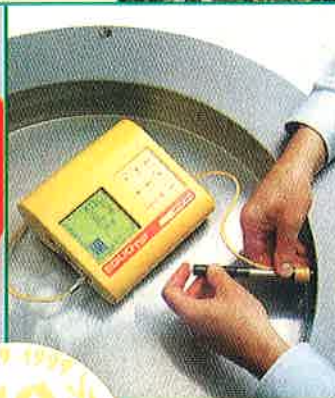


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

9. ÉVFOLYAM
1. SZÁM
1999.

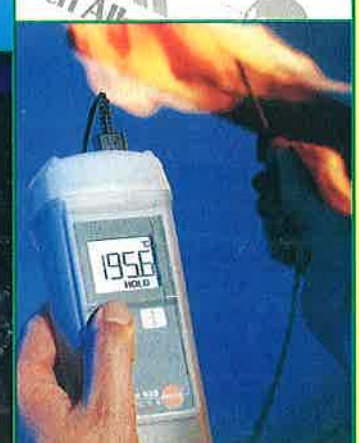


TANÚSÍTVÁ

TESTOR

ISO 9002

Anyagvizsgálat - Méréstechnika



TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

a



vizsgálóberendezések
hivatalos forgalmazója

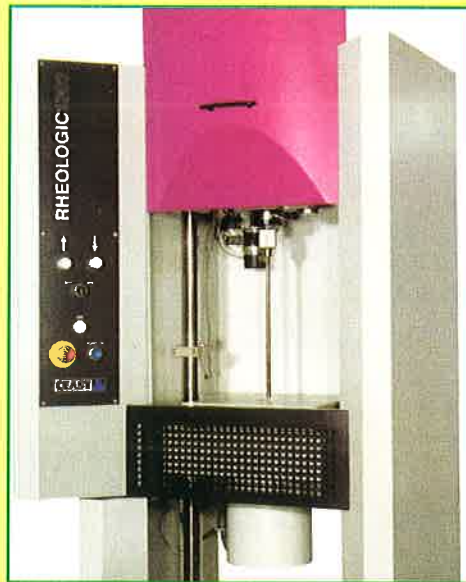
MŰANYAGOK VIZSGÁLÓBERENDEZÉSEI

⇒ az alakíthatósági jellemzők méréséhez

folyásindex-mérő



rheometer



⇒ a HDT- és Vicat-hőmérséklet méréséhez



⇒ a villamos jellemzők méréséhez



átütésszilárdság-mérő



a tűz- és hőállósági
jellemzők méréséhez



ködképződés-mérő

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR BT.** címén
Budapest XII., Meredek u. 33.
1538 Budapest, Pf. 528.

Telefon: 319-4782

Telefax: 319-2284

E-mail: info@testor.hu

Internet: www.testor.hu

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

dr. Koczor Zoltán

Ruzicska György

dr. Pólos László

dr. Tóth László

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1999-re

(1–4. szám): 2.100,- Ft

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

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

1119 Budapest, Nándorfejérvár köz 15.

Tel./Fax: 204-0510

Előkészítés: **PC-PRINT BT.**

Tel.: 205-6399

FIGYELEM!

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

ISSN 1215-8410

Beköszöntő

Lapunk 9. évfolyamának 1. számát átnyújtva tisztelettel köszöntöm az Olvasót, kívánva eredményekben gazdag, sikeres esztendőt, és azt, hogy maradéktalanul megvalósuljanak terveik, köztük a vizsgálati és mérés technikájuk fejlesztésére vonatkozó célkitűzéseik is.

A vizsgálóberendezések és műszerek célszerű kiválasztásához ajánlhatom

– a *Labortechnika 1999 kiállítás*

(február 9–12. Budapesti Vásárcsopont F pavilon),

– a *Magyar Regula kiállítás* (február 16–19. Budapest Sportcsarnok)

megtekintését, valamint a részvételt, a már hagyományos rendezvényünkön,

– az *Anyagvizsgálók Lapja Fórumon*

(február 16. 10–15 óra, Budapest Sportcsarnok),

amelynek programját mellékeljük, s amelyre szerkesztőbizottságunk minden érdeklődőt szeretettel vár.

E rendezvények aktív közreműködője lapunk kiadója, a Testor Bt. is, amely következetes üzletvitelével a szakterületünkön tevékenykedő kereskedő cégek közül az elsőik között szerezte meg az ISO 9002 szerinti minősítést. Gratulálunk!

A Testor alapításának 10. évfordulója alkalmából a cég vezetőjével, Szappanos Györggyel készített interjúkat a Bemutatjuk a... rovatunkban olvashatják. Az Anyagvizsgálók Lapja alapításának célját firtató kérdésre tömören így válaszolt: „Az anyagvizsgáló szakma támogatására.” Úgy gondoljuk, – s ebben olvasóink visszajelzései is megerősítenek minket –, hogy lapunk tartalma a lapalapítás célját szolgálja; mégis, az „*egyetlen szívfájdalmam, hogy az igazán kitűnő cikkek, melyek az elmúlt 8 év alatt születtek, korlátozottan jutottak el azokhoz, akiknek szántuk*” megjegyzését szerkesztőbizottságunk is osztja.

Ezért is határoztuk el az eddigi nyolc évfolyam tartalmának tematikus áttekintését és megjelentetését – amelyet lapunkhoz is mellékelünk – és széles körű terjesztését, még az Internet útján is, hogy azok figyelmét is felkeltsük lapunk iránt, akik eddig nem, vagy csak esetenként találkoztak lapunkkal. Például azért, mert munkahelyük vezetői csak egy példányban rendelik meg lapunkat, amely azonnal a vállalati könyvtár polcára kerül és nem a gyakorló anyagvizsgálókhöz munkahely-közelbe.

Szeretnénk az ilyen és más, a hasznos szakmai információk terjedését nehezítő gyakorlatot – szakmai közösségünk segítségét kérve – megváltoztatni. Összefogással sikerülhet!

Mi változatlanul arra törekszünk, hogy lapunk szakmai tapasztalatcsere fórumot biztosítson a minőség, a megbízhatóság és a biztonság szolgálatában. Ehhez továbbra is azt kérem:

Szerkesszük együtt az Anyagvizsgálók Lapját!

Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

Tisztelt Olvasó!

Ha lapunkra elő kíván fizetni, szíveskedjék kitöltve visszaküldeni a mellékletben található Megrendelési űrlapot.

Tisztelt Előfizetőnk!

Előfizetése 1999. évi megújításához közvetlenül számlát küldünk.

Köszönjük érdeklődését!

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK - TESTING METHODS - PRÜFMETHODEN

Tóth Ferenc:

- Roncsolásmentes anyagvizsgálat elektromágneses úton keltett ultrahanggal
Non-destructive testing by ultrasonic generated way of elektro-magnet — Zerstörungsfreie Prüfung mit elektromagnetisch erregte Ultraschall 3

Krállics György, Lovas Jenő, Montvai Csaba:

- Az alakváltozási energiasűrűsége épülő R-görbe
R-curve based on strain energy density — Auf Formänderungsenergiegedichte beruhete R-Kurve 9

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK - INSTRUMENTS, EQUIPMENTS - GERÄTE, ANLAGEN

Thamm Frigyes, Borbás Lajos:

- Erőmérő cellák és tulajdonságai, I. rész — Load cells and your properties, Part 1 — Kraftmeßdosen und ihre Eigenschaften, 1. Teil 12

Tóth Péter:

- Műanyagok vizsgálóberendezései, II.
Instruments for testing of plastics, II — Geräte für Prüfung der Kunststoffe, II. 17

Mohácsi Gábor:

- Fényesség és rétegvastagság mérése egy készülékkel
Measurement of coating, s gloss and thickness with the same instrument — Glanz- und Dickemessung des Überzug mit identisch Meßgerät 19

KÖNYVISMERTETÉS - BOOK REVIEW - BUCHBESPRECHUNG 19

BEMUTATJUK A ... LABORT - THE ... LABORATORY IS INTRODUCED - WIR STELLEN DAS LABOR.....VOR

Tarnai György:

- Néhány sor a Marovisz tevékenységéről
Some words about the activity of Marovisz (NDT organiation) — Einige Worte über die Tätigkeit der Marovisz (ZfP Organisation) 20

Lehofer Kornél:

- Tízéves a Testor Bt. — The Testor Bt. is ten years old — Die Testor Bt. ist zehnjährig 21

ANYAGOK - MATERIALS - MATERIALEN

Rózsavölgyi Zsolt:

- Az öregítés hatása a 9-12% Cr-tartalmú acélok tulajdonságaira
Effect of the ageing to properties of the 9-12% chromium steels
Effekt der Alterungsbehandlung für Eigenschaften der 9-12% Chromstähle 22

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS - QUALITY ASSURANCE - QUALITÄTSSICHERUNG

Majoros András:

- Egy körvizsgálat tapasztalatai
Experience of a round robin testing — Erfahrungen der eine Rundprüfung 24

Róth András:

- A VII. Magyar Minőségi Hét — 7th Hungarian Quality Week — VII. Ungarische Qualitätswoche 28

Koczor Zoltán, Marschall Marcell:

- A minőségügyi technikák anyagvizsgálati vonzatai, 1. rész
Material testing relations of quality assurance technique, part 1 — Materialprüfungsneigungen der Qualitätssicherungstechniken 29

Tarnai György:

- Mivel foglalkozik az MHE ATB?
About the activity of the Hungarian Certification Committee for Material Tester
Über die Tätigkeit des Ungarisches Zertifizierungskomitee für Materialprüfer 31

SZABVÁNYOSÍTÁS - STANDARDISATION - NORMUNG

Szabó József:

- Szabványosítási helyzetkép
Review about the standardization — Rundschau über der Normung 34

MŰSZERES ANALITIKA - ANALYSIS WITH INSTRUMENT - INSTRUMENTELLE ANALYSE

Posta József:

