsgálatot a megvásárolni kívánt gyümölcs vagy zöldség minőségének a megállapítására: megnyomják ujjukkal a felületét. Ha kemény, általában a vásárlás mellett döntenek; ha kissé puhább, a kérdés az: mikor kell elfogyasztani azt, illetve szabad-e egyáltalán megvásárolni.

Manapság a versenypiaci helyzetben az élelmiszer-termelőknek pontosabb módszerre van szükségük ahhoz, hogy megbecsülhessék az élelmiszer állományát (szerkezetét) az érlelés, a tárolás, a szállítás és árusítás alatt. Minden szakaszban mérni kell a gyümölcs héjának, húsnak, magjának a keménységét az elérhető legnagyobb bevétel érdekében.

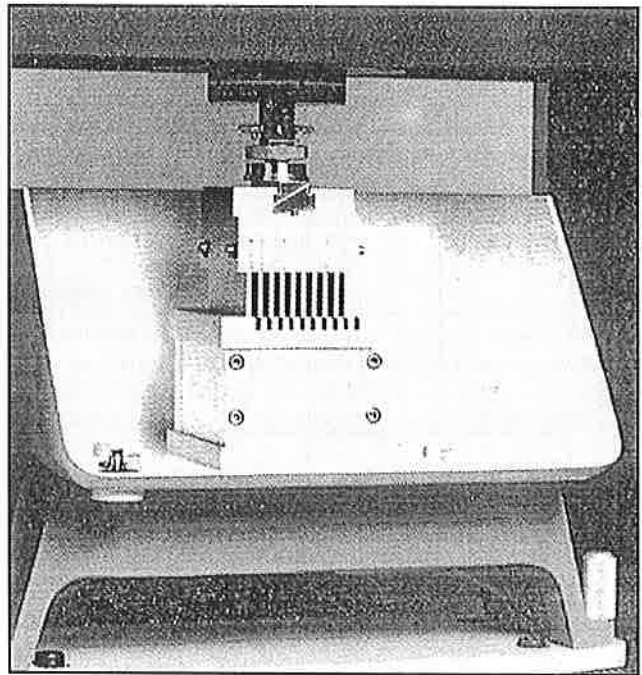
Az élelmiszerállomány-vizsgálat tudományos párhuzamban van az érzékszervi és a nem érzékszervi vizsgálatokkal. A vizsgálatokat úgy tervezik meg, hogy szoros korreláció legyen az egyszerű elveket alkalmazó érzékszervi vizsgálati módszerekkel. A vizsgálati adatokat a termék frissességének, kezelése ellenőrzési paramétereinek és a vevők elvárásainak a meghatározásához használják fel. Számos elvégezhető vizsgálat létezik, és több, mint 30 éves tapasztalat az élelmiszerek tesztelésében. Az Instron cég minden egyes vizsgálati fajtára javasolni tud egy rendszert.

### A harapást szimuláló vizsgálat

Az Instron legújabb fejlesztése a **Texture Profil Analyser (TPA)**, azaz az **állományprofil-elemző** eljárás, amellyel a két egymást követő rágási ciklus erő-elmozdulás görbéjét (1. ábra) értelmezik. A rendszer egy Instron asztali, egyoszlopos terhelőkeret a megfelelő, az emberi száj működését, a rágást és a kisajtolást szimuláló több-betétes feltétellel (2. ábra). Ennek az 5500 sorozatszámú berendezésnek jó minőségű real-time szabályozású vezérlő-elektronikája van és a Windows környezetű Merlin szoftverje megadja a vizsgálati sorrend jellemzőit, gyűjti és elemzi a mérési adatokat. Ez a vizsgálati rendszer tehát az emberi száj rágóhatását szimulálja és a program az élelmiszer-állományra (a minta szerkezetére) jellemző néhány paraméterrel értelmezi az 1. ábrán is



1. ábra. A rágásszimuláció erő-elmozdulás diagramja



2. ábra. A Kramer-féle, több-betétes rágásszimuláló feltét

bemutatott erő-elmozdulás diagramot. A TPA-rendszer a Merlin és a TestProfiler szoftvert használja, amely egy Windows környezetű vezérlő és adatkezelő csomag és az élelmiszerállomány-vizsgálat elméletét hasznosítja. A program real-time numerikus alapadat-kimenetet szolgáltat, amely a képernyőn grafika és numerikus formában jeleníti meg a folyamatot.

Az egyenlőre még különlegességnek számító, kompakt felépítésű Instron TPA-rendszer egyesíti a közelmúlt legújabb mechanikai, elektronikai és szoftverújításait – még az ezredforduló utáni dátumokat is kezelni tudja. A rendszert úgy tervezték meg, hogy rugalmasan megvalósítható és elemezhető legyen csaknem minden fajta élelmiszerállomány-vizsgálati eljárás. Ehhez az előre megtervezett tesztfájlok széles választéka áll a felhasználók rendelkezésére. A rendszer elegendően rugalmas ahhoz, hogy más, az élelmiszerhez közelálló vizsgálatok elvégzését is lehetővé tegye, mint például csomagolóanyagok hántoló-, szakító-, sajtolóvizsgálatát. A rendszer előnye még, hogy a megkapott eredményeket egy másik szoftverbe szabadon exportálhatjuk további kiértékelés céljából (pl. Microsoft Excel). A Merlin szoftver kezelése igen egyszerű, felhasználóbarát és minden menüpontban on-line help áll a kezelő rendelkezésére. Ha a help-ben kapott részletes segítség sem lenne célra vezető, úgy az Instron Extra Support csoportja igyekszik segíteni a felhasználónak, illetve a hazai képviselő szakemberei is segítenek a problémák megoldásában.

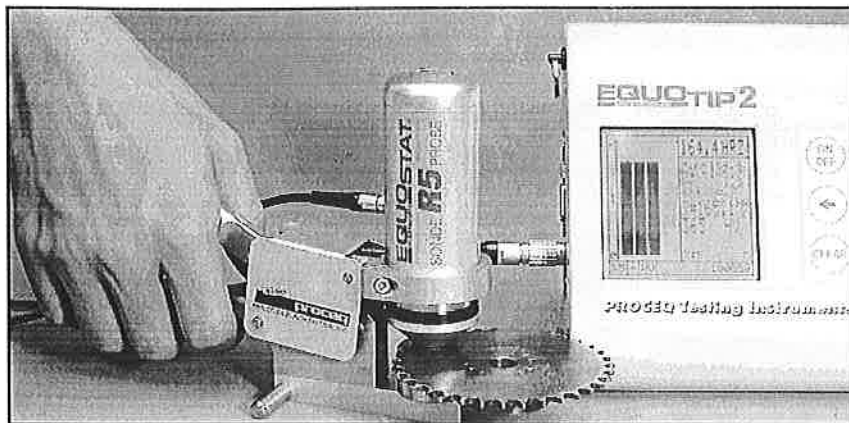
Az Instronnál minden tervező-, fejlesztő- és gyártófolyamat házon belül történik, ezáltal biztosítani tudják a kiváló minőséget és a megbízhatóságot. Az erőmérőcella gyártását és fejlesztését is az Instronnál végzik, mitöbb a DSP (Digital Signal Processor) kifejlesztése is a cég büszkesége, amely egy igen fejlett adatgyűjtő rendszer alapja, tulajdonképpen a berendezés lelke. Valamennyi csatornán képes egyidejűleg megvalósítani a szinkron adatgyűjtést egészen 500 Hz frekvenciáig.

(Forrás: Instron tájékoztató)

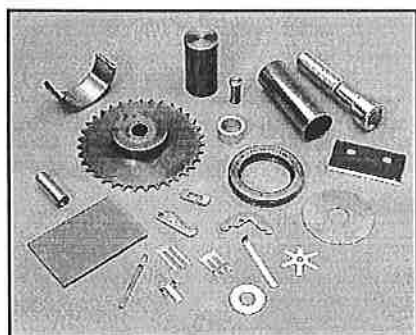
## Az Equostat keménységmérő készülék

Az Equostat hordozható keménységmérő a statikus Rockwell-eljárás elvén mér, és kifejezetten a kis tömegű, lapos, vékony, illetve kis

átmérőjű, esetleg vékonyan bevont alkatrészek felületi keménységének gyors és megbízható meghatározásához fejlesztették ki (1. és 2. ábra).



1. ábra. Keménységmérés az Equostat készülékkel



2. ábra. A mérhető alkatrészek jellemző típusai

Így az Equostat készülék ötletes kiegészítője az egyetlen szabványosított, dinamikus elven mérő Equotip készüléknek, (lásd Anyagvizsgálók Lapja 1997/1-2. pp. 46-47.).

Az Equostat R5 mérőfej ugyanis csatlakoztatható az Equotip 2 típusjelű jelfeldolgozó, kijelző egységhez (1. ábra), azaz a mérőfejek cseréjével egy készülék két mérési eljárást egyesít magában.

Az Equostat mérési elvét lépésenként a 3. ábra szemlélteti. A szűrőszerszám gyémántkúp. Az Equostat R5 mérőfejjel a teljes terhelés:  $F = 50$  N. Az ábra jelöléseivel a HRZ-vel jelölt keménység értéke a maradó benyomódás-különbségből ( $DD5 = t_1 - t_0$ ) a

$$HRZ = 200 - \frac{t_1 - t_0}{0,8}$$

összefüggéssel számítható.

Az Equostat R5 mérőfejre és a használatára jellemző adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

Az Equotip 2 készülék felismeri és ki is jelzi a hozzácsatlakoztatott különböző dinamikus mérőfejeket csakúgy, mint az Equostat R5 mérőfejet és automatikusan mérőfunkcióba kapcsol. A néhány kezelőgombbal (4a. ábra) a nagyméretű LCD-kijelzőn megjelenített információsoron (4b. ábra) előválaszthatjuk a mérés körülményeire (pl.: átmérő-korrektúra), a kiértékelésre (pl.: az együtt értékelt mérések száma) és az átszámításra (pl.: HRZ-ről HRC-re) vonatkozó jellemzőket. Az előválasztott beállítások a tudatos módosításig megmaradnak a készülék kikapcsolását követően is.

A mérés üzemmódban a kijelzőn (4c. ábra) áttekinthetjük

- a HRZ keménység utoljára mért értékét;
- az együtt kezelt adatok statisztikáját: a legkisebb (min), a legnagyobb (max) értéket, a terjedelmet (R), a szórást (s) és a középértéket ( $\bar{x}$ , HRZ);
- a HRZ középértékből az előválasztott (pl.: HRC) keménységre átszámított értéket. Az előválasztható keménységek: HV, HB, HRC, HRB és HR15N.
- a mérések és az egymást követő méréssorozatok számát;
- méréssorozatanként az  $\bar{x}$  átlagértéket, és az egymást követő sorozatok hasábdiaagramját.