- A kombinált műszeres módszerek jelentősége a környezetanalitikában
Importance of the combination instrumental methods in environmental analysis
Bedeutung der kombinierte instrumentelle Methoden in Umgebungsanalysen 35

MÉRFÖLDKÖVEK - MILESTONE - MEILENSTEIN

- Török Tibor 39

ESEMÉNYNAPTÁR - CALENDER OF EVENTS - AKUALITÄTKALENDER 40

Roncsolásmentes anyagvizsgálat elektromágneses úton keltett ultrahanggal

Tóth Ferenc*

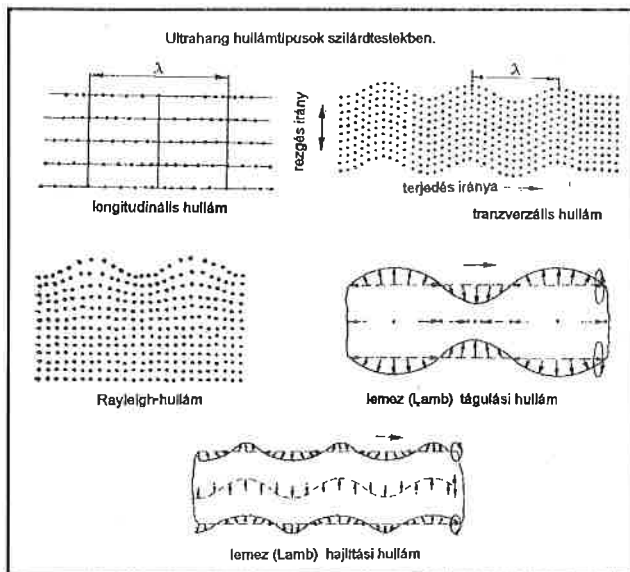
Ultrahangos anyagvizsgálat

Gépipari termékek belső hibái, méretváltozásai roncsolásmentesen ultrahang segítségével vizsgálhatók.

Piezokristállal keltett, 1-20 MHz frekvenciájú rövid impulzusok a munkadarab közeghatárain, anyaghibáin reflektálódnak, szóródnak vagy elhajlanak. Ezek detektálásával a vastagság, a belső hibák helye, mérete meghatározható [1, 2, 3]. A reflektált, vagy szóródott jel amplitúdója a hiba méretével arányos, a gerjesztés és visszaverődés időkülönbségéből pedig – ismerve a kérdéses anyagra vonatkozó ultrahang terjedési sebességet – az anyagvastagság megadható.

Ultrahang gerjesztésére és detektálására általában piezoelektromos kristályokat használnak. Előnyük, hogy előállításuk egyszerű, érzékenyséjük nagy és ezért a mérőberendezés is aránylag olcsó.

Szilárd testekben az ultrahanggal keltett anyagrézecske-elmozdulások különböző formájú mechanikai hullámokként terjednek, ezek főbb típusai, illetve módusai (1. ábra):



1. ábra. Ultrahang hullámtípusok szilárdtestekben

- longitudinális nyomáshullám,
- transzverzális vagy nyíráshullám,
- felületi (Rayleigh) hullám,
- aszimmetrikus lemez (Lamb) hajlítási hullám és
- szimmetrikus lemez (Lamb) tágulási hullám.

Lamb-hullámok akkor keletkeznek, ha a felületi hullámok hullámhossza meghaladja a lemezvastagságot.

A transzverzális vagy nyíráshullámok polarizációja lehet horizontális, vertikális vagy sugárirányú; ilyenkor az anyagrézecskek elmozdulása merőleges a hullámmozgás irányára. Ezek terjedési sebességénél a longitudinális hullámok sebessége – amelyeknél a részecske-elmozdulások iránya egybeesik a haladási iránnyal – kb. kétszer nagyobb.

Ha az ultrahang beesési szöge az anyagban eltér a merőlegestől, különböző módus konverziók jöhetnek létre, amelyek kevert, többszörös reflexiói a vevőszondában nehezen kiértékelhető jeleket eredményeznek; ezért nagyon fontos az adott geometriájú munkadarabokhoz

az optimális gerjesztési módus megválasztása. Homogén anyag repedés jellegű hibáit többnyire ferde beesési szögű transzverzális hullámokkal keresik, de az ausztenites acél hegesztési varratainak vizsgálatakor a longitudinális gerjesztés ad esetenként jobb eredményt.

Az inhomogén, durva szemcsés anyagok, a hegesztési varratok megváltoztatják a rezgések fázisát, sebességét, ezért a sugárnyaláb iránya, futási ideje számottevően szóródik. Ezeknél a méréseknél a horizontális polarizációjú gerjesztés választása célszerű, mivel ez a módus szóródik legkevésbé. Ilyen rezgési módus ugyan polikristályokkal is keltethető, de a szükséges csatolóközeg miatt a rezgés a munkadarabra nem nagyon vihető át.

A különböző gerjesztési módusok fontosabb alkalmazási lehetőségeit (leegyszerűsített formában) az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: Az ultrahang gerjesztési módusainak alkalmazásai

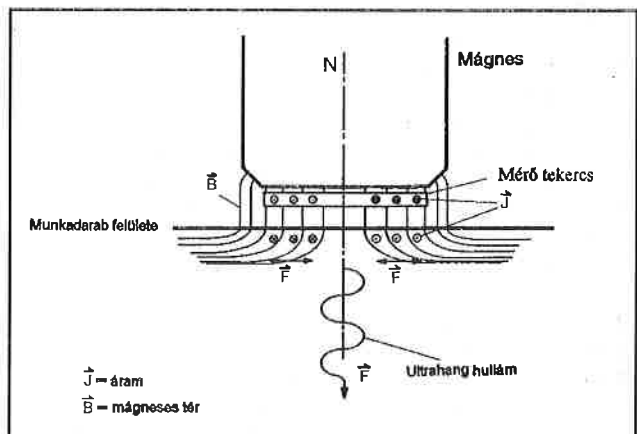
Módus:	Alkalmazások
Longitudinális	Vastagságmérés Ausztenites varratok vizsgálata Magas hőmérsékletű acélok ellenőrzése
Vertikális	Ferdeszögű hibavizsgálat
Nyíráshullám	Vékony lemezek, csövek mérése
Horizontális	Felület közeli hibadetektálás Ausztenites varratok ellenőrzése
Rayleigh	Felületi, felület közeli hibavizsgálat
Lamb	Lemez, szalag és cső falvastagságának mérése, rétegezetheység kimutatása

Elektromágneses gerjesztéssel keltett ultrahangok (EMAT: electromagnetic-acoustic transducer)

Fémekben – statikus mágneses tér jelenlétében – nagyfrekvenciás gerjesztésű tekercs segítségével is létrehozható mechanikai vibráció. A tekercs árama által keltett elektromágneses tér (2. ábra) a közelében levő tárgyban örvényáramokat kelt és a statikus mágneses térrel együtt mechanikai erőhatás keletkezik [4, 5]. Az erőhatás nagysága az örvényáram és a mágneses indukció vektorszorzata:

$$\vec{F} = \vec{I}_w \times \vec{B}$$

ahol \vec{I}_w az örvényáram értéke, \vec{B} a mágneses indukció és \vec{F} az ún. Lorenz-erő.



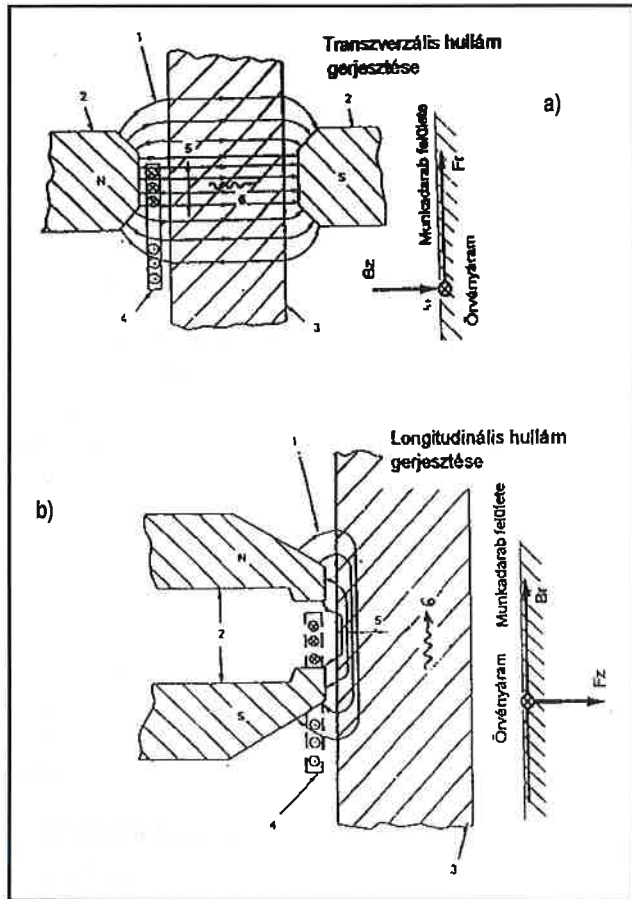
2. ábra. Ultrahangok gerjesztése elektromágnessel

* MTA KFKI Szilárdtestfizikai és Optikai Kutató Intézet

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az anyag felületére merőleges irányú mágneses térnél a Lorenz-erő a felülettel párhuzamos és ezért transzverzális rezgéshullámokat kelt, amelynek periódus ideje megegyezik a gerjesztő elektromágneses tér periódusával (3a. ábra).

Felülettel párhuzamos sztatikus mágneses térnél kompressziós, azaz longitudinális rezgéshullámok keletkeznek (3b. ábra).



3. ábra. Ultrahang gerjesztése EMAT eljárással
1) Mágneses erővonalak, 2) Mágnes, 3) Minta, 4) Síktekerces, 5) Anyagrészecskék elmozdulásának iránya, 6) Ultrahang terjedési iránya.

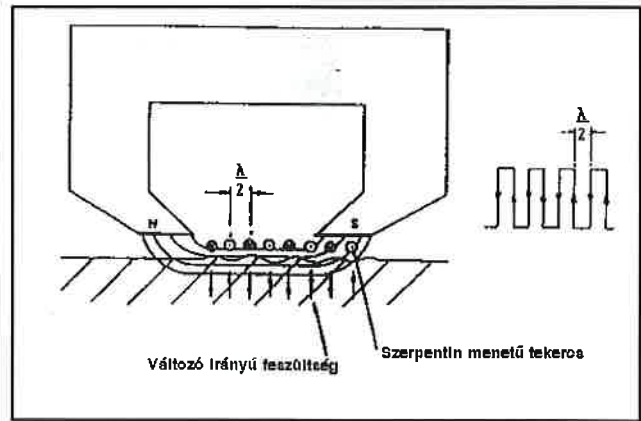
Szerpentin menetű tekercsnél a gerjesztett felületi (Lamb) rezgések hullámhossza a menetemelkedés kétszerese (4. ábra).

A jeldetektálás fordított mechanizmus alapján történik: mágneses tér jelenlétében az elmozduló anyagrészecskék a külső mérőtekercsben feszültségváltozást indukálnak, amely megfelelő erősítés után kijelzőre vihető. Az ultrahang gerjesztése és detektálása közvetlen kontaktus nélkül történik, a hibadetektálás, vastagságmérés azonban azonos a piezoelektromos metodika gyakorlatával (5. ábra).

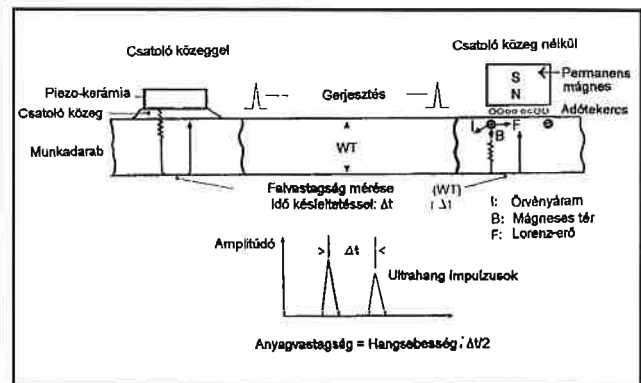
Ferromágneses anyagok nagy permeabilitása egyrészt megnöveli az anyagon belüli mágneses tér értékét, másrészt módosíthatja irányítottságát és megváltoztathatja a doménszerkezetet is. A doménmozgás méretváltozással jár; az így létrejövő méretváltozást magnetostrikciónak nevezik. A 6. ábrán nem mágnesezhető anyagban Lorenz-erővel gerjesztett Lamb-hullám, illetve ferromágneses alapanyagban magnetostrikcióval keltett Lamb-hullám típusú EMAT vázlatát látható.

Ugyanaz a vizsgálófej vagy egy másik – hasonló felépítésű – szonda detektálja a Lamb-hullámok okozta – periodikus mechanikai feszültségváltozással keltett – mágneses permeabilitás modulációt, azaz a mágneses indukció intenzitás oszcillációt.

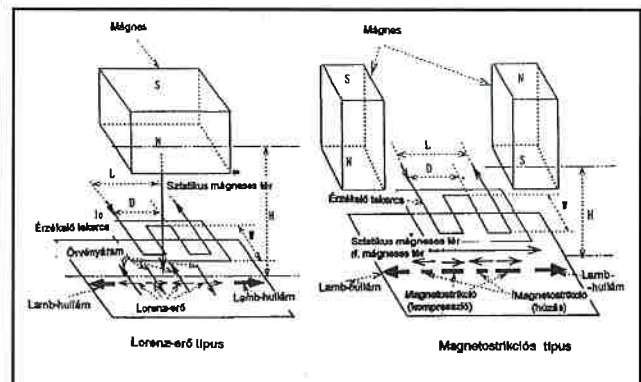
Az EMAT mérőrendszer hatásfokát az anyagjellemzőkön, az elektromos vezetőképességen, a permeabilitáson és az ultrahang csillapítási tényezőjén kívül a következő mérőkörü paraméterek is befolyásolják:



4. ábra. EMAT felületi hullám gerjesztése



5. ábra. Ultrahangos falvastagságmérés csatoló közeggel és anélkül



6. ábra. Lorenz-erő és magnetostrikciós típusú EMAT

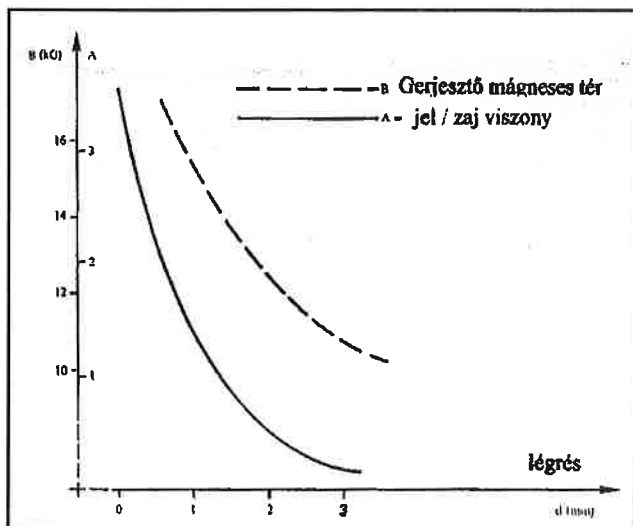
- a mágneses tér értéke,
- az örvényáramok intenzitása,
- a gerjesztő és a detektor tekercs mérete,
- a detektor tekercs menetszáma,
- a szonda és munkadarab közötti távolság.

Az EMAT detektorok érzékenysége lényegesen kisebb a piezoelektromos kristályok érzékenységénél; a jel amplitúdó $B^2 I_w$ -vel arányos (7. ábra), emiatt használnak mindig nagy sztatikus mágneses teret és nagyáramú gerjesztést [6].

Permanens vagy elektromágnessel előállított tér tipikusan 0,3-1,5 T nagyságú a váltóáramú gerjesztőtér frekvenciája a feladattól függően 500 kHz-5 MHz, 2-10 μ s hosszúságú, 50-150 A erősségű impulzus csomagokból áll.

A mérőszonda hatásos felülete 2-20 cm², a szonda és munkadarab közötti légréteg 1-3 mm. Magas hőmérsékletű vizsgálatoknál (~1300 °C) a mérőfej természetesen vízűtött.

A sztatikus mágnesező tér irányítottságával, a gerjesztő tekercs

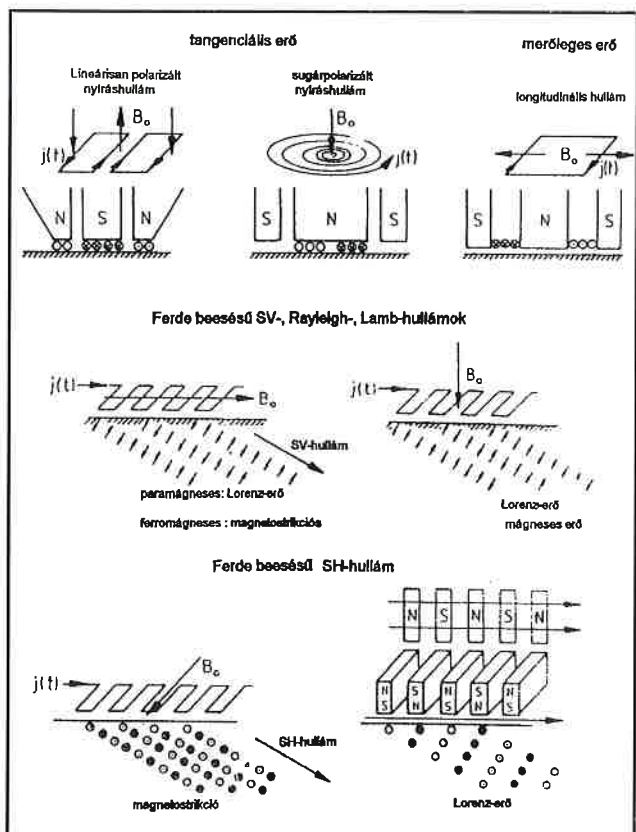


7. ábra. Az EMAT detektorok jellemzői

különböző geometriájú kiképzésével sokféle hullám módus gerjeszthető és detektálható. Szerpentin menetű tekercssel, a felülettel párhuzamos vagy merőleges mágneses térrel vertikális polarizációjú nyíró, Rayleigh- és Lamb-hullámok egyaránt kelthetők [7].

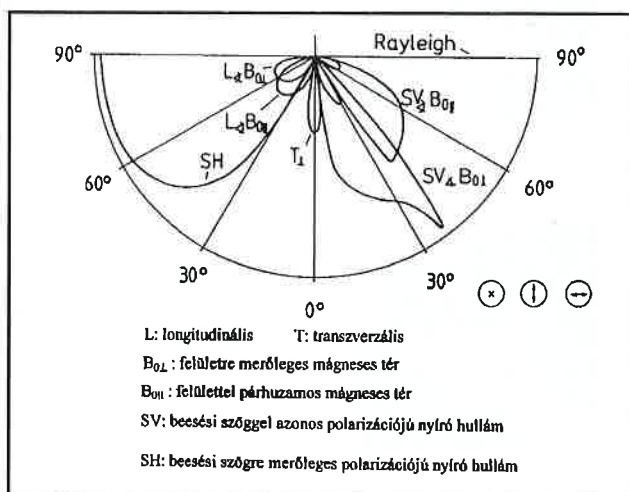
Ferromágneses anyagoknál, ha a tér a felülettel párhuzamos, a szerpentin elrendezésű tekercs horizontális polarizációjú ultrahangot gerjeszt.