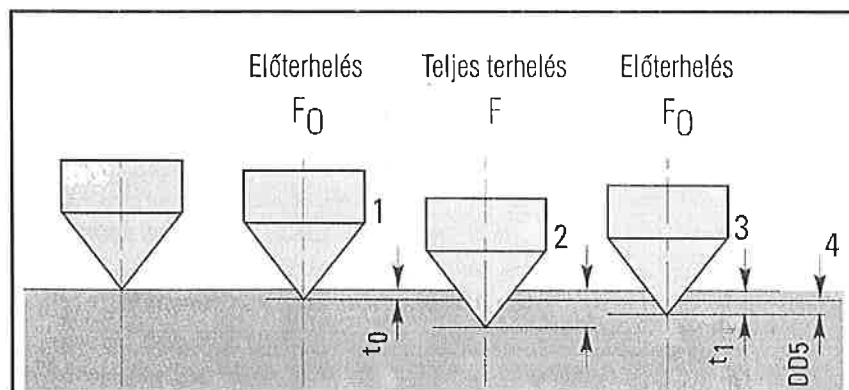
Az Equotip 2 egység műszaki jellemzőit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Az Equostat R5 mérőfej műszaki adatai

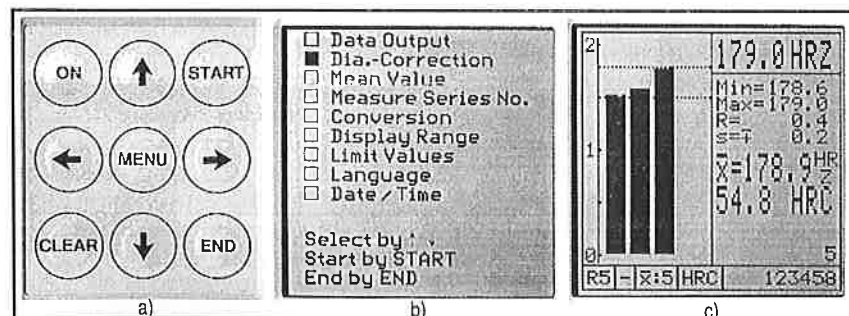
|                                                        |                |
|--------------------------------------------------------|----------------|
| Mérési tartomány:                                      | HRZ: 20 - 195  |
| és átszámítással:                                      | HV: 21 - 1003  |
|                                                        | HB: 20 - 691   |
|                                                        | HRC: 21 - 70   |
|                                                        | HRB: 27 - 107  |
|                                                        | HR15N: 58 - 94 |
| A teljes terhelés:                                     | 50 N           |
| A gyémántkúp benyomódása puha anyagokba kb. 80 $\mu$ m |                |
| kemény anyagba kb. 15 $\mu$ m                          |                |
| A vizsgálható tárgy jellemzői:                         |                |
| vastagsága min. 0,2 - max. 26 mm                       |                |
| átmérője min. 3 mm pl.: csap                           |                |
| belső átmérője min. 116 mm pl.: cső                    |                |
| felületi érdessége N6, RA = 0,8 $\mu$ m                |                |
| bevonatának vastagsága min. 0,1 mm                     |                |

2. táblázat Az Equotip 2 műszaki jellemzői

|                                   |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Csatlakozók:                      | az Equostat R5 mérőfej, valamennyi Equotip dinamikus mérőfej, RS 232 C interfész, szabványos hálózati tápegység: 9 V=; 0,2 A                                                                               |
| Tápellátás:                       | 6 db 1,5 V-os ceruzaelemmel LR6 kb. 60 üzemóra                                                                                                                                                             |
| A működés hőmérséklet-tartománya: | 0...+50 °C                                                                                                                                                                                                 |
| Adattárolás:                      | nem felejtő memória kb. 5000 mért érték; beépített szoftver az adatok on-line megjelenítésére szabványos nyomtatón; a teljes adattár átvitele WINDOWS-on keresztül PC-re (pl.: EXCEL táblázatol formában). |
| Dátum/Idő:                        | a méréssorozattal együtt tárolva.                                                                                                                                                                          |



3. ábra. Az Equostat mérési elve; a szűrőszerszám benyomódása: 1 – az előterhelés után, 2 – a főterheléssel megnövekedett, azaz a teljes terhelés alatt és 3 – a főterhelés megszüntetését követően



4. ábra. Az Equotip 2 egység egyszerűen kezelhető tesztatúrája (a) és jellemző kijelzései (b, c)

(Forrás: Proceq SA. tájékoztató)

## A DeFelsko fejlesztési trendje a bevonatvastagság-mérés területén

A fémes alapra felvitt bevonatok vastagságának a megméréséhez a gyakorlatban két jól ismert elven mérő készülékeket használnak. A mágnesezhető alapra (pl. acélra) felvitt bevonatok (pl. festék, zománc, króm, cink...) vizsgálatánál a mágneses indukciós elv, míg a nem mágnesezhető alapra (pl. alumínium, réz) felvitt bevonatok (pl. festék, epoxi...) mérése esetén az örvényáramos elv terjedt el. Az ilyen elveken mérő készülékek jó néhány éve a piacon vannak. Napjainkban a fejlesztés elsődlegesen három területre terjed ki:

1. Olyan szondák kifejlesztése, amelyekkel az egészen kis illetve a nagymértékben görbült felületeken is meg lehet mérni a bevonatok vastagságát.

2. A bevonatvastagság alsó ( $50\text{ }\mu\text{m}$  alatti) tartományában is megbízhatóan mérő készülék kifejlesztése.

3. A mért adatok statisztikai, számítógépes feldolgozása és megjelenítése.

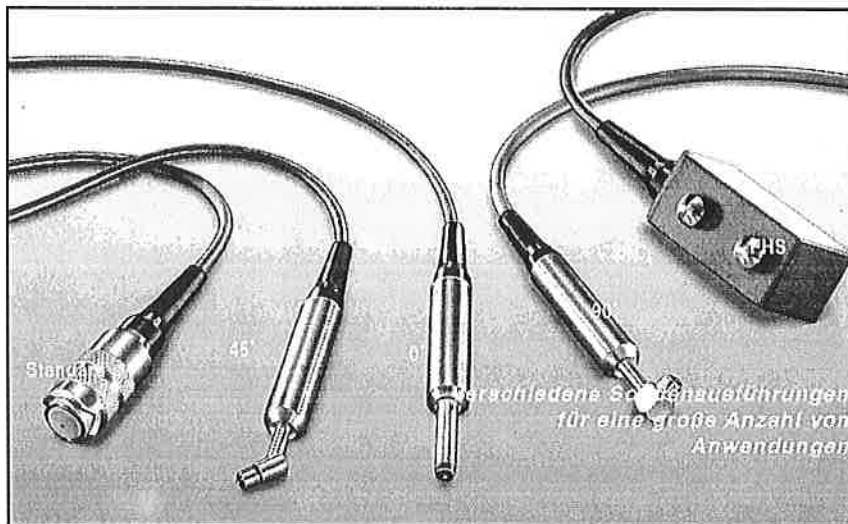
A DeFelsko (Positector\*) cég legújabb 6000 sorozatszámú készülékei (l. a címtáblát) már az ez irányú fejlesztések eredményeit hordozzák. A felhasználók a hagyományos kivitelű mérőkészülékek mellett az új megoldások közül is választhatnak.

A készülékek kiválasztásának korábbi szempontjai megmaradtak, nevezetesen:

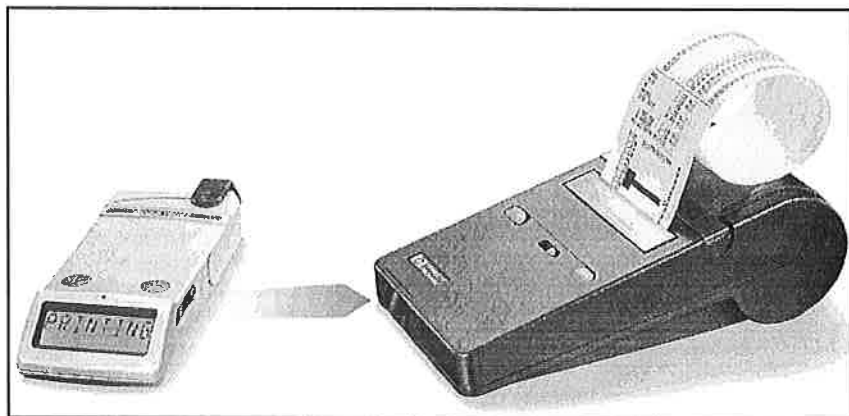
- mágnesezhető (Fe), vagy nem mágnesezhető (NFe), vagy mindkettő (Fe/NFe, ún. dual) alapon kell-e mérni;
- önálló (vezetékes) vagy beépített szondás kivitel;
- a méréstartomány szerinti választás;
- alakkivitel (ami csak mér), vagy statisztikával ellátott kivitel (min/max, átlag, szórás), vagy az előzők mellett RS 232 kimenettel, PC-kábellel és kiértékelő szoftverrel ellátott ún. memóriás kivitel.

A legújabb 6000 sorozatszámú mérőkészülékek kiválasztási szempontjai a következőkkel bővültek:

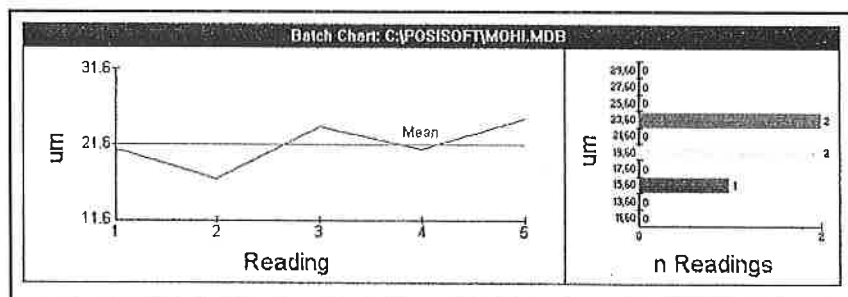
- Szondaválasztás a mérési feladattól függően. A normál kivitelű,  $8,6\text{ mm}$  szondafej átmérőjű készülékek a sík vagy síkszerű és kb.  $10\text{ mm}$  mérési átmérőnél nagyobb felületekhez használhatóak. Az ennél kisebb vagy görbült felülethez az új mikroszondát kell alkalmazni. A mikroszonda fejátmérője  $4\text{ mm}$ , és  $0$ ,  $45$  és  $90$  fokos geometriával gyártják a jobb mérési hozzáférhetőség érdekében (1. ábra). A mérés ezen szondákkal némi gyakorlatot igényelnek. Gondosan ügyelni kell arra, hogy a szonda merőlegesen és tömegének megfelelő erővel érintkezzen a mért felülettel.



1. ábra. A DeFelsko 6000 készülékhez csatlakoztatható mérőszondák



2. ábra. Adatátvitel infraladóval



3. ábra. Adatfeldolgozás PC-vel

A DeFelsko új mérőszondákat fejlesztett ki a vékony és a vastag bevonatok méréséhez. Ezek közül a mágnesezhető alapon  $20\text{ mm}$ -ig 1 mérő FHS jelű (1. ábra) és a nem mágnesezhető alapon  $50\text{ }\mu\text{m}$  felső határig mérő szondákra hívjuk fel a figyelmet.

Felhasználói igények indukálták azt, hogy a mért értékek már a helyszínen kiértékelhetők és kinyomtathatók legyenek. Ennek megfelelően a memóriás kivitelű készülékekbe infraladót építettek be, amely a helyszíni numerikus és statisztikus kiértékelést és nyomtatást segíti

(2. ábra). Természetesen a mért értékek PC-s feldolgozása továbbra is adott (3. ábra). Ennél a verzióknál az  $5000$  adat ( $100$  csoportban) tárolásra alkalmas memória is külön említést érdemel.

A gyártó nem változtatott a jól bevált kétgombos menüvezérelt kezelési szisztémán. Ennek előnyeit felhasználóink visszajelzései is igazolják.

További információkkal a készülékek hazai forgalmazója, a TESTOR BT. szolgál.

Mohácsi Gábor

\*A DeFelsko készülékek egyes országokban Positector márkajelzéssel kerülnek forgalomba.

# ANYAGVIZSGÁLAT

Műszerek, vizsgálóanyagok, szabványos  
(EN, ASME, stb.)  
ellenőrző és mérőetalon

- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| • REPEDÉSVIZSGÁLAT   | Magnaflux       |
| • UH VIZSGÁLAT       | Sonatest        |
| • TARTÁLYVIZSGÁLAT   | TMT             |
| • FALVASTAGSÁGMÉRÉS  | Sonatest        |
| • RÖNTGEN vizsgálat  | Philips         |
| • IPARI RÖNTGEN FILM | FUJI            |
| • METALLOGRÁFIA      | Wirtz-Buehler   |
| • MIKROSZKÓPOK       | Nikon           |
| • SZAKÍTÓGÉPEK       | Messphysik      |
| • KEMÉNYSÉGMÉRŐK     | Ernst           |
| • HŐMÉRSÉKLETMÉRŐK   | Comark          |
| • KRÉTÁK, MARKEREK,  | Nissen, Pentel, |

Az Ön partnere



## GRIMAS

Ipari Kereskedelem

Levélcím: 1214 Budapest, Erdősor u. 167.

Telephely: 1214 Budapest, Puli sétány 2-4.