Nem mágnesezhető anyagoknál a horizontális polarizációjú rezgés periódikusan változó irányítottságú mágnesező térrel valósítható meg; négyzet keresztmetszetű tekercsnél és váltakozó irányú mágneses térenél merőleges beesésszögű lineáris polarizációjú nyíró- és longitudinális hullám keletkezik (8. ábra). Felületre merőleges homogén mág-



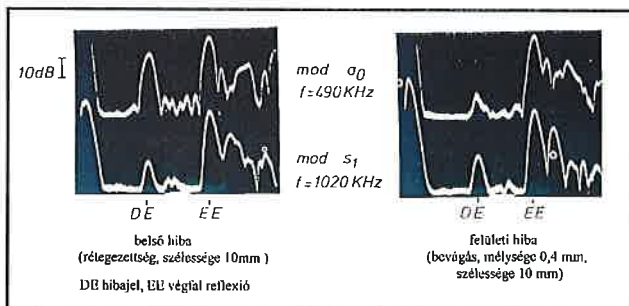
8. ábra. Különböző hullámok gerjesztése a nem mágnesezhető fémekben

neses tér és spirál formájú tekercs sugárirányban polarizált nyíróhullámokat eredményez. A 9. ábra azokat a szögtartományokat mutatja, amelyekben a felsorolt hullámtípusok a legnagyobb hatásokkal keltethetők.



9. ábra. A 8. ábra hullámtípusai gerjesztésének szögtartományai

A különféle gerjesztési módok elektronikusan könnyen válthatók, ezért a különböző típusú hibák jelei szétválaszthatók. A 10. ábra 0,4 mm vastagságú lemezben levő belső rétegezetség, illetve felületén levő 0,4 mm mélységű bevágás reflexiók jelét mutatja két gerjesztési módnál és két mérőfrekvenciánál.



10. ábra. Példa a különböző hibajelek szétválasztására

Alkalmazások

Hegesztési varratok vizsgálata

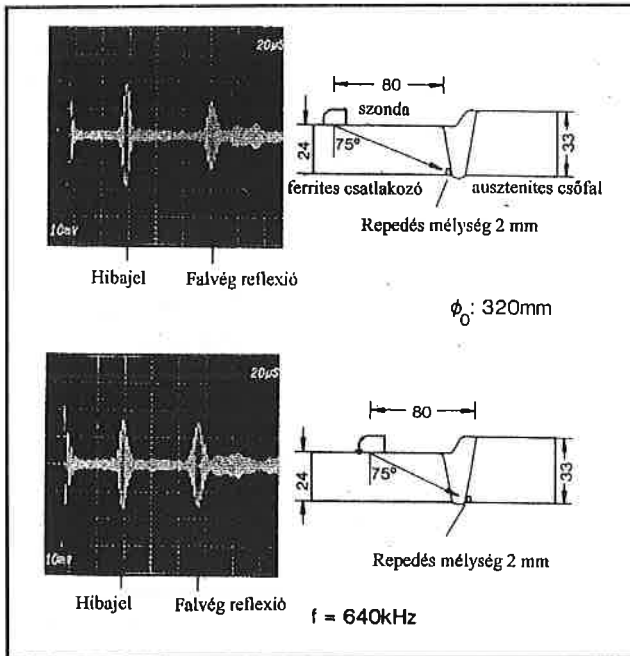
Auszténites munkadarabok ultrahangos vizsgálatát a nagyméretű szemcsék és az elasztikus inhomogenitások megnehezítik [8]. Elektromágneses úton azonban gerjeszthetők horizontális polarizációjú ultrahangok, amelyek előnyei:

- az alapanyag/varrat átmenet nem okoz módusváltást;
- az alapanyag/varrat átmenet akusztikusan átlátszó, nagy beesési szögtartományon belül;
- az auszténites varrat nem okoz nagy nyalábtorzulást és elhajlást;
- a hegesztési korona és a gyök kis jelet ad nagy nyaláb beesési szögénél.

A 11. ábra auszténites csővezetékhez hegesztett ferrites acél elágazás varrathibájának jelét szemlélteti [9].

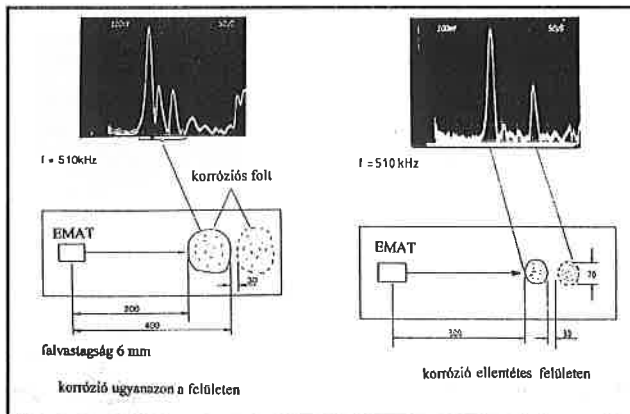
Korrózió vizsgálata

Nagyméretű felületeken (pl. olaj- és gáztároló tartályok 500-100 m²-es fenéklemeze) az ultrahangos falvastagságmérés nagyon lassú és költséges. Csatolóközeg nélküli horizontális polarizációjú EMAT ger-



11. ábra. Vegyes kötésű hegesztési varrat vizsgálata.

jesztésű vizsgálattal a feladat sokkal gyorsabban elvégezhető, az irányított sugárnyaláb kb. 1 m távolságon belüli korróziós foltoknál, pittingeknél jól detektálható reflexiók jeleit produkál abban az esetben is, ha a vizsgált szonda és a károsodás ellentétes lemezoldalon van (12. ábra).



12. ábra. Tartályfenék vizsgálata korrózióra.

Mélyhúzóhatóság vizsgálata

Hidegen hengerelt alumínium- és acéllemezek textúrája, a kristallitos irányítottsága, a nyújthatóság kis mértékben anizotrop.

Ilyen anyagok formálhatóságának jellemzésére a lemezből kimunkált próbatestet szakítóvizsgálat előtti és utáni szélességéből és vastagságából számítható valódi nyúlások viszonyát megadó r tényezőt vezették be [10]:

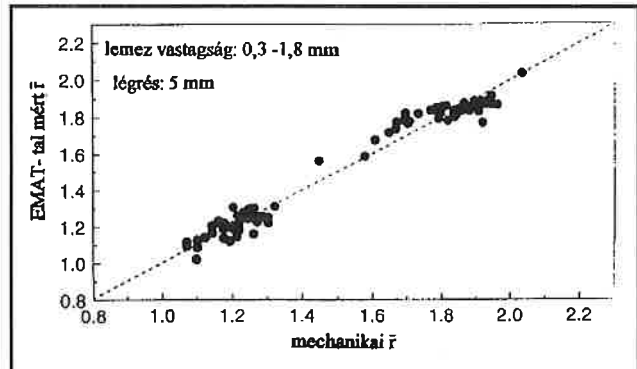
$$r = \ln(W_b/W_a) / \ln(T_b/T_a),$$

ahol W a szélességet, T a vastagságot jelöli. Az \bar{r} értékét a lemez hengerlési irányához képest 0° -, 45° - és 90° -ban kimunkált próbatesteken mért r értékek átlagaként határozzák meg:

$$\bar{r} = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4.$$

Az így – roncsolásos eljárással – meghatározott átlagos formálhatósági index azonban jó korrelációban van az ultrahang terjedési sebességével, amelyet a hideghengerlés során a gyártósorba telepített EMAT mérőberendezéssel folyamatosan mérni lehet. Mivel a lemezek

vékonyak (≤ 2 mm), ezért a lemez és a mérőszonda közötti légrés akár 5 mm-ig is növelhető. A 13. ábra különböző széntartalmú és változó vastagságú acéllemezek mechanikai és magnetostrikciós EMAT eljárással meghatározott formálhatósági indexeinek korrelációját mutatja 300 m/perc hengerlési sebességnél.



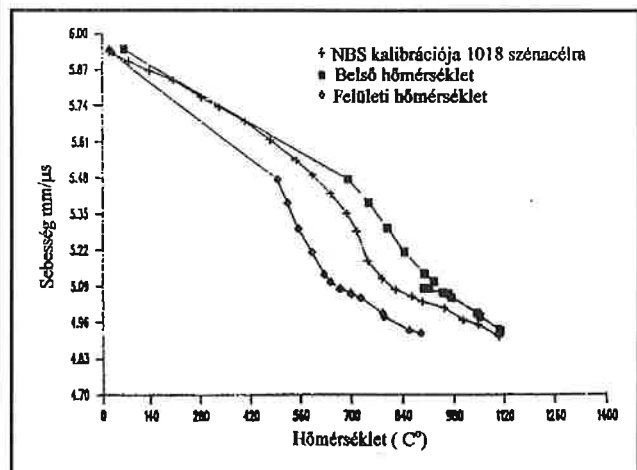
13. ábra. A roncsolásos és az EMAT-tal mért r értékek korrelációja.

Magas hőmérsékletű anyagvizsgálat

Folyamatos öntésnél, bugák hengerlésénél, varrat nélküli csőgyártásnál a magas hőmérsékletű munkadarabok folyamatos hibavizsgálata csak közvetlen érintkezés nélkül végezhető. Vízűtött EMAT mérőfejekkel repedések, egyéb belső hibák folyamatosan ellenőrizhetők és ezáltal az osztályozáson kívül lehetőséget nyújt a gyártási folyamat korrekciójára is. Különböző üzemekben 950°C - 1300°C hőmérsékletű félgyártmányokat tesztelnek ilyen berendezésekkel [11].

Mivel az ultrahang terjedési sebessége függ a hőmérséklettől, ezért az adott alapanyagra vonatkozó kalibrációval a buga felületi, illetve bugán belüli hőmérséklet is meghatározható EMAT segítségével.

A 14. ábra az ultrahang terjedési sebességének hőmérsékletfüggését mutatja; a lineáristól való eltérés a Curie-hőmérséklet alatt bekövetkező magnetostrikciós hatás következménye, amely természetesen a nem mágnesezhető anyagoknál nem jelentkezik.



14. ábra. Az ultrahang terjedési sebességének hőmérsékletfüggése

Folyamatos öntésnél a bugák belső hőmérsékletének ismeretében meghatározható a hengerlés előtti újramelegítés, illetve hűtés szükséges mértéke.

Mechanikai belső feszültség mérése

Hengerelt vasúti sínek elterjedésével szükségessé vált a szokásos nappali/éjszakai illetve nyári/téli hőmérséklet-változások okozta nyomó és húzó sínfeszültségek meghatározása. Ezek vizsgálatát nehezíti, hogy

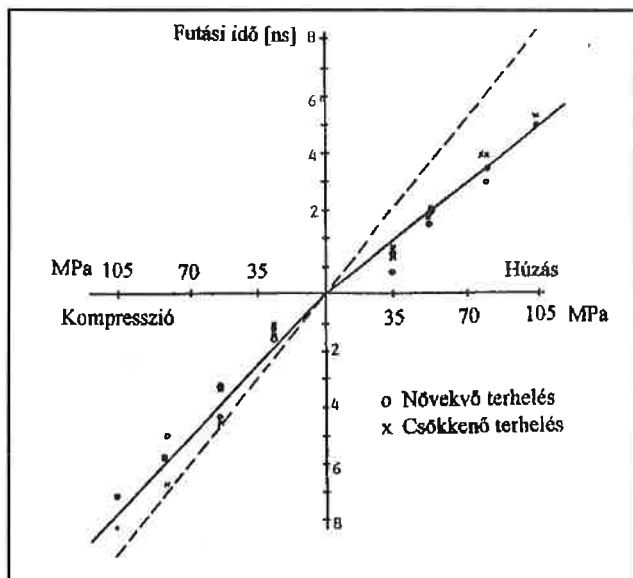
az alapanyag textúrája, a kialakult szemcseszerkezet anizotrópiája és a belső feszültség egyaránt befolyásolják a mérhető fizikai paramétereket.

Széles körű elméleti és kísérleti vizsgálatokból azonban kiderült, hogy a polikristályos acélokban és alumíniumban a feszültségtenzor szimmetria tengelye mentén haladó nyírási horizontális hullám (SH) sebessége és polarizációja nem függ a textúrától feszültségmentes állapotban, ezért az SH-hullám sebessége ugyanakkora a sín futófelületén és talpán hosszmenti (hengerlési) és arra merőleges irányban. Így a sínre helyezett SH-módusú ultrahang futási idő azonos, ha az akusztikus út párhuzamos vagy merőleges a sín hosszával. (A futási idő értéke: $\tau = \tau_0 \cdot T \cdot \cos 4\Theta$, ahol Θ a sín tengelyéhez viszonyított szög, T a sín textúrájával meghatározott arányossági tényező).

A hosszmenti hőmérséklet indukálta feszültségnél a kifejezés $S \cdot \cos 2\Theta$ -val bővül, ahol S a feszültséggel arányos – a nyírási modulusztól függő – tényező: $S = \tau_0 \cdot \sigma / 4G$, ahol σ tengelymenti feszültség, G a nyírási modulusz, értéke acélnál: $0,8 \cdot 10^5$ MPa.

A τ futási idő Θ függésének mérésével S és T meghatározható, azaz a feszültség és textúra egymástól elválasztható mindenféle külön kalibráció és a metallurgiai tulajdonságok megadása nélkül [12].

A 15. ábrán a vasúti sín nyírási modulusza alapján számolt és ténylegesen mért hosszirányú feszültsége látható (a σ hosszmenti feszültséget $\sigma = 2G [(t_1 - t_2)]t$ kifejezés alapján számolták, ahol $t_1 - t_2$ a felületi SH-hullám feszültségirányra merőleges és párhuzamos futási ideje; t a gerjesztő és detektor sonda közti távolságra vonatkozó futási idő és G a nyírási modulusz).



15. ábra. A vasúti sínben mért és a számított hosszirányú feszültségek

Annak ellenére, hogy a sín textúrája lokálisan jelentősen változik, az egymásra merőleges irányú futási idők közötti különbség – jó közelítéssel – lineáris függvénye a mechanikai feszültségeknek, és a nyomó- és húzófeszültség ellentétes előjelű időkülönbségeket ad. A számolt és mért adatok a nyomott tartományban jó egyezést mutatnak, a húzott tartományban mutatkozó eltérést valószínűleg a sín felületi oxidációja okozza.

A feszültségmérés mélysége kb. 1 mm, görbült felületekhez (pl. a sín szára) egyszerű geometriai korrekciót kell alkalmazni.

Hőmérséklet-indukált feszültségmérés megadásához figyelembe kell venni a gyártás vagy a használat során kialakult maradó feszültség értékét is.

Japánban a Shinkansen vasúti sínek feszültségvizsgálatára kidolgozott berendezéssel érintés nélkül, előkészítetlen mintákon az elérhető pontosság 3 MPa, és az 1,4 mm légrésingadozás által okozott hiba sem nagyobb 14 MPa értéknél [13].

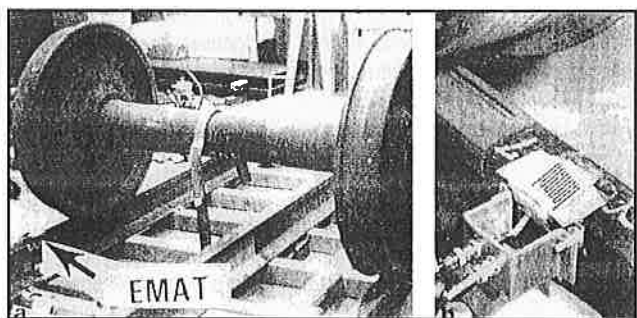
Vasúti kocsikerekek ellenőrzése

Gyártási maradék, dinamikus és sztatikus terhelés következtében felhalmozódó nagy értékű feszültség repedést válthat ki a futó felületeken, ha a kerék fékezés miatt jelentősen felmelegszik.

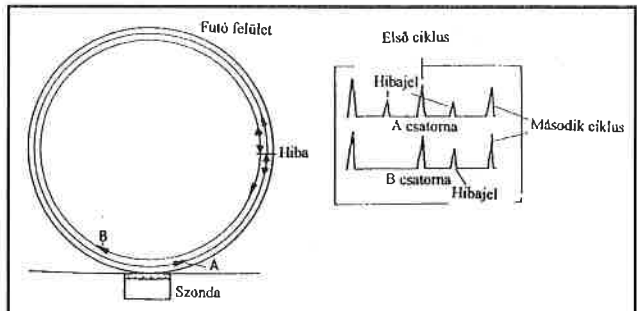
A futófelület repedéseinek jelzésére automatizált vizsgáló mérőrendszereket dolgoztak ki (Fraunhofer Int; NIST), amelyek az ellenőrző állomáson átgördülő minden egyes kereket menetközben képes bevizsgálni [14].

A sínbe épített EMAT típusú vizsgálófej (16. ábra) az átgördülő kerék által kiváltott startjelzés hatására a futófelületben két – ellentétes irányú – Rayleigh-hullámcsomagot indít, és a hibahelyről reflektált jeleket két csatornán veszi (17. ábra). A kiértékelést a vizsgálóállomáson elhelyezett számítógép végzi, egyidejűleg 8 vagy 12 kerék vizsgálati eredményét dokumentálja [15].

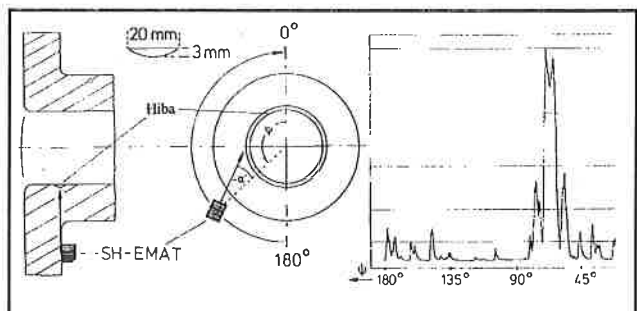
Mivel az SH-hullámok közvetlenül a felületen terjednek, komplikált geometriájú munkadarabok nem szokványos ellenőrzését is lehetővé teszik. Csővégre helyezett EMAT szondát mozgatva, a nagy nyomású tartály csatlakozása alatti repedés is könnyen kimutatható (18. ábra).



16. ábra. A sínbe épített EMAT típusú vizsgálófej



17. ábra. A vasúti kerék ellenőrző vizsgálata



18. ábra. Csőperem vizsgálata EMAT szondával

Összefoglalás

Az elmúlt 25 év során kidolgozott EMAT-eljárás a piezoelektromos ultrahangos anyagvizsgálat reális alternatívájává fejlődött, elsősorban a durva, előkészítetlen felületű, gyorsan mozgó és nagy hőmérsékletű feladatok terén.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Előnyei:

- EMAT-gerjesztésű, horizontális polarizációjú (SH) irányított ultrahang hullámok elhajlásánál, visszaverődésénél és szóródásánál móduskonverzió nem lép fel, ezért összetett geometriájú tárgyak, hegesztési varratok jele lényegesen könnyebben értelmezhető.

- Irányított (SH) hullámokkal nagy felületű tárgyak (pl. tartályfalak) külső és belső oldali korróziója, ragasztott felületek szétválása egyszerűen és gyorsan meghatározható.

- Csatolóközegre nincs szükség; a durva, festett, korródeált csőfal vastagsága megbízhatóan mérhető.

- Gyártósorba illetve folyamatos hibavizsgálatra használható.