Telefon: 420 5883 Fax: 276 0557

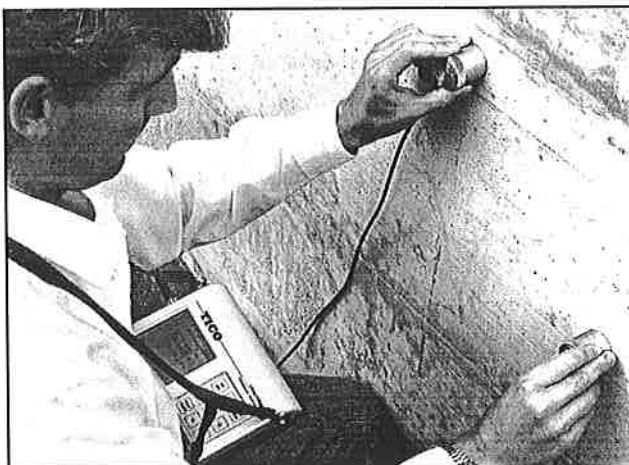
E-mail: grimas@mail.matav.hu

*Cégünk szakmai felkészültsége,  
nemzetközi kapcsolatai  
és sokéves tapasztalata segíti Önt  
a tervezéstől a megvalósulásig  
céljai elérésében.*

Tisztelettel meghívjuk a  
**Magyar Regula szakkiállításra**  
Budapest Sportcsarnok február 17-20.  
Stand: A 254

## Betonelemek vizsgálata ultrahanggal

Az ultrahang terjedési idejének mérésén alapuló roncsolásmentes vizsgálat jelentősége növekszik. Segítségével kimutatható az előregyártott és a helyszínen készített betonelemekben előforduló üregek, repedések, inhomogenitások és egyéb károsodások, például fagyási és tűzkárok, de adatokat kaphatunk a beton sűrűségéről, rugalmassági jellemzőiről és szilárdságáról.



Az ultrahangos mérésekkel az anyagjellemzőkre nyert információk megbízhatósága javítható az ún. kombinált módszerrel, amely az ultrahangos vizsgálatot a visszapattanás elvén mérő Schmidt-kalapáccsos vizsgálattal egészíti ki.

A svájci Proceq SA cég piaci újdonsága a **TICO ultrahangkészülék** (fotónk) alkalmas erre a kombinált vizsgálati gyakorlatra. A TICO készülék bemenő adatként kezeli a Schmidt-kalapáccsal mért R visszapattanási értéket, amelyet az ultrahangos mérés figyelembevételével átszámítja szilárdságra. Ennek optimális értéke a holland TNO széles körű vizsgálati adatbázisán alapszik.

A TICO készülék nagyméretű LCD-jén valamennyi lényeges adat megjelenik. A méréssorozat adatait a memória tárolja. A beépített szoftver lehetővé teszi az adatátvitelt WINDOWS-ban PC-re EXCEL táblázatos formában.

A TICO készülék 30 órán át működtethető 6 db LR6 típusú elemmel.

(Forrás: Proceq SA. tájékoztató)

Betonépítmények és -elemek  
roncsolásmentes  
állapotellenőrzéséhez  
a PROCEQ-készülékek  
korszerű választékának  
hazai forgalmazója:

## TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

## Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában

### 3. rész: A laboratóriumokban használt mérőeszközök minőségbiztosítása

Dr. Koczor Zoltán, Marschall Marcell

#### A méréses vizsgálatok szerepe

Az anyagvizsgálatokról megjelenő publikációkból úgy tűnik, mintha a vizsgálatok sikeressége csak a mérési elv helyes megválasztásán múlna. A tapasztalt gyakorlati anyagvizsgálók azonban tudják, hogy a mérések sikere a hétköznapiak adta feltételeken, a rutínon, az eszközök állapotán gyakrabban múlik. Ezért szánunk e cikksorozat keretein belül jelentős szerepet az ISO 9000-es minőségügyi rendszerek mérőeszközökkel foglalkozó előírásainak.

Az ISO 9000-es szabványsorozat elvein építkező szabályozási-beavatkozási rendszer belső ellenőrzési mechanizmusa egyértelmű feltételeket határoz meg a visszacsatolásokra (1. rész 1. ábra). A termék minőségellenőrzéshez képest több új elem került a rendszerbe:

- Az ellenőrzési tevékenységek tervezését és előírásokkal való egyértelműsítését várja el a szabvány 10. rendszerelem (ISO 9001 4.10. pont).
- A szabályozási rendszer beavatkozásainak megalapozottságát, hi-telességét a mérőeszköz-felügyelet – 11. rendszerelem (ISO 9001 4.11. pont) és további támogató szabványok (ISO 10012) – segítségével biztosítják. *Ezzel az ellenőrzési folyamatban megjelenik egy olyan elem, mely a "bizalmat kelteni vágyó" minőségügyi rendszeren belül a felhasznált eszközökbe vetett bizalmat alapozza meg.*
- A minőségbiztosítási rendszer működését, azaz a szükséges bea-vatkozások megtörténtét és helyességét – a szabvány 17. rendszereleme (ISO 9001 4.17. pont) – a belső minőségügyi felülvizsgálatok keretében ellenőrzik.

A minőség, amelyről gyakran mint elvont fogalomról beszélünk, az egyes termékek és szolgáltatások esetében konkrét tulajdonságok összessége, méghozzá a felhasználók, vagy az előírások által elvárt jellemzők. Azonos célra készült gyártmányok, vagy hasonló igényekre nyújtott szolgáltatások megítélésére ezeket a tulajdonságokat hason-lítjuk össze. Az összehasonlítás akkor válik objektívvé, ha a kritikus jellemzők meghatározására megfelelő természettudományos eljárá-sokat alkalmazunk, melyek az adott tulajdonság leírására alkalmasak. Az ilyen folyamatokat gyakran **méréses vizsgálatoknak** nevezik.

A minőségbiztosítási rendszerek megfelelő működtetéséhez infor-mációkra van szükség a gyártási vagy szolgáltatási folyamat lényeges pontjairól (L. 2. rész 5. ábra), így:

- a felhasznált anyagok, energiaforrások, alkatrészek stb. sajátossá-gairól, vagy a szolgáltatás előtti állapotokról (bemeneti információk),
- a folyamatban résztvevő eszközök, környezeti jellemzők paramé-tereiről,
- az egyes részfolyamatok kimenetén megjelenő (pl. félkésztermékek, alkatrészek...) tulajdonságairól,
- a tevékenység céljaként létrehozott végtermék, vagy szolgáltatás vég-ső sajátosságairól.

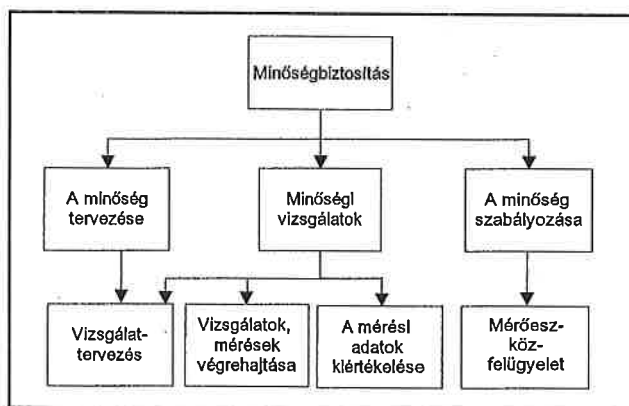
A különböző célokkal végzett méréses vizsgálatok rendkívül széles köre terjedt el. Ezért az egyes módszerek jelentősen eltérnek

- a vizsgálat során alkalmazott fizikai vagy kémiai jelenségek,
- a vizsgálati információk formája,
- a használt kiértékelési eljárások és
- a használt eszközök tekintetében.

Mindezért jelentős nehézséget jelent a témakör egységes, mégis áttekinthető tárgyalása. A továbbiakban – az ezzel járó esetlegessé-geket vállalva – kísérletet teszünk a minőségbiztosítási rendszerek kialakításához és működtetéséhez szükséges mérési és mérőeszköz-felügyeleti ismeretek összefoglalására.

#### Az ellenőrző tevékenység és a mérőeszköz-felügyelet kapcsolata a minőségbiztosítási rendszerekben

A hibák felderítésének és megelőzésének eszköze a beszerzett nyersanyagok és félkésztermékek minőségének folytonos ellenőrzése, a gyártófolyamat szabályozottságának megítélése és vizsgálata. A minőségbiztosítási rendszerek ezért kiemelten foglalkoznak a termékek és a folyamatok vizsgálatának a különböző lehetőségeivel (1. ábra).



1. ábra

A vizsgálat az a tevékenység, melynek során meghatározott eljárás-al eldöntik, hogy az adott termék, eljárás, vagy szolgáltatás egy vagy több jellemzője kielégíti-e a megadott követelményeket.

**A vizsgálattervezés** mérés-technikai, gyártástechnológiai és gaz-daságossági szempontok alapján határozza meg az elvégzendő vizs-gálatok jellegét, gyakoriságát, mintavételi és kiértékelési módját. A vizs-gálatok reprodukálható végrehajtását pontos dokumentáció rögzíti. A mérési adatok statisztikai kiértékelése ad lehetőséget a folyamat, a ter-mék minőségének megítéléséhez. Az így nyert információkat – az ada-tok tömörítésével és megjelenítésével – egy megfelelően kiépített és dokumentált információs hálózatba kell eljuttatni, amelyen keresztül a megfelelő pontokon, az ott szükséges felelősségi szinteken visszacsatolás valósul meg. Ennek a visszacsatolásnak azonban többnek kell lennie, mint egy végellenőrzési ponton a termék felszabadítása, vagy selejtként történő elkülönítése.

**A mérőeszköz-felügyelet** a minőségbiztosítási rendszerek azon eleme, amely a rendszer-felépítés adminisztratív, normatív, jogi és szer-vezési részét összekapcsolja a rendszer működtetéséhez szükséges műszaki alapokkal.

A mérőeszközök felügyeletéhez tartozó tevékenységek know-how-ja köti össze a minőségbiztosítási rendszer – szűkebb értelemben a minő-ségbiztosított folyamatok megfigyelésének (minőségi vizsgálatok, statisztika, SPC) – szoftverét és a megvalósításához szükséges eszközök hardverét.

#### A mérő- és vizsgálóeszközök felügyeletének feladatai

Az ISO 9004-es szabvány a mérő- és vizsgálóeszközökre vonatkozó irányelve a következőt mondja ki: "Kielégítő mértékben szabályozni kell egy termék fejlesztése, gyártása, szerelése és szervizszolgálatát során

használt valamennyi mérőrendszert annak érdekében, hogy a mérési adatokon alapuló döntések vagy intézkedések helyességében bizalmat keltsenek."

Ennek érdekében szabályozni kell

- az idomszereket,
- a műszereket,
- az érzékelőket,
- a vizsgálóberendezéseket és
- a számítógépszoftvereket.

Ha az előírt jellemzőket befolyásolhatják, szabályozni kell

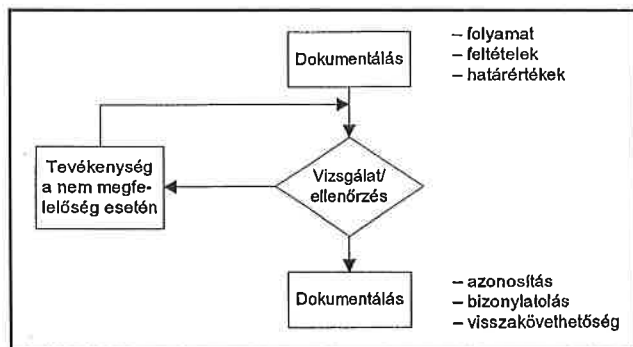
- a gyártókészülékeket,
- a folyamatműszerezést, és azok rögzítő elemeit,
- a mérési folyamatokat és
- a vizsgáló személyzet képzését.

A mérőeszközök szabályozottságának meglétét külső vizsgálatok (szolgáltató mérőhelyek, laboratóriumok) igénybevételek is ellenőrizni és dokumentálni kell.

A mérőeszközök felügyeletének követelményeit a minőségbiztosítási rendszerekkel kapcsolatos szabványok több szinten, több helyen rögzítik: (ISO 9001, 4.11., ISO 9004, 4.6.), a mérőeszköz-felügyelettel kapcsolatos fogalmakat és eljárásokat definiálja az ISO 10012-1, a konkrét tevékenységekre pedig nemzeti szabványok és műszaki irányelvek előírásai vonatkoznak.

A mérőeszköz-felügyelet a minőségbiztosítási rendszerek négy súlypontjának megfelelően épül fel (2. ábra), ezek:

- a dokumentálás,
- a vizsgálat illetve az ellenőrzés,
- az azonosíthatóság és a visszakövethetőség biztosítása,
- a hibás állapot esetén elvégzendő tevékenységek.



2. ábra

**A dokumentált állapot feltételei** a mérőeszközök nyilvántartásának működtetése, a mérési és vizsgálati eljárásutasítások és a mérőeszközök felügyeletére vonatkozó eljárásutasítás megléte.

**A mérőeszközök vizsgálata** a mérési pontosság meglétének ellenőrzésére irányulnak (típusvizsgálat, hitelesítések, bemérések, karbantartás).

**Az azonosíthatóság** a mérőeszköz nyilvántartásba vételén alapul és a vizsgált termékekkel analóg módon a további felhasználásra felszabadított állapotot (a minőség rendben) jelzi.

**A visszakövethetőség** kétirányú feladat: egyrészt a mérőeszköz-nyilvántartás és a gyártási eljárásutasítások alapján lehetővé kell tenni egy adott egység és a vizsgálata során felhasznált mérőeszközök azonosítását, másrészt a szükséges időközönként elvégzett hitelesítések és a közöttük levő időszakok karbantartásaival garantálni kell a mért jellemzőknek a mértékegységeket megtestesítő etalonokra való visszavezethetőségét.

**A mérőeszköz-felügyeletre vonatkozó szabványok előírásai**

**Az ISO 9004 szabvány** a mérőeszköz-felügyelet szabályzásának elemeit a következőkben határozza meg:

- előírások a beszerzésre (mérési tartomány, torzítás, stabilitás a várható felhasználási körülmények között),
- kezdeti kalibráció a felhasználás előtt (torzítások ellenőrzése),
- rendszeres karbantartás (javítás, kalibrálás) a pontosság fenntartására,
- a készülékek azonosítása a kalibrált állapot, a kalibrációs időszakok nyilvántartására,
- visszavezethetőség ismert pontosságú (nemzeti, nemzetközi) etalonokra.

**Az ISO 10012-1 szabvány** (Quality assurance requirements for measuring equipment – A mérőberendezésekkel szemben támasztott minőségbiztosítási követelmények) összefoglalja a mérő- és vizsgálóeszközök felügyeletével kapcsolatos legfontosabb tevékenységeket.

– A mérőeszköz azonosítása (a mérőeszközök méréstechnikai jellemzőiről, valamint azok változásairól készült feljegyzések).

– Szabályozási rendszer kiépítése (dokumentált rendszer a mérőeszközök használatának és kalibrálásának szabályozására, az előírásokban megengedettnél nagyobb hibák elkerülésére, a hibák korai érzékelésére, helyesbítésre, a mérőeszközök személyhez rendelésére).

– A rendszer ellenőrzése (belső auditok, vásárlói visszajelzések alapján).

– A mérések tervezése (a vevői elvárások és a műszaki követelmények figyelembe vételével fel kell mérni, hogy rendelkeznek-e a mérési tevékenységekhez szükséges és a tervezett felhasználási körülményeknek: a pontosság, a stabilitás, a méréstartomány és az érzékenység szempontjából megfelelő mérőberendezésekkel, illetve kalibráló etalonokkal).

– A hibaforrások felderítése (a mérések bizonytalanságának felfedezése).

– Kalibráció, hitelesítés (a mérőeszközök megfelelőségének igazolására végzett rendszeres vizsgálatok).

– Nyilvántartás vezetése (a mérőberendezések, a mérőképesség és a kalibrációkhoz használt etalonok azonosítása, reprodukáltságának biztosítása az eltérések kiszűrése érdekében).

– A nem megfelelő állapot kezelése (meghibásodás, túlterhelés, működési zavar jelei, kétes eredmények, lejárt a kalibrációs időszak, vagy a megsérült zárjegy esetén a szükséges beavatkozások, mint a felhasználásból való kivonás és jelzéssel való ellátás, a meg nem felelés okának felderítése és megszüntetése, a kalibrálás megtétele, esetleg a mérőeszköz visszaminősítése).

– A kalibrált állapot azonosítása (látható jelzéssel feltüntetni a mérőeszköz kalibrált állapotát vagy bármely korlátozását, és a kalibrálási időpontokat).

– Kalibrációs időszakok felügyelete, dinamizálása (a mérőeszköz jellege, stabilitása és felhasználási területének megfelelő kalibrációs időszak meghatározása, módosítása, figyelembe véve a költségeket és a kockázatokat).

– Zárjegyek alkalmazása (az illetéktelen elállítás megakadályozására, észlelésére).

– Külső szolgáltatások igénybevétele (akkreditált mérőhely).

– Karbantartás, tárolás (eljárásutasítások, személyhez kötés, felelőség).

– Visszakövethetőség biztosítása (nemzeti, nemzetközi etalonokra, származás).

– A hibaterjedés kézbe tartása (kalibrációs láncolat, a műszerénél kisebb mérési hibájú etalon használata).

– A környezeti feltételek szabályozása (a kalibrációs körülmények fenntartása, hőmérséklet, légnedvesség, fény, rezgés, portartalom, elektromágneses hatások stb.).

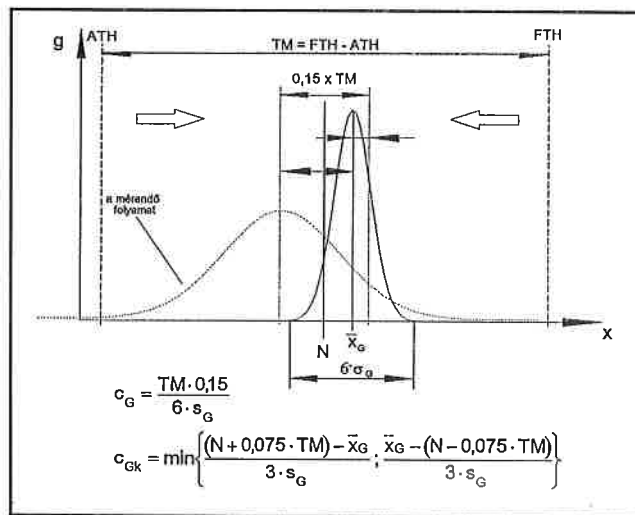
– A vizsgálószeméllyel szembeni elvárások (képzettség, gyakorlat, alkalmasság, felügyelet, ellenőrzés stb.).

## A mérőeszközök alkalmasságának a megítélése

Sokszor már annak a ténynek is örülünk, hogy egy új vizsgálati feladathoz rendelkezünk olyan mérőeszközökkel, amelyek a mérési kérdésekre válaszokkal szolgálnak. Ha még ez az eszköz érvényesen hitelesített, vagy kalibrált is, a legtöbb szakember boldogan veszi használatba. Gyakran elmarad a mérőeszköz mérési képességeinek összevetése a mérési feladattal.

A rendszertanúsítás előtt álló cég hitelesíttetni kívánta digitális kijelzésű mérlegét, melyről kiderült, hogy az idő vasfoga már "lerágta" a századgrammokat kijelző számértéket, vagyis a hitelesítésre nem volt lehetőség, és a továbbiakban az utolsó karaktert csak a tizedek kerekítésére lehetett használni. Ennek jelzésére a karaktert sraffozott fóliával le is ragasztotta a hitelesítést végző szerv. A mérőeszköz használói szomorúan vették tudomásul az új műszer beruházásának szükségességét. Addig is egy mechanikus lengőkaros mérleget használtak, melyet nemrég kalibráltak. Csak több heti működtetés után figyelt fel a rendszert építő szakértő, hogy a mechanikus mérlegről leolvasható érték 0,2 gramm pontosságú, mellyel a gyártott termék megfelelősége már nem volt biztonsággal megállapítható.

A mérőeszközök adott mérési feladatra való alkalmasságát – a mérőeszköz  $c_G$  képességi mutatóját – többek között a megfigyelendő folyamatra előírt tűrések és a mérőeszközre jellemző mérési bizonytalanság (a megismételhetőségi körülmények közötti szórás) viszonyából határozhatjuk meg (3. ábra).



3. ábra. A mérőeszköz okozta bizonytalanság helyzete a tűrésmezőn belül ( $x_G$  - az etalon ismételten bemérésénél tapasztalt mérési értékek átlaga,  $s_G$  - az etalon ismételten bemérésénél tapasztalt mérési értékek szórása,  $N$  - az etalon névleges értéke, a 0,15 egy tapasztalat alapján megválasztott érték, mely bizonyos esetekben szűkítendő)

A korszerű minőségbiztosítási rendszerek ma a

$$c_G, c_{Gk} = 1 \text{ vagy } 1,33$$

követelményt támasztják.

## A mérőeszközök kalibrálása, hitelesítése

A kalibrálás a mérőeszközökre vonatkozó vizsgálat, bemérés, amely során egy, a műszer mérési hibájánál (pontatlanságánál) magasabb pontosságú osztályba sorolt etalonhoz hasonlítva, vagy egy kisebb mérési pontatlanságú műszerrel vizsgálva megállapítják, hogy az eszköz megfelel-e az elvárt (gyártó által specifikált) előírásoknak. Külső fél számára kalibrálást csak az OMH vagy az általa akkreditált mérőlaboratóriumok végezhetnek.

A kalibrálás referenciaetalonhoz, vagy ismert nagyságú fizikai mennyiséghez történő hasonlítás (mérőhasábok, szabványellenállások, feszültségosztók, közegek fázisváltózási hőmérséklete, súlysorozatok kiegyenlítése kétkarú mérlegen), vagy a statikus karakterisztika felvételével történik.

A kalibráció az ISO/IEC Guide 25:1990 és az MSZ 18935:1991 definíciója szerint olyan műveletek összessége, amelyekkel előírt feltételek mellett megállapítható az összefüggés egy mérőeszköz vagy egy mérőrendszer értékmutatása, vagy egy mérték által reprezentált érték és a mérendő mennyiség megfelelő, ismert értékei között.

A kalibrálás lehetővé teszi a mérőeszköz vagy egy mérőrendszer értékmutatás hibájának a becslését és a tetszőleges skálák osztásvonalaihoz az értékek kijelölését; meghatározhat egyéb metrológiai tulajdonságokat és az eredménye kalibrációs bizonyítványban rögzíthető, illetve kalibrálási tényező vagy kalibrálási görbe formájában megadható.

A kalibrálást periodikusan, meghatározott és az egymást követő kalibrációk eredménye alapján felügyelt időközökben rendszeresen kell végezni. Ha a mérőeszközt javították, akkor az esedékes időponttól függetlenül újra kell kalibrálni. A kalibráció a mérőeszközön végzett mérés, így a vizsgálati eljárási utasításokhoz hasonló eljárási utasításban kell rögzíteni a végrehajtandó tevékenységeket.

A kalibrációk megtörténtéről, eredményéről dokumentációt kell vezetni és a kalibrált állapotot a mérőeszközön egyértelműen jelölni kell. A kalibrált állapot fenntartására a tárolási körülményeket és a karbantartási tevékenységeket kell meghatározni és megvalósítani.

A hitelesítés hatósági tevékenység annak vizsgálatára, hogy a mérőeszköz az adott pillanatban megfelel-e az előírt pontosságnak. A hitelesítés a Mérésügyi Törvény értelmében a nemzeti mérésügyi szervek, Magyarországon az Országos Mérésügyi Hivatal feladata és joga. A hitelesítés olyan bemérés, kalibrálás, melyet az OMH mérőlaboratóriumai végeznek a hitelesítésre kerülő műszer mérési pontatlanságának meghatározására.

A hitelesítés során végzett bemérések a nemzeti mérésügyi szervnél őrzött, a törvényes mértékegységeket megtestesítő nemzeti etalonokból lezármaztatott referenciaetalonokkal történik. A hitelesítéssel a mérőműszer egy olyan láncolat részévé válik, amelyben a hitelesítések láncolatával minden mérés az SI mértékegységrendszer alpmértékegységeinek fizikai definícióját megtestesítő etalonokra vezethető vissza.

A vizsgálatok alapján az előírt követelmények teljesülésének igazolása és bizonylatolása módját nyújt annak ellenőrzésére, hogy a mérőeszköz által jelzett értékek valamint a mérendő mennyiség megfelelő, ismert értékei között az eltérések kisebbek, mint a mérőeszköz kezelésére vonatkozó szabványban vagy leírásban megengedett legnagyobb hiba. A hitelesítés alapján hozott döntéstől függően a mérőeszközt tovább lehet használni, be kell állítani, javítani kell, alacsonyabb osztályba kell sorolni vagy nem használhatónak kell minősíteni.