- Magas hőmérsékletű (<1300 °C) termékek vizsgálatára is alkalmazható.

- Bugák külső és belső hőmérséklete, olvadákok szilárd-folyékony fázishatára, galvanizáló kádak falvastagsága kimérhető.

- Vasúti sínek, kerekék, hídelemek mechanikai belső feszültsége az alapanyag kémiai összetétele és textúrájának ismerete nélkül is meghatározható.

- Az alkalmazott sztatikus (vagy alacsony ismétlési frekvenciájú) mágneses tér lehetővé teszi egyéb - mágneses elven működő - anyagvizsgálatokkal való korrelációt a mérési pontosság fokozása érdekében (pl. keménységmérés).

- A vizsgálati eljárás könnyen automatizálható.

Hátrányai:

- Csak elektromosan vezető alapanyagoknál használható.

- Érzékenysége a piezoelektromos szondákhoz viszonyítva közel három nagyságrenddel kisebb, ezért a mérőberendezés költségesebb.

Hivatkozások

- [1] J. Krautkrämer, H. Krautkrämer: Ultrasonic Testing of Materials. 3. Ed., Springer-Verlag, Berlin 1983.
- [2] Y. Bar-Cohen, A. K. Mal: Ultrasonic Inspection. Metals Handbook. 9 Ed., Vol. 17, ASM International, 1989.

- [3] I. A. Viktorov: Physical basics in industrial utilization of Rayleigh and Lamb ultrasonic waves. Nauka, Moscow 1966.
- [4] R. B., Thompson: „Noncontact Transducers,” Proceedings of the 1977 Ultrasonics Symposium, IEEE Cat. No. 77 CH1264-ISU, pp 74-83.
- [5] R. B., Thompson: „A Model for the Electromagnetic Generation and Detection of Rayleigh and Lamb Waves,” IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, Vol. SU-20, No. 4. Oct. 1973, p. 340.
- [6] C. M. Fortunko, and R. B. Thompson: „Optimization of EMAT Parameters for Maximum Dynamic Range,” Proceedings of the 1976 Ultrasonics Symposium, IEEE Cat. No. 76 CH1 120-5SU, p. 12.
- [7] H. J. Salzbarger: Recent Results In Nondestructive Testing With Electromagnetic Ultrasonic Transducers. Review of Progress in Quantitative NDE (Plenum Press, New York, 1986) Vol. 5.
- [8] G. Hübschen: UT With SH-Waves And Electromagnetic Ultrasonic (EMUS)-Transducers. Review of Progress in Quantitative NDE (Plenum Press, New York, 1990) Vol. 9.
- [9] G. Hübschen H. J. Salzbarger: Inspection of Dissimilar Metal Welds Using Horizontally Polarized Shear (SH-) Waves and Electromagnetic Ultrasonic (EMUS) Probes. Int. J. Pres. Ves. & Piping 39 (1989) 331-344.
- [10] R. Murayama, K. Fujisawa, H. Fukuoka and M. Hirao: Development of an on-line evaluation system of formability in cold-rolled steel sheets using electromagnetic acoustic transducers (EMATs). NDT & E International, Vol. 29, No.3, pp 141-146, 1996.
- [11] D. M. Boyd, P. D. Sperline: Noncontact Temperature Measurements Of Hot Sheet Bodies Using An Electromagnetic Acoustic Transducer. Pacific Northwest Laboratory, Richland, PNL-SA-14791, 1987.
- [12] D. T. MacLauchlan, G. A. Alers: Measurement Of Thermal Stress In Railroad Rails Using Ultrasonic SH Waves. Review Of Progress In Quantitative NDE (Plenum Press, New York, 1987) Vol. 6.
- [13] M. Hirao, H. Ogi, H. Fukuoka: Advanced Ultrasonic Method of Measuring Rail Axial Stresses with Electromagnetic Acoustic Transducer. Res. Nondestr. Eval. (1994) 5:211.
- [14] R. E. Schramm, P. J. Shull A. V. Clark, Jr., D. V. Mitrakovic: EMATS For Roll-By Crack Inspection of Railroad Wheels. Progress in Quantitative NDE (Plenum Press, New York, 1988) Vol. 8.
- [15] H. J. Salzbarger: Recent Results In Nondestructive Testing With Electromagnetic Ultrasonic Transducers. Review Of Progress In Quantitative NDE (Plenum Press, New York, 1986) Vol. 5.

- Képrögzítés?
- Makrofelvétel?
- Kéпкиértékelés?
- CCD kamera?

Ha Önnek ilyen problémái, vagy fejlesztési szándékai vannak és szeretné elfelejteni a fotótechnikát, akkor keressen meg bennünket!

PHILIPS + ANDREX = YXLON International X-Ray GmbH

A két nagy múltú röntgenberendezés-gyártó egy reményteljes jövővel tovább folytatja piaci tevékenységét

Képviseelő: **GRIMAS** Kft.

Kérje részletes katalógusunkat!

GRIMAS Ipari Kereskedelem

✉ 1214 Budapest, Erdősor út 167. • Telephely: 1214 Budapest, Puli sétány 2-4.
Tel.: 420-5883, GSM: 06 20 935 35 74, Fax: 276-0557
Internet: grimas@mail.matav.hu, www.grimas.hu

Az alakváltozási energiasűrűségekre épülő R-görbe

Dr. Krállics György – Dr. Lovas Jenő* – Montvai Csaba**

Bevezetés

Repedést (folytonossági hiányt) tartalmazó szerkezetek integritásának megítélésében egyre fontosabb szerepet játszik valamely törésmechanikai filozófiára épülő méretezési/ellenőrzési eljárás alkalmazása.

A számítások során a következő alapkérdésekre kell választ adni:
A szerkezetben lévő repedés mikor, merre és hogyan fog terjedni?

Amikor kérdés megválaszolásához valamilyen törési elmélet megválasztása szükséges; a merre kérdéshez az adott törésmélet törési kritériumához tartozó anyagjellemző ismerete szükséges, míg a hogyan fog terjedni kérdéshez statikus terhelés esetén az adott törésmélethez tartozó törésmechanikai paraméter és a repedés-növekedés kapcsolatának meghatározása szükséges.

Jelen dolgozatban törési kritériumként a G.C. Sih által megfogalmazott [1] alakváltozási energiasűrűség elméletet használjuk, és anyagjellemzőként J-integrálra épülő alakváltozási energiasűrűségi együtthatót (S) értelmezzük.

Az alakváltozási energiasűrűségi elmélet alapfeltevései a következők:

1. A repedés abban az irányban indul el ahol az alábbi módon értelmezett S (Θ) alakváltozási energiasűrűségi együtthatónak minimuma van.

$$W = \frac{S(\Theta)}{r}$$

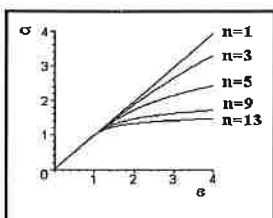
ahol $W = \int_0^{\epsilon_{ij}} \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}$ az alakváltozási energiasűrűség.

2. A repedés akkor indul el, ha az S értéke eléri az anyagra jellemző S_c értékét.

3. A repedésterjedés törvényszerűségét az $S - \Delta a$ kapcsolat írja le.

Az általunk javasolt elméletben az S értékét a J-integrál segítségével kívánjuk előállítani, így első lépésként a J-integrál numerikus meghatározására van szükség.

A J-integrál numerikus számítása



A J-integrál értékét egy repedést tartalmazó anyagban, sík feszültség-, illetve sík alakváltozás-állapotban számíthatjuk ki, amikor a repedés-csúcsnál lévő képlékeny zóna mérete kellően kicsi a repedés méretéhez képest. Az alkalmazott feszültség időben csak monoton növekvő lehet, tehermentesítési szakasz nem megengedett.

Az anyag keményedő, ami a feszültség-alakváltozás függvényben jelentkezik, mely a következő összefüggéssel adható meg:

$$\epsilon = \sigma + \alpha \sigma^n$$

* BME Gépészmérnöki Kar Mechanikai Technológia és Anyagszerkezetani Tanszék

** BME Gépészmérnöki Karának hallgatója

ahol α – anyagállandó, n – keményedési kitevő. $\sigma = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma_y}$, ahol $\bar{\sigma}_y$ – a folyási feszültség, $\epsilon = \frac{E\bar{\epsilon}}{\sigma_y}$, ahol E – a kezdeti rugalmassági modulus. Ekkor az anyagtörvény:

$$\epsilon_{ij} = (1+\nu)s_{ij} + \frac{1-2\nu}{3}\sigma_{pp}\delta_{ij} + \frac{3}{2}\alpha\sigma_e^{n-1}s_{ij},$$

ahol $\sigma_e = \sqrt{\frac{3}{2}s_{ij}s_{ij}}$ Mises-féle egyenértékű feszültség,

$s_{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3}\sigma_{kk}\delta_{ij}$ feszültségi deviátor, δ_{ij} a Kronecker-féle

szimbólum. A kiegészítő potenciális energia:

$$\int_A \left\{ \frac{1}{3}(1+\nu)\sigma_e^2 + \frac{1-2\nu}{6}\sigma_{kk}^2 + \frac{\alpha}{n+1}\sigma_e^{n+1} \right\} dA \quad (1)$$

Polárkoordináták esetén a feszültségek:

$$\sigma_r = r^{-1}\Phi' + r^{-2}\Phi'',$$

$$\sigma_\theta = \Phi'',$$

$$\sigma_{r,\theta} = -(r^{-1}\Phi')'.$$

ahol $(\cdot)' = \frac{\partial}{\partial r}$, $(\cdot)'' = \frac{\partial}{\partial \theta}$,

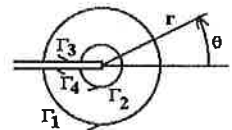
$\Phi = \frac{\bar{\Phi}}{\sigma_y L^2}$, $r = \frac{\bar{r}}{L}$, ahol L a repedés hosszának fele.