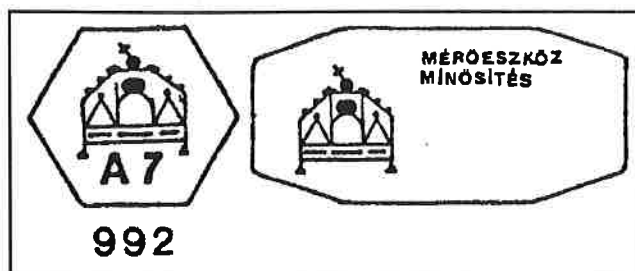
A hitelesítési tevékenységet írásbeli megrendelés alapján az OMH vagy az általa akkreditált, külön minőségbiztosítási szabványok, előírások alapján működő mérőlaboratóriumok mint külső szolgáltatók végzik. A hitelesítő laboratórium a hitelesítés eredményéről

- a hitelesítési státusz,
- a hitelesítés során tapasztalt metrológiai jellemzők,
- a javasolt karbantartási, beállítási, javítási munkák,
- a felhasználás területén esetleges korlátozások előírásával,

(a műszer pontos azonosítását lehetővé tevő megnevezésével, a hitelesítési körülmények megadásával, a hitelesítést végző és felügyelő személyek aláírásával és dátummal ellátott) hitelesítési jegyzőkönyvet ad ki, a mérőeszközt pedig hitelesítő jeggyel, zárjeggyel látja el (4. ábra). Hitelesített állapotú az a műszer, amely hitelesítési jegyzőkönyvvel rendelkezik vagy (külföldi, esetleg a gyártónál végzett) hitelesítését az OMH elfogadja.

A Mérésügyi Törvény rendelkezik a kötelező hitelesítésű mérőeszközökről, melyeket a felhasználásuk céljától függetlenül megadott időközönként hitelesíteni kell. (Általában a kereskedelmi mérésekkel kap-

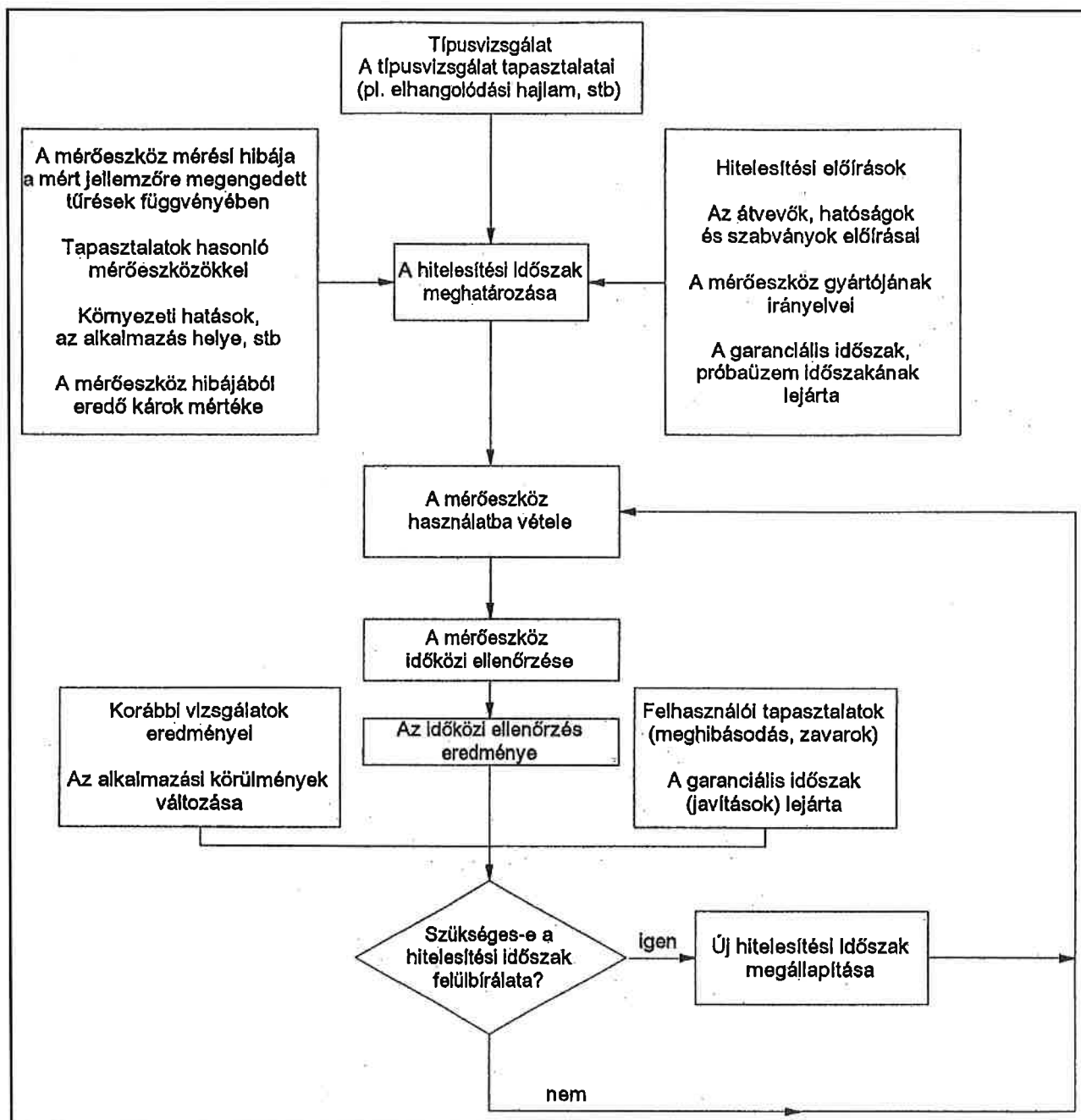
csolatos eszközök: tömegsorozatok, mérlegek, mérőasztalok, viteldij-jelzők, közúti járműsebesség ellenőrző műszerek, szerencsejáték céljára szolgáló eszközök(!), de nyomásmérők és anyagvizsgáló berendezések is).



4. ábra

## A kalibrációs időközök meghatározása

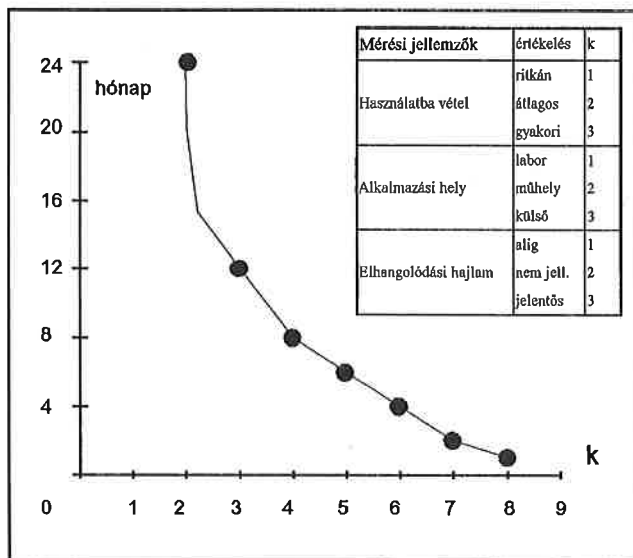
A kalibrációk közti időszakot a mérőeszköz használója viszonylag szabadon választhatja meg. Elvárás azonban, hogy a mérőeszköz állapotával kapcsolatosan mindig legyenek információink. Ha a mérőeszköz nem megfelelő állapotba kerül, a minőségügyi rendszerrel rendelkező felelőssége, hogy visszamenőleg egész addig intézkedjék a kibocsátott termékekről, ameddig a mérőeszköz jósága bizonyított. Ezért nem célszerű túlságosan távoli időpontokat választani a mérőeszköz ellenőrzésére, mert a visszahívások, utólagos javítások túl nagy kockázatot jelentenek a termék előállítója számára. Ugyanakkor a kalibrációkat az OMH vagy az akkreditált laboratóriumok szolgáltatásként, díjazás fejében végzik, ennek idejére a műszer kiesik a termelésből. Ezért érdemes e két ellentétes hatáscsoport figyelembe vételével kompromisszumos alapon kell meghatározni a kalibrációs időszakot és az optimalizálására megfelelő módszereket alkalmazni (5. ábra).



5. ábra

A kalibrációk sorában az első bemérés egy típusvizsgálat, melynek keretében meghatározzák a mérőeszköz kalibrációs eljárását, alapvető metrológiai adatait. A rendszeres időközökben megismételt kalibrációk során ezekhez az adatokhoz hasonítják a mérőeszköz hibáját.

A kalibrációs időszakot számos, az eszköz konstrukciójától (gyártói ajánlás, pontosság, stabilitás), igénybevételétől (felhasználási terület, alkalmazási gyakoriság, kopás) függő tényező figyelembevételével kell meghatározni. Erre mutat példát a 6. ábra.



6. ábra

A kalibrálások szükséges gyakoriságának megállapítására irányértékek, ajánlások (pl. a MT mellékletében a kötelező hitelesítésű mérőeszközök hitelesítési időszakai) állnak rendelkezésre:

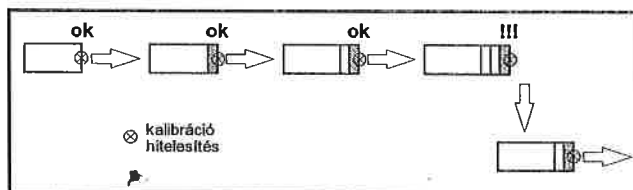
|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| mikrométerek, tolómérők | 2 hónap   |
| kaliberek               | 3 hónap   |
| nyomásmérők             | 2-3 hónap |
| minősítő eszközök       | 6 hónap   |
| mérlegek                | 6 hónap   |
| súlysorozatok           | 12 hónap  |

A hitelesítési, kalibrációs időszak gazdaságos és biztonságos meghatározására szolgálnak a következő módszerek:

## A kalibrációs időszakok dinamizálásának módszerei

### Az inkrementáló módszer

A típusvizsgálatban vagy az ajánlások szerint meghatározott időszaknak megfelelően elvégzett kalibrálás illetve hitelesítés eredménye alapján a következő bemérés időpontja fokozatosan mindaddig kitolható, míg a hitelesítési időszak lejártakor a nem megfelelő állapotot tapasztalják (7. ábra).



7. ábra

Ennek a logikának egy konkrét megoldása figyelhető meg a MAB 11. 1995. májusi irányelvében, melyben a kalibrálási időszakok dinamizálását statisztikai értékelés alapján javasolja elbírálni.

Felhasználva az  $i-1$  és az  $i$  indexszel jelölt két egymást követő kalibráció során az etalon (anyagminta)  $y$  jellemzőjének reprodukált  $y_{i-1}$ ,

illetve  $y_i$  értékeit és a mérési bizonytalanság  $u = 2s$  (s a szórás) tapasztalt  $u_{i-1}$  illetve  $u_i$  értékeit a következő döntések javasolhatók:

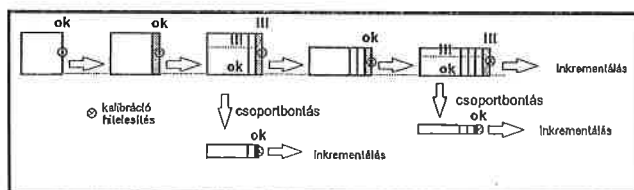
Ha az  $|y_i - y_{i-1}| \geq \sqrt{u_i^2 + u_{i-1}^2}$  egyenlőség teljesül, a kalibrációs időszakot a felére kell csökkenteni.

Ha az  $|y_i - y_{i-1}| \leq \sqrt{u_i^2 + u_{i-1}^2}$  egyenlőség teljesül, és a következő két feltétel, az  $y_i - u_i \leq y_{i-1} \leq y_i + u_i$ , vagy az  $y_{i-1} - u_{i-1} \leq y_i \leq y_{i-1} + u_{i-1}$  közül az egyik nem igaz, a kalibrációs időszak változatlan maradhat.

Ha az  $|y_i - y_{i-1}| \leq \sqrt{u_i^2 + u_{i-1}^2}$  egyenlőség és mindkét feltétel, az  $y_i - u_i \leq y_{i-1} \leq y_i + u_i$ , illetve az  $y_{i-1} - u_{i-1} \leq y_i \leq y_{i-1} + u_{i-1}$  is teljesül, a kalibrációs időszak a másfélszeresére növelhető.

### A csoportbontásos módszer

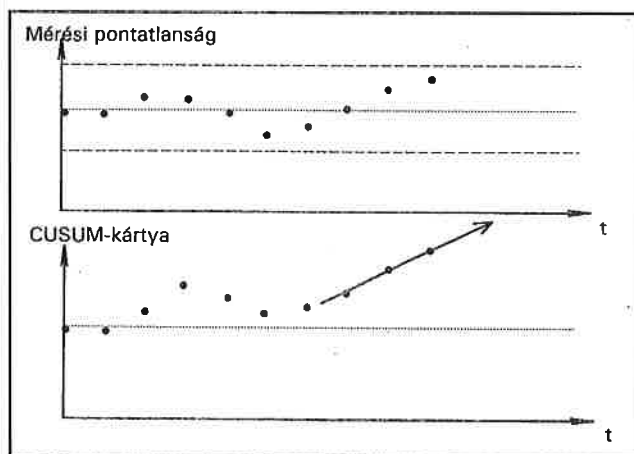
A hasonló célú, igénybevételű mérőeszközöket csoportokba gyűjtik és a csoport hitelesítési illetve kalibrációs időszakát növelni kezdik. Ha a hitelesítés illetve kalibráció során növekedni kezd a nem megfelelő műszerek száma, akkor megvizsgálják, hogy ezek nem különíthetők-e el külön csoportba. A hitelesítési illetve kalibrációs időszak változtatása a továbbiakban az inkrementáló módszerrel a két csoporton külön-külön történik, szükség esetén további alcsoportok létrehozásával (8. ábra).



8. ábra

### Szabályozókártyák alkalmazása

A mérőeszköz-nyilvántartás alapján a megelőző hitelesítések illetve kalibrációk eredményét szabályozókártyán rögzítik és a statisztikai folyamat szabályzás eszközeivel felügyelik a mérési pontosság változását. Ha a hitelesítési illetve kalibrációs időszak növelésével a pontosság statisztikailag bizonyítható trend szerint változik, az időszakot rövidíteni kell (9. ábra).



9. ábra

### A működési idők vizsgálata

A ritkábban használt műszerek esetén alkalmazható optimalizálási módszer szintén inkrementáló eljárás, de nem naptári napokban, hanem nettó üzemórában mérik a hitelesítési illetve kalibrációs időszakot.

### A fekete doboz módszer

A nem mozgatható, vagy távoli telephelyen működtetett berendezések ellenőrzéséhez használt módszer, amely egy, a berendezés fizikai állapotára jellemző, de felhasználási (mérési) céljától független paramétert a statisztikai folyamat szabályzási módszerrel figyel.

## VI. Magyar Minőségi Hét

A Magyar Minőség Társaság, együttműködve a Minőségért Alapítvánnyal, 1997. november 10–14. között tartotta a VI. Magyar Minőségi Hét rendezvénysorozatát, melynek keretében, – mint minden évben – **nemzetközi konferenciát**, szakosított rendezvényeket és Országos Minőségügyi Kiállítást is rendezett. Harmadszor mutatta be a Magyar Minőség Háza díjnyertes termékeit.

Habár ezúttal a november második hete bővelkedett rendezvényekben, köztük a minőségügygel foglalkozó konferenciákkal, és ez szükségképpen megosztotta a potenciális érdeklődőket, mégis, úgy tűnik, hogy a Magyar Minőségi Hét látogatottsága nemcsak, hogy nem csökkent, hanem látványosan nőtt; az előadásokon közel 800 szakértő regisztráltatta magát. A konferencia 47 előadása 2 plenáris és 4 szekciósulésen hangzott el.

A konferencia nyitó plenáris ülésen került sor **“Az év minőségügyi menedzsere '97”** és a minőségügyi **“Szakirodalmi Díj '97”** kitüntetések átadására. A díjakat Rózsa Andrásnak, a Herendi Porcelánmanufaktúra Rt. minőségügyi igazgatójának, illetve Győri Pál szakírónak Bottka Sándor, az OMFB elnökhelyettese nyújtotta át.

A VI. Magyar Minőségi Hét programját a konferencia mellett több kíséző rendezvény egészítette ki.

Az MMT a Művelődési és Köznevelési Minisztériummal együttműködve rendezte **“A minőségügy oktatása”** c. előadássorozatot. A minőségügyi oktatás fejlesztését a PHARE TDQM programja anyagilag is jelentősen támogatta. E programnak és a Művelődési és Köznevelési Minisztérium ezt követő pályázatának köszönhetően elkészültek azok a modulárisan felépített tananyagok, melyek felhasználásával a minőségügyi ismeretek oktatása általánossá válhat az alapképzésben és az ismeretmegújító képzésben egyaránt. A tananyagcsomag ezzel lehet-

tővé tette a minőségügy korszerű és széles körű, megfelelő szintű oktatását. Elkészülése különös aktualitást adott e rendezvénynek.

**“Euroharmonizáció az építésügyben”** szekcióban elhangzó előadások az építőipar mellett felölelték a közlekedés, hírközlés és vízellátás területén szerzett tapasztalatokat és tennivalókat is.

A **környezetirányítási rendszerek** iránt világszerte nő az érdeklődés, mert a környezet, a természet védelme a fenntartható fejlődés feltétele. Az ezt tárgyaló előadássorozat a Rio-i program mai értékeléséből kiindulva vette számba a hazai jogi szabályozást, az ISO szabványait, a vállalatirányítási rendszereket, valamint a minőségbiztosítás és a környezetirányítás integrálódásának folyamatát.

Az **Országos Minőségügyi Kiállítást** hatodik alkalommal rendezték meg. Célja, hogy az érdeklődőket megismertesse a hazai minőségügyi infrastruktúrával, az igénybevehető szolgáltatásokkal, az e téren évről-évre felmérhető fejlődéssel. A kiállításon 58 cég vett részt.

A Magyar Minőség Társaság harmadszor indított pályázatot kiemelkedő hazai termékek népszerűsítésére **Magyar Minőség Háza** néven. Pályázati feltételek voltak: a termékek **minőségjellemzői kiemelkedőek**, továbbá minőségük egyenletes, mert gyártásuk tanúsított minőségbiztosítási rendszerben folyik. Ez az intézmény bizonyítja, hogy a hazai termékek egyre nagyobb része megüti, sőt esetenként meghaladja az azonos rendeltetésű, többnyire jóval drágább importtermékek minőségét, és ezzel növeli vállalatának versenyképességét. A pályázatra nyertes 20 terméket külön szektorban állítottak ki.

A VI. Magyar Minőségi Hét Ajánlásai, melyek a főbb tapasztalatokat és teendőket foglalják össze, a Társaság folyóiratában, a **Magyar Minőség** 1997. novemberi számában jelentek meg.

Dr. Róth András

### FATIGUE '99 – 7th IFC International Fatigue Conference

Beijing, Kínai Népköztársaság,  
1999. június 8-12.

A konferencia az anyagkifáradás  
teljes témakörét átfogja.

**Jelentkezés** a 300-500 szavas, angol nyelvű  
előadáskivonattal 1998. június 1-ig.

**Cím:** Prof. X. R. Wu, co-chairman of Fatigue  
'99, Beijing Institute of Aeronautical Materials,  
P. O. Box 81.

Beijing 100095, P. R. China.  
Tel.: + 86 10 6245-6212,

fax: +86 10 6245-6212,  
e-mail: mechbiam@public3.bta.net.cn

Szerveznek szakkiállítást, társadalmi prog-  
ramokat és a konferencia után körutazásokat.

**Részletes információ** a Web-hálózaton  
olvasható a  
<http://www.biam.ac.cn/FATIGUE99.htm>.  
címen.



**OKTATÁS ÉS RENDEZVÉNY SZERVEZŐ,  
ADATSZOLGÁLTATÓ ÉS KIADVÁNGONDOZÓ BT.**  
1211 Budapest, XXI., Táncsics Mihály u. 85.  
☎ 1752 Budapest, Pf. 101. • Telefon/Fax: 277-6226  
Mobil: 06-20-582-659

Tisztelt Kollégán! Tisztelt Kolléga!

Az ORSZAK BT az 1998. tavaszi időszakban a roncsolásmentes anyagvizsgáló módszerek teljes skáláján szervez mind az **OKJ**, mind az **MSZ EN 473** szabvány követelményeit kielégítő tematikájú, 1. és 2. fokozatú **roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamokat**:

**VT, PT, UT, ET, RT, MT, AET, LT, VAT, SPT**

E széles skálából külön is kiemeljük a

**tömörsgévizsgáló (LT-1, LT-2); rezgésmérő (VAT-1); rezgéselemző (VAT-2); akusztikus emisziós (AET-1, AET-2); szinkrelelemző (SPT-1, SPT-2)**

tanfolyamokat. Roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamaink hallgatói nyomtatott jegyzeteket, az MHE tematikáit és vizsgakérdéseit, valamint étkezést kapnak. Kívánságra szállást is biztosítunk félpanzióval, illetve buszjegyeket a tanfolyam időtartamára.

1998-tól **lényeges változás**, hogy az **MPV-tanfolyamokat** eljárásonként külön tanfolyamként kell szervezni. Ugyancsak leválasztjuk az anyagvizsgáló tanfolyamokról az **alapozó tárgyakat** (anyagvizsgálat, anyag- és gyártásismeret), amelyeket külön blokkként, **az adott tanfolyamot megelőzően** kell teljesíteni.

Segítségét adunk a **szakterület** megválasztásához, tájékoztatunk az 1. és 2. fokozatú roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamra való **jelentkezés** feltételeiről (alapozó tanfolyam, orvosi alkalmasság, alapképzettség, gyakorlati idő, mentesítés).

Az ORSZAK BT oktatási programjában továbbra is szerepelnek az immár hagyományos **szakmai napok**, amelyek aktuális műszaki témák megismerését, ismeretek rendszerezését segítik elő. Kiterjedt kapcsolatrendszerünk, az anyagvizsgáló területén szerzett több évtizedes tapasztalatunk a biztosíték arra, hogy **szakmai rendezvényeinken** felkészült, elismert előadók az adott téma iránt érdeklődő közönség előtt tartsanak jól használható előadásokat.

**Bővebb felvilágosítást** a fenti címen adunk, kívánságra tematikát és jelentkezési lapot küldünk.

Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál

Ügyvezető

## Tanfolyamok 1998-ban

### KÖRNYEZETI MENEDZSMENT RENDSZER, KMR-TANFOLYAMOK

A Groupe Uni-Coneils (GUC) – Egyetemek Közötti Tanácsadók Szövetsége, Genf-Budapest, a Magyar Minőség Társaság (MMT) és A Minőség Oktatásért Alapítvány (MOA) tanfolyami programja tartalmazza az ISO 14001 és az EMAS előírásait.

1. KMR gyakorlati bevezető A vezetőség részére egy napos tanfolyam, 1998. január 12-én.
2. KMR megszervezése kétnapos tanfolyam a munkatársak részére 1998. január 14-15-én. A végzett hallgatók ORDINEX – Nemzetközi Szakértők Szövetsége, Párizs és MMT-tanúsítványt kapnak. A tanfolyamok díja: naponta 12.500 Ft/fő
3. KMR – belső auditor, háromnapos tanfolyam 1998. január 19-21-én és február 2-4-én. Részvételi feltétel: a 2. tanfolyami vagy ezzel egyenértékű végzettség. A végzett hallgatók BSI- és MMT-tanúsítványt kapnak.
4. KMR auditor, vezető auditor, ötnapos tanfolyam a képesítéssel már gyakorlatot szerzett auditorok részére, 1998. február 9-13-án. A tanfolyam díja: 96.500 Ft/fő.

A végzett hallgatók BSI-tanúsítványt kapnak. Az 1-4. tanfolyamok szakmai vezetője: Prof.Dr.h.c. Turchany Gyula.

Jelentkezési határidő: a tanfolyamok kezdési időpontja előtt két héttel az MMT titkárságán.

### MINISÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

1. A kölni TÜV Akademie Rheinland tanúsítványát adó tanfolyamok
  - 1.1. Minőségügyi szakember. Időtartama: 8 nap + vizsga (2x1 hét). Tanfolyami + vizsgadíj: 93.700 + 20.000 Ft
  - 1.2. Minőségügyi megbízott. Időtartama: 12 nap + vizsga (3x1 hét). Tanfolyami + vizsgadíj: 147.000 + 20.000 Ft
  - 1.3. Minőségügyi menedzser. Időtartama: 12 nap + vizsga (3x1 hét). Képesített minőségügyi megbízottak részére! Tanfolyami + vizsgadíj: 147.000 + 20.000 Ft

- 1.4. TÜV CERT auditor tanfolyam, 11 nap + vizsga + 4 audit gyakorlat.