Az elmozdulások:

$$\epsilon_r = \sigma_r - \nu\sigma_\theta + \alpha\sigma_e^{n-1} \left(\sigma_r - \frac{1}{2}\sigma_\theta \right),$$

$$\epsilon_\theta = \sigma_\theta - \nu\sigma_r + \alpha\sigma_e^{n-1} \left(\sigma_\theta - \frac{1}{2}\sigma_r \right),$$

$$\epsilon_{r,\theta} = (1-\nu)\sigma_{r,\theta} + \frac{3}{2}\alpha\sigma_e^{n-1}\sigma_{r,\theta}.$$



A kompatibilitási egyenletből eliminálva a feszültségeket kapjuk:

$$r^{-1}(r\epsilon_\theta)'' + r^{-2}\epsilon_r'' - r^{-1}\epsilon_r' - 2r^{-2}(r\epsilon_{r,\theta})' = 0 \quad (2)$$

Legyen $\Phi = r^s \varphi_1(\Theta) + r^t \varphi_2(\Theta) + \dots$. Mivel $s < t$ stb. esetén az első tag a domináns, a többi elhanyagolhatjuk.

Ekkor: $\Phi = Kr^s \varphi(\Theta)$, ahol K az amplitúdó. Így a feszültségek:

$$\sigma_r = Kr^{s-2} \tilde{\sigma}_r(\Theta) = Kr^{s-2} (s\varphi - \varphi''),$$

$$\sigma_\theta = Kr^{s-2} \tilde{\sigma}_\theta(\Theta) = Kr^{s-2} s(s-1)\varphi,$$

$$\sigma_{r,\theta} = Kr^{s-2} \tilde{\sigma}_{r,\theta}(\Theta) = Kr^{s-2} (1-s)\varphi'.$$

Sík feszültségállapot

Ekkor az (1), (2) egyenletek felhasználásával kapjuk a következő differenciálegyenletet:

$$\left(n(n-2) - \frac{\partial^2}{\partial \Theta^2} \right) \left(\tilde{\sigma}_e^{n-1} (s(s-3)\varphi - 2\varphi'') \right) + (n(s-2)+1)n(s-2)\tilde{\sigma}_e^{n-1} (s(2s-3)\varphi - \varphi'') + 6(n(s-2)+1)(s-1)(\tilde{\sigma}_e^{n-1}\varphi')' = 0, \quad (3)$$

ahol

$$\sigma_e = Kr^{s-2} \tilde{\sigma}_e(\Theta) = Kr^{s-2} \sqrt{\tilde{\sigma}_r^2 + \tilde{\sigma}_\theta^2 - \tilde{\sigma}_r \tilde{\sigma}_\theta + 3\tilde{\sigma}_{r\theta}^2}$$

A megfelelő peremfeltételek: $\varphi(\pm\pi) = \varphi'(\pm\pi) = 0$, a szimmetria miatt: $\varphi'''(0) = \varphi''(0) = 0$. Az $s = \frac{2n+1}{n+1}$ érték egy százaléknál kisebb hibával igaz. Ekkor a (3) egyenlet numerikusan megoldható.

A *J*-integrál definíciója:

$$J = \int_{\Gamma} (W dy - \sigma_{ij} n_j u_{i,x} ds),$$

ahol $W = \int_0^{\varepsilon_{ij}} \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}$ az alakváltozási energiasűrűség. Fennállnak még

a következők:

$$W = \alpha K^{n+1} \frac{n}{n+1} r^{(n+1)(s-2)} \tilde{\sigma}_e^{n+1},$$

$$\sigma_{ij} n_j u_{i,x} = K^{n+1} r^{(n+1)(s-2)} [\sin \Theta (\tilde{\sigma}_r (u_\theta - u_r^*) - \tilde{\sigma}_{r\theta} (u_r - u_\theta^*)) + (n(s-2)+1) \cos \Theta (\tilde{\sigma}_r u_r + \tilde{\sigma}_{r\theta} u_\theta)],$$

$$u_r = \tilde{\sigma}_e^{n-1} \frac{s(3-s)\frac{\varphi}{2} + \varphi''}{n(s-2)+1},$$

$$u_\theta^* = \tilde{\sigma}_e^{n-1} \left(s \left(s - \frac{3}{2} \right) \varphi - \frac{\varphi''}{2} \right) - u_r.$$

A Γ_2 úton r_2 sugárral számított *J*-integrál:

$$\int_{\Gamma_2} (W dy - \sigma_{ij} n_j u_{i,x} ds) = \alpha K^{n+1} r_2^{(n+1)(s-2)+1} I, \quad \text{ahol}$$

$$I = \int_{-\pi}^{\pi} \left[\frac{n}{n+1} \tilde{\sigma}_e^{n+1} \cos \Theta - \{ \sin \Theta (\tilde{\sigma}_r (u_\theta - u_r^*) - \tilde{\sigma}_{r\theta} (u_r + u_\theta^*)) + (n(s-2)+1) (\tilde{\sigma}_r u_r + \tilde{\sigma}_{r\theta} u_\theta) \cos \Theta \} \right] d\Theta, \quad (4)$$

$$K = \left(\frac{\pi}{\alpha I} \right)^{\frac{1}{n+1}} (\sigma^\infty)^{\frac{2}{n+1}},$$

ahol $\sigma^\infty = \frac{\sigma_y}{\sigma_y}$, ahol σ^∞ a repedéstől kellően távol lévő feszültség.

Így $W = \frac{n\pi}{(n+1)Ir} (\sigma^\infty)^2 \tilde{\sigma}_e^{n+1}$ és $E_n = \frac{n\pi}{(n+1)I} \int_{-\pi}^{\pi} \tilde{\sigma}_e^{n+1} d\Theta$ már számítható, utóbbi sík alakváltozás-állapotban is igaz.

Sík alakváltozás-állapot

Ekkor az (1), (2) egyenletek felhasználásával kapjuk a következő differenciálegyenletet:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial \Theta^2} - n(s-2)(n(s-2)+2) \right) (\tilde{\sigma}_e^{n-1} (s(2-s)\varphi - 2\varphi'')) + 4(s-1)(n(s-2)+1) (\tilde{\sigma}_e^{n-1} \varphi') = 0, \quad (5)$$

ahol az egyenértékű feszültség:

$$\sigma_e = Kr^{s-2} \tilde{\sigma}_e(\Theta) = Kr^{s-2} \sqrt{\frac{3}{4} (\tilde{\sigma}_r - \tilde{\sigma}_\theta)^2 + 3\tilde{\sigma}_{r\theta}^2}$$

A megfelelő peremfeltételek: $\varphi(\pm\pi) = \varphi'(\pm\pi) = 0$, a szimmetria miatt: $\varphi'''(0) = \varphi''(0) = 0$. Az $s = \frac{2n+1}{n+1}$ érték egy százaléknál kisebb hibával igaz. Ekkor az (5) egyenlet megoldható.

Most *I* értéke (4) szerint számolható, de

$$u_r = \tilde{\sigma}_e^{n-1} \frac{3(s(2-s)\varphi + \varphi'')}{4(2-s)},$$

$$u_\theta^* = (s-3)u_r,$$

$$K = \left(\frac{(1-\nu^2)\pi}{\alpha I} \right)^{\frac{1}{n+1}} (\sigma^\infty)^{\frac{2}{n+1}},$$

ahol $\sigma^\infty = \frac{\sigma_y}{\sigma_y}$, ahol σ^∞ a repedéstől kellően távol lévő feszültség.

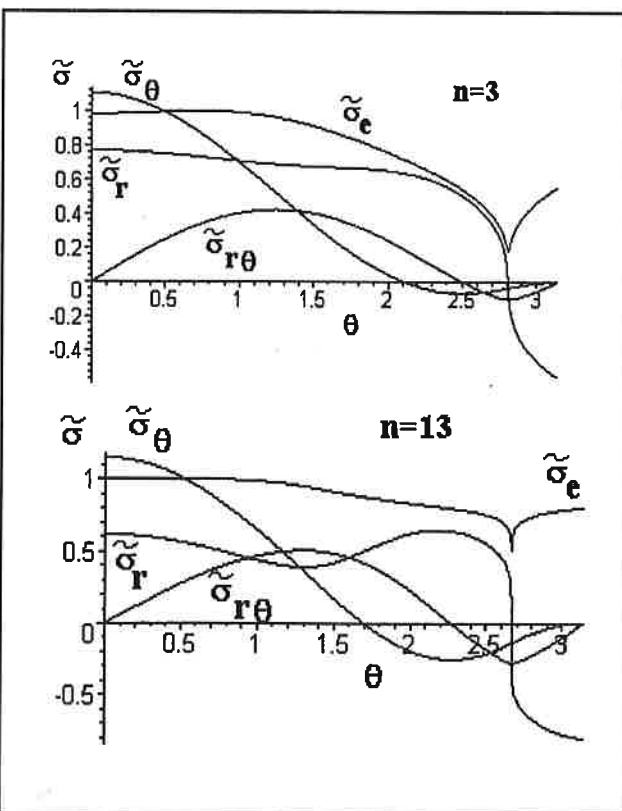
A numerikus számítás során kapott eredmények

Hutchinson [2] és a módszere alapján reprodukált eredmények összehasonlítása:

A sík feszültségállapotra:

n	3	5	9	13
I_H	3,86	3,41	3,03	2,87
I	4,228	3,520	3,039	2,860
$\left(\frac{\pi}{I} \right)^{\frac{1}{n+1}} H$	0,949	0,987	1,004	1,006
$\left(\frac{\pi}{I} \right)^{\frac{1}{n+1}}$	0,928	0,981	1,003	1,007
$E_n H$	2,16	2,45	2,67	2,76
E_n	1,975	2,374	2,662	2,757

A feszültségek változását a repedés csúcstól $r =$ állandó távolságra az 1. ábra szemlélteti az $n = 3$ és 13 értékű keményedési kitevővel jellemzett anyagban.