Képesített minőségügyi megbízottak részére. Tanfolyami + vizsgadíj: 259.300 + 20.000 Ft  
Magánszemélyek részére a TÜV Rheinland Alapítvány 85% támogatást ad, azaz a hallgatónak 38.880 Ft tanfolyami díjat kell fizetni.

- 1.5. Mérőeszköz-megbízott. Időtartama: 8 nap + vizsga (2x1 hét).

Tanfolyami + vizsgadíj: 108.600 + 20.000 Ft

2. A TÜV Rheinland Akadémia magyar nyelvű tanúsítványát adó szaktanfolyamok

- 2.1. Mérőeszköz-felügyelő. Időtartama: 3 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6000 Ft

- 2.2. Értékesítési folyamatirányító.

Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

- 2.3. Beszerzési folyamatirányító.

Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

- 2.4. Karbantartási folyamatirányító.

Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

- 2.5. Vállalati auditor. Időtartama: 3 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

- 2.6. Vevőszolgálati megbízott. Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

- 2.7. Minőségügyi oktató. Időtartama: 3 nap.

Képesített minőségügyi megbízottak vagy menedzserek részére!

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

- 2.8. Minőségügyi tanácsadó. Időtartama: 3 nap.

Képesített minőségügyi menedzserek részére!

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

A 2. pontban felsorolt tanfolyamok 1998. március hónap végén indulnak Budapesten. A Minőség Oktatásért Alapítványhoz csatlakozott vállalatok alkalmazottai a részvételi költségekből 20% kedvezményt kapnak. Szállás igényelhető (kétágyas szoba + reggeli és vacsora személyenként 4.500 Ft/éjszaka).  
Felvilágosítás: MMT, Somogyi Miklós, tel.: 215-6061, fax: 218-0267.  
TÜV Rheinland Akadémia, Serester Andrea, tel.: 268-0364, fax: 268-0671.  
OKJ szerinti szakképesítést nyújtó tanfolyamok: Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (53 5401 05 sz.)

### Minőségellenőr (50-5401-01 sz.)

A tanfolyamok 1998. március hónap végén indulnak. Jelentkezés: 1998. március 6-ig. – Feltétel: szakközépiskolai végzettség + két éves gyakorlat. A tanfolyamok költsége: 62.500 Ft., vizsgaköltséggel együtt. A Minőség az Oktatásért Alapítványhoz csatlakozott vállalatok alkalmazottai a részvételi költségekből 20% kedvezményt kapnak. Vonatkozik ez a TQM alaptanfolyamra is!

Jelentkezés és felvilágosítás: Magyar Minőség Társaság, 1091 Budapest, Üllői út 25.  
Tel.: 215-6060. Fax: 218-0627.

### KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK

Az ISO 14000 szabványsorozat szerinti környezeti irányítási rendszerek bevezetésére felkészítő tanfolyamrendszer:

- Környezetvédelmi auditor (TÜV-bizonyítvány);
- Környezetvédelmi szakelőadó (OKJ-szakképesítés);
- Veszélyes hulladék- és termékijü ügyintéző;
- Alapfokú közegészségügyi (mérlegkezelő): ÁNTSZ-bizonyítvány;
- Veszélyes áru ügyintéző (ADR), OKJ-szakképesítés;
- Települési és nem veszélyes hulladék kezelő, OKJ-szakképesítés.

Jelentkezés és felvilágosítás: GTE Oktatási Iroda, 1027 Bp., Fő utca 68. III. em. 344. Tel.: 202-1382 vagy 201-2011/422, 626, Fax: 201-7180

### ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK:

- Radiológiai vizsgáló: RT1, RT2, RT3
- Ultrahangos vizsgáló: UT1, UT2, UT3, UT2T
- Mágneses, penetrációs, vizuális vizsgáló: MPVT1, MPVT2
- Örvényáramos vizsgáló: ET1, ET2
- Tömörségvizsgáló
- Mechanikai anyagvizsgáló
- Tartályvizsgáló
- Rezgéselemző: VAT1, VAT2
- Szinképelemző: ST1, ST2
- Általános hegesztett terméket vizsgáló inspektor: INSP

Vizsgaköltes közép- (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző tanfolyamok.

Szervezők: ORSZAK BT., AGMI Rt., (lásd a hirdeteiket) és a GTE.

## Nemzetközi rendezvények 1998-ban

microCAD'98 – Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos Konferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1998. február 24-26. Jelentkezés: Miskolci Egyetem, Tudományos szervezési és Nemzetközi Osztály, Fax: 46/365-174, E-mail: microdac@gold.uni-miskolc.hu

DIAGON '98 – nemzetközi diagnosztikai konferencia és kiállítás, március 10-12. Jelentkezés: március 6-ig. Cím: A.A. Stádium Kft., Hunya Mönika, 6701 Szeged, Pf. 1181., tel.: 62/431-927, fax: 62/431-928, E-mail: stadium@elender.hu.

Int. Workshop on Fine Ceramics, Nagoya, Japán. 1998. március 12-13. Cím: Mr. Noriyuki Kosuge, c/o JFCC, 2-4-1 Mutsuno, Atsuta, Nagoya 456, Japan. Tel.: +81 52871 3500, fax: +81 52871 3599.

3rd Int. Topical Meeting on Neutron Radiography. Lucerne, Svájc. 1998. március 16-19. Cím: Dr.rer. nat. J. Stade, Subdepartment VIII. 3. Lab VIII. 31. BAM. Unter de Eichen 87. D-12205 Berlin, Germany. Tel.: +49 308104 3660, fax: +49 3081 15089.

Fatigue design 1998 – Int. symp. Espoo, Finnország, május 26-29. Cím: Gary Maquis, Fd'98 Office, VTT Manufacturing Technology P.O.Box 1704, FIN-02044 VIT, Finland; tel.: 358-9-456 6866, fax: 358-9-456 7002, Email: fd98@vtt.fi

Anglo-German Conf. on NDT Imaging and Signal Processing, Harris Manchester College, Oxford, Anglia. 1998. március 27-28. Cím: Conf. Dept, Binst.NDT, 1 Spencer Prade, Northampton NN1 5AA, Tel.: 01604 30124, Fax: 01604 231489.

Materials Congress '98, Royal Agricultural College, Cirencester, Anglia. 1998. április 6-8. Cím: Melanie Peacock, The Inst. of Materials, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB. Tel.: +44 (0)171 839 4071, Fax: +44 (0)171 839 6591, E-mail: instmat@cityscape.co.uk.

Creep and Fatigue Crack Growth in High Temperature Plant, Saclay (Párizs), Franciaország. 1998. április 15-17. Cím: ERA Technology, Cleeve Road, Leatherhead, Surrey KT22 7SA. Tel.: +44 (0)1372 367000, fax: +44 (0)1372 367099, E-mail: ahmed.shibli@era.co.uk.

Int. Conf.: Assuring it's safe – integrating structural integrity, inspection and monitoring into safety and risk assessment. Edinburgh, Skócia. 1998. május 18-19. Cím: Uloma Otunye, IMechE, 1 Birdcage Walk, London SW1H 9JJ. Tel.: +44 (0) 171 973 1304, fax: +44 (0) 171 222 9881. E-mail: u-otunye@imeche.org.uk.

The 15th Instrumentation and Measurement Technology Conf., St. Paul Hotel, Minnesota, USA. 1998. május 18-20. Cím: Robert Myers, IMTC 98 Conf. Coordinator, 3685 Motor Ave, Suite 240, Los Angeles, CA 90034-5750, USA. Tel.: +310 287 1463, fax: +310 287 1851, E-mail: bob.myers@ieee.org.

MTQ '98 Testing for Quality Exhibition, NEC, Birmingham, Anglia. 1998. május 19-21. Cím: Fran Foster, Centre Exhibitions, Tel.: +44 (0) 121 767 2413, fax: +44 (0) 121 767 3538, E-mail: mtq@necvenues.co.uk.

7th ECNDT – European Conf. on Non-destructive Testing, Koppenhága, Dánia, 1998. május 26-29. Cím: 7th ECNDT, Park Allé 345, DK-2604 Broendby, Denmark. Tel.: +45 4326 7000, fax: +44 4326 7011, E-mail: 101373.3414@compuserve.com.; Web: http://www.7-ecndt.dk.

Nemzetközi karbantartási konferencia és kiállítás, Nyíregyháza, 1998. június 24-26. Szervező: a GTE Karbantartási szakosztálya és Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Szervezete.

SPT-6 – Int. Conf. on Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance, Bécs, Ausztria. 1998. július 13-15. A konferencia keretében július 14-én: Special Symposium on Gas Turbines and Turbomachinery. Cím: Dr. H.P. Rossmanith, Inst. of Mechanics Vienna University of Technology, A-1040 Vienna, Austria, fax: +43-1-587 5863, E-mail: rossmanith@emch80.una.ac.at.

35th Int. Conf. on Ultrasonics and Acoustic Emission, Chateau of Trest, Czech Republic, 1998. szeptember 14-18. Cím: ing Hana Kotschová, Geophysical Inst.AS CR, Bocni II/401, 14131 Prague 4, Czech Republic. Tel.: +420 2 671 03074, fax: +420 2 761 549, E-mail: hko@ig.cas.cz.; WWW: http://www.ig.cas.cz.

6th Liège Conf. on Materials for Advanced Power Engineering, Liège, Belgium. 1998. október 5-7. Felvilágosítást ad a konferencia tanácsadó testületének tagja: dr. Arlinger István egyetemi tanár, BME Mechanikai Technológiai Tanszék, Budapest, Bertalan Lajos u. 7. Tel.: 463-1234, fax: 463-1366, E-mail: mechtech@dora.inflab.bme.hu.

## Országos rendezvények 1998-ban:

GÉPÉSZET '98 holnap és holnapután, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest. 1998. május 28-29. Konferencia és kiállítás. Információt ad: Antal Ákos, Tel.: 463-2402, E-mail: akos@tot.bme.hu.

# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA 1997. évi 7. évfolyamának tartalomjegyzéke

Cikkcímek rovatok és témakörök szerint

Szám Oldal

## MŰSZERES ANALITIKA

|                                                                                                                                           |   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| G. Holéczyová, M. Matherny, N. Pliesovcká: A volfrám- és a grafitkemence atomabszorpciós tulajdonságainak kritikai összehasonlítása ..... | 3 | 78  |
| Posta József: On-line krómspeciációs módszerek kidolgozása különböző minták króm(III)- és króm(VI)-tartalmának meghatározására .....      | 4 | 111 |

## RmV-HELYZETKÉP

### Minősítés, tanúsítás

|                                                                                                                                                                     |     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Somogyi Sándor: Javaslat a roncsolásmentes anyagvizsgálók vizsgáztatási rendszerére és feladataira az ASME-szabályzat és az EN 473 szabvány előírásai alapján ..... | 1-2 | 3  |
| Fücsök Ferenc: A roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet megbízhatóságának mérése .....                                                                            | 1-2 | 6  |
| Farkas Béla: Az időszakos ultrahangos vizsgálatok követelmény-rendszere .....                                                                                       | 1-2 | 10 |
| Szabó Dénes, Pinczés János: Az anyagvizsgálatok minősítésének nemzetközi gyakorlata és a Pakson várható hatások .....                                               | 1-2 | 11 |

## Ultrahangvizsgálat

|                                                                                                                                                                  |     |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Palásti József, Szabó Dénes, Pinczés János: Gépi ultrahangos rendszerekkel végzett vizsgálatok legújabb tapasztalatai a Paksi Atomerőműben .....                 | 1-2 | 13 |
| Pinczés János, Szabó Dénes: A fázisvezérelt ultrahangos vizsgálófejek alkalmazásának tapasztalatai .....                                                         | 1-2 | 16 |
| Papp Tibor, Kulcsár Tibor, Skopál István, Klausz Gábor, Baróczy István, Szűtor István: Gyorshűtők csőköteg-membránfalai hegesztési varratainak ellenőrzése ..... | 1-2 | 19 |
| Tarnai György, Farkas Béla: Újszerű ellenőrzőtestek kifejlesztése az ultrahangos vizsgálatokhoz .....                                                            | 1-2 | 21 |

## Örvényáramú vizsgálat

|                                                                                                                                 |     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Lautner Nándor, Skopál István, Sipos László: Turbina akcióskereke furatainak örvényáramú repedésvizsgálata forgószondával ..... | 1-2 | 25 |
| Wilhelm Kelb, Peter Hanemann: Többfrekvenciás, többcsatornás, távolterű örvényáramú vizsgálat eddyMax® PC-bővítményével .....   | 1-2 | 27 |

## Akusztikus emisszió

|                                                                                                                |     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Bogár József, Szűcs Pál: Gőz/víz szeparátor alakváltozás- és akusztikus emissziós integrációs-vizsgálata ..... | 1-2 | 29 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|

## Neutronradiográfia

|                                                                                                                                  |     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Balaskó Márton, Sváb Erzsébet: Kombinált roncsolásmentes anyagvizsgáló módszerek alkalmazása a KFKI AEKI kutatóreaktoránál ..... | 1-2 | 34 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|

## Sugárvédelem

|                                                                         |     |    |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Skrek Mátyás, Tóth Endre: Kollimátorok sugárvédelmének vizsgálata ..... | 1-2 | 37 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|----|

## Készülékek, berendezések

|                                                                                                |     |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Tóth Ferenc: Tárolótartály-fenéklemes vizsgáló mérőrendszer .....                              | 1-2 | 39 |
| Jim Whyte: A Sitiescan digitális ultrahangos készülékcsalád .....                              | 1-2 | 42 |
| Lehofer Kornél: Hangdiagnosztika korszerű kéziműszerrel .....                                  | 1-2 | 43 |
| Graham Haines, Rózsa Sándor: Digitális falvastagságmérés többszörös visszhang módszerrel ..... | 1-2 | 44 |
| Lehofer Kornél: Equotip szabványosított dinamikus keménységmérés .....                         | 1-2 | 46 |

## Szemle

|                                                                                                                            |     |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Békési András: A minőségbiztosítást és az anyagvizsgálatot segítő számítógépes adatgyűjtő és adatkezelő rendszer .....     | 1-2 | 48 |
| Mohácsi Gábor: DeFelsko® 100 ultrahangos bevonatvastagság-mérő .....                                                       | 1-2 | 48 |
| Lehofer Kornél: Diffu-Therm környezetbarát repedésvizsgáló készítmények .....                                              | 1-2 | 49 |
| Bácskai Péter: A közbenső rudak vizsgálata a Paksi Atomerőműben .....                                                      | 1-2 | 50 |
| Porkohászati termékek ellenőrzése rezonancia módszerrel – Fékbetétek ultrahangos vizsgálata (Krautkrämer GmbH & Co.) ..... | 3   | 81 |
| A korrózió kockázatának becslése vasbetonban (Procequ SA) .....                                                            | 3   | 82 |

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

|                                                                                               |   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| Lehofer Kornél: Kisciklusú fárasztó igénybevételek egyenértékűsége növelt hőmérsékleten ..... | 4 | 97  |
| Gácsi Zoltán, Sárközi Gábor: Töretfelületek sztereológiai jellemzési lehetőségei .....        | 4 | 103 |

## ANYAGOK

|                                                                 |   |    |
|-----------------------------------------------------------------|---|----|
| Kovács József: A XXI. század szerkezeti anyaga a szénszál ..... | 3 | 83 |
|-----------------------------------------------------------------|---|----|

## KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

|                                                                                                                                                     |   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| A beton vizsgálata és minőségellenőrzése (ELE International Ltd.) – Alakváltozás-mérés rugalmas anyagokon (VIPS No. 17–1997. DIV 31. Sensors) ..... | 3 | 72  |
| Tóth Péter: Érintésmentes finomnyúlásmérők .....                                                                                                    | 3 | 73  |
| Szemek, amelyek sohasem alszanak (SPM Instrument Int. GmbH.) .....                                                                                  | 3 | 75  |
| Mohácsi Gábor: NCAT-készülék: termikus bitumentartalom-mérő .....                                                                                   | 3 | 76  |
| Papp Balázs: A világ legkisebb spektrométere .....                                                                                                  | 3 | 77  |
| Tóth Péter: TESTOR 2000: az ezredforduló keménységmérője .....                                                                                      | 4 | 110 |

## SZEMLE

|                                                                                 |   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| Instron szoftver a Marks & Spencer textílvizsgáló módszereihez .....            | 3 | 82  |
| Lehofer Kornél, Tóth László: Anyagvizsgálóink emlékülése Miskolc-Tapolcán ..... | 4 | 107 |
| Törésmechanikai szeminárium .....                                               | 4 | 108 |
| Borbás Lajos: Duna-Adria szimpózium .....                                       | 4 | 109 |

## MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

|                                                                                                  |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| Róth András: V. Magyar Minőség Hét .....                                                         | 1–2 | 53  |
| Koczor Zoltán, Marschall Marcell: Anyagvizsgálóink sajátosságok a minőségügyi rendszerekben      |     |     |
| 1. rész: Az anyagvizsgálat és a minőségbiztosítás kapcsolódása .....                             | 3   | 86  |
| 2. rész: Az anyagvizsgálat helye a minőségügyi rendszerekben, minőség az anyagvizsgálatban ..... | 4   | 116 |

## MÉRŐFÖLDKÖVEK

|                                                             |     |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|-----|
| Lehofer Kornél: A honi anyagvizsgálat rövid története ..... | 3   | 61  |
| Antianyag-atomok .....                                      | 1–2 | 57  |
| Dr. Réti Pál .....                                          | 4   | 121 |

## BEMUTATJUK A ... LABORT

|                                                                                       |   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| Mustos Péter: A Diósgyőri Gépgyár anyagvizsgáló tevékenységének rövid története ..... | 4 | 120 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|

## KÖNYVISMERTETÉS

|                                                                                                         |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| Tóth László: Prof. W. Schatt – Prof. H. Worch: Werkstoffwissenschaft (Anyagtudomány) .....              | 1–2 | 56  |
| Lehofer Kornél: H.P. Rossmanith (Ed.): Fracture Research in Retrospect (A töréskutatás története) ..... | 4   | 109 |

## HÍREK

## ESEMÉNYNAPTÁR

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

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

**Az ARC-MET spektrométerek előnyösen alkalmazhatók például:**

- karbantartások minőségbiztosítási feladataihoz, megelőzve az esetleges anyagcserélésből adódó károkat, üzemzavarokat például az erőművi, vegyipari, gyógyszer- és élelmiszeripari technológiai berendezések javításakor;
- acél- és fémöntvényekben a betét összeállításához és az adagvezetéshez; műbizonylatok kiállításához;
- a beérkező szállítmányok gyors ellenőrzéséhez;
- az acél-, a fémötvözet-, illetve a fémhulladék-kereskedelemben azonosításra és az elvesztett vagy hiányos műbizonylatok pótlására.

A hordozható **X-MET 880** és az **X-MET 930**, de az asztali **X-MET 820** és **920 röntgenfluoreszcens analízátorok** sokcélú használatra alkalmas kivitelűek. **Tömör minták, porok és folyadékok egyaránt elemezhetők** azonos készülékkel, egyszerű programváltással és percek alatt!

**Az X-MET spektrométerek jól beilleszthetők** mind a minőségbiztosítási és folyamat-szabályozási, mind a környezet-ellenőrzési rendszerekbe. **Előnyösen alkalmazhatók például:**

- erőművekben a szenek meddőtartalmának és fűtőértékének folyamatos ellenőrzéséhez;
- cementek, ásványok és kőzetek elemzéséhez;
- kőolajfinomítóknál, a folyékony üzemanyagot szállítóknál és forgalmazóknál a dízel- és fűtőolajok, illetve a benzinek szennyező- és adalékanyag-tartalmának ellenőrzéséhez;
- nemesfém-, réz-, nikkelötvözetek, hő- és korrózióálló acélok elemzéséhez;
- környezetszennyezések helyszíni gyors felméréséhez.

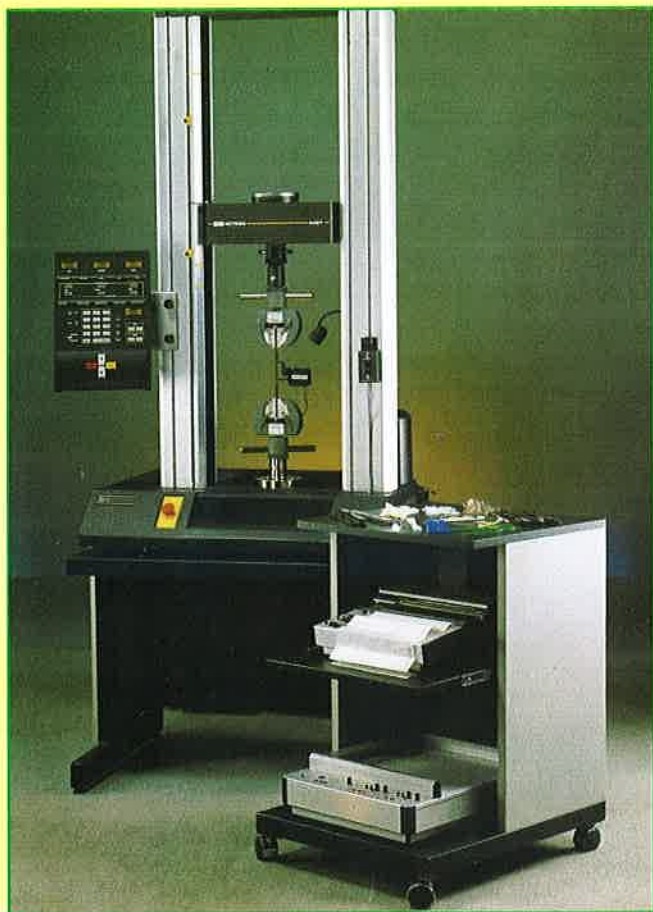
**Kérjen ajánlatot! TESTOR** – Budapest XII., Meredek u. 45. • Telefon: 319-4728 • Fax: 319-2284



ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA



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





# **WE MAKE THE BRAKE!**

**PNEUMATIKUS FÉK- ÉS FELFÜGGESZTÉSI RENDSZEREK  
HASZONGÉPJÁRMŰVEKHEZ**

**ABS/ASR, PNEUMATIKUS MŰKÖDTETÉSŰ TÁRCSAFÉK,  
ELEKTRONIKUS FÉK- ÉS SEGÉDRENDSZEREK**

**FEJLESZTÉS, GYÁRTÁS ÉS ÉRTÉKESÍTÉS:**

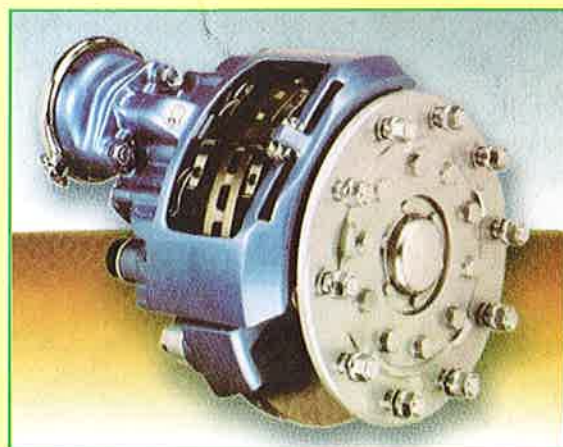
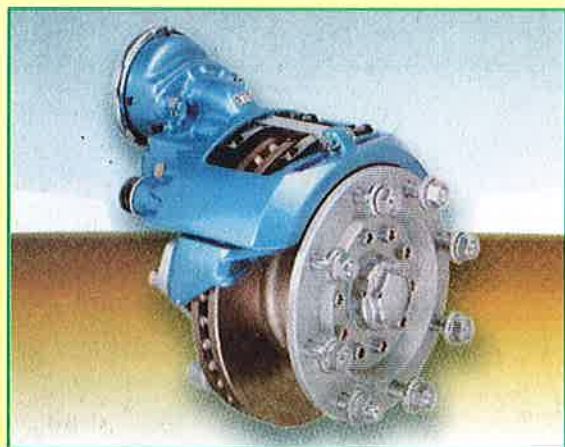
6000 Kecskemét, Szegedi út 49.

Tel.: (76) 511-100 • Fax: (76) 481-100

**ELEKTRONIKUS RENDSZERFEJLESZTŐ INTÉZET:**

1111 Budapest, Sztoczek u. 6. J. 307.

Tel.: (1) 463-1615 • Fax: (1) 463-3978



**KNORR-BREMSE**  
**Fékrendszerek Kft.**