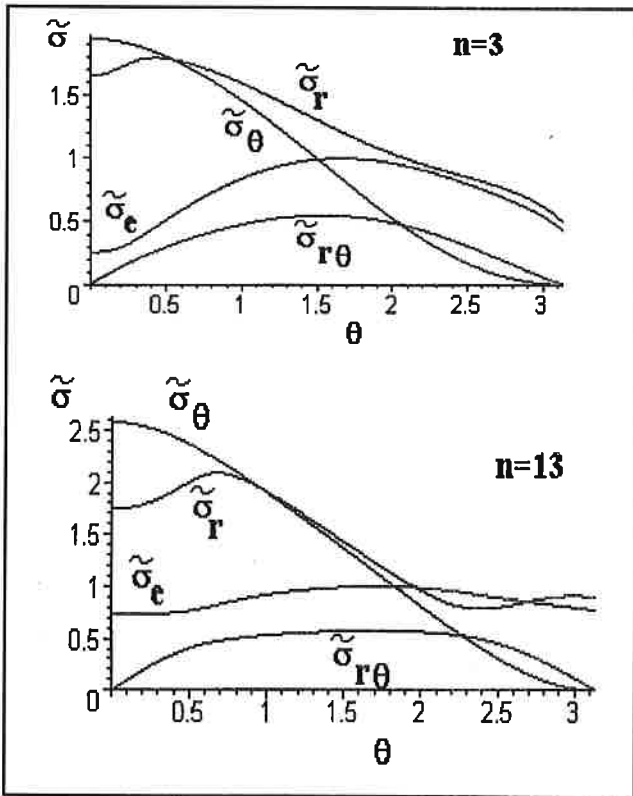
1. ábra. A feszültség változás sík feszültségállapotban a repedés csúcsa körül $r =$ állandó távolságra

A sík alakváltozás-állapotra:

n	3	5	9	13
I_H	5,51	5,01	4,60	4,40
I	5,177	4,701	4,353	4,205
$\left(\frac{\pi}{I}\right)^{\frac{1}{n+1}} H$	0,869	0,925	0,963	0,976
$\left(\frac{\pi}{I}\right)^{\frac{1}{n+1}}$	0,883	0,935	0,968	0,979
E_{n_H}	1,23	1,37	1,48	1,52
E_n	1,306	1,477	1,570	1,589

(A_H jel Hutchinson eredményeit jelöli.)

A feszültségek változását a repedés csúcstól $r =$ állandó távolságra az 2. ábra szemlélteti az $n = 3$ és 13 értékű keményedési kitevővel jellemzett anyagban.



2. ábra. A feszültség változása sík alakváltozás-állapotban a repedés csúcsa körül $r =$ állandó távolságra

A numerikus számítás menete

A számolás a Maple V 5-ös rendszerben történt. Az egyes lépések:

- Az anyagparaméter megadása.
- A megoldandó differenciálegyenlet definiálása.
- Az adott peremérték-feladat kezdetiérték-feladattá történő konvertálása, mely a numerikus számításhoz szükséges. Ez a kellő megfontolásokkal felvett kezdeti értékek illetve az anyagjellemző s paraméter megfelelő változtatásával történik úgy, hogy a peremértékeknek megfelelő numerikus megoldás adjódjon.
- A megoldásfüggvények normalálása úgy, hogy $\tilde{\sigma}_e \leq 1$ mindig fennálljon, de legalább egy helyen felvegye maximumát.

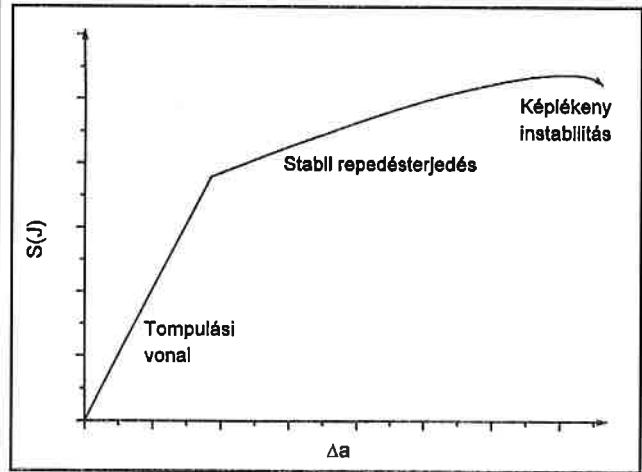
- A számolt feszültségértékek grafikonos megjelenítése.
 - A J-integrál I paraméterének számolásához szükséges egyenletek definiálása.
 - Az I értékek meghatározása numerikus integrálással.
- A fent ismertetett eljárással megteremthető a kapcsolat az alakváltozási energiasűrűségi együttható és a J-integrál között. Ez a kapcsolat:

$$S = \alpha K^{n+1} \frac{n}{n+1} \tilde{\sigma}_e^{n+1} \tag{6}$$

ahol:

$$K = \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1-\nu^2}{\alpha l} J\right)^{\frac{1}{n-1}} \text{ sík alakváltozás-állapotban} \\ \left(\frac{J}{\alpha l}\right)^{\frac{1}{n-1}} \text{ sík feszültség-állapotban} \end{array} \right\} \tag{7}$$

Ezek után az utolsó lépés az anyagvizsgálati módszerrel meghatározott $J-\Delta a$ görbét $S-\Delta a$ görbére transzformálni. (3. ábra)



3. ábra. A repedésterjedést leíró $S - \Delta a$ görbe

A fenti eljárás előnye, hogy az így értelmezett $S-\Delta a$ görbe összetett igénybevételi mód esetén is használható mint repedésterjedési ellenállás görbe.

Összefoglalás

- Az általunk ismertetett eljárásnál a törésmechanikai ellenőrzést az alábbi lépésekben kell elvégezni:
- Határozzuk meg a repedés csúcsában az alakváltozási energiasűrűségi együttható minimumához tartozó Θ_0 szöget. Ez lesz a repedésterjedés iránya.
- Szakitóvizsgálatból és az R-görbe felvételéből határozzuk meg az anyagra jellemző $\alpha, n, J - \Delta a$ értékeket.
- A fenti jellemzők ismeretében a (6) összefüggés alapján határozzuk meg az $S-\Delta a$ görbét.
- Ezen repedésterjedési ellenállás görbe ismeretében a repedés a szerkezet integritása szempontjából már értékelhető.

Irodalom

[1] Sih G.C.: Mechanics of fracture initiation and propagation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1991.
 [2] Hutchinson J.W.: Singular behaviour at the end of tensile crack in hardening material. Mechanics and Physics of Solids. 16. pp. 13-31. 1968.

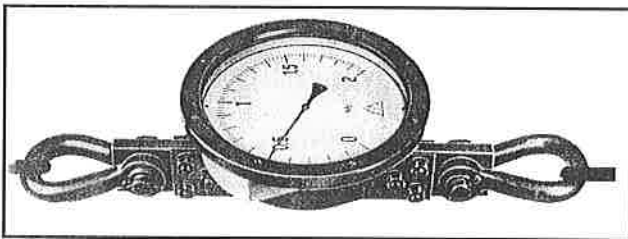
Erőmérő cellák típusai és tulajdonságai, I. rész

Dr. Thamm Frigyes Ph.D., – Dr. Borbás Lajos*

A műszaki berendezések fejlődése, valamint a technológiai folyamatok finomodása egyre több üzemi mérlegelést, egyes szerkezeti elemek között ébredő erők mérését kívánja meg. Az ilyen erőmérő eszközök egy része a gyártóberendezésekbe integrálva folyamatos üzemben van, másik részük kísérletek során időlegesen, esetleg csak egyes alkalmakkor kerül üzembe. A kétféle alkalmazási mód a mérőberendezések iránt eltérő követelményeket támaszt, ami eltérő kiviteli formák kialakulásához vezetett, olyannyira, hogy ma már nem könnyű áttekinteni a készen kapható típusok sokféleségét, és a különleges kísérleti célokra szükségessé váló egyedi berendezések lehetséges típusait. Jelen dolgozat célja az adott terjedelem keretén belül bemutatni a főbb kiviteli formákat, ezáltal megkönnyítve az eligazodást és az esetleges típusválasztást.

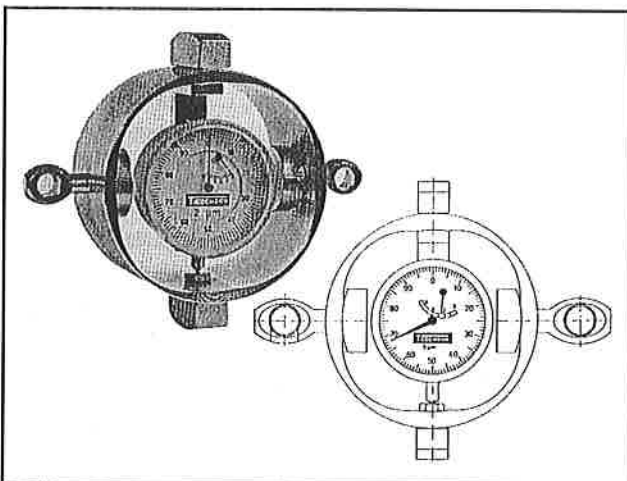
Történelmi áttekintés

Az elektronikus nyúlásmérés bevezetéséig az erőmérő berendezések csak mechanikai alapon a karos és rugós mérlegek elvén működtek. Legismertebb kiviteli formáik a vasútállomásokon és gyáruddvarokon felállított hídmérlegek, valamint még egészen századunkban a hatvanas évekig gyártott mérőrugók (1. ábra) voltak.



1. ábra. NDK-gyártmányú mérőrugó az 1960-as évekből (VEB Messgerät und Armaturenwerk Magdeburg)

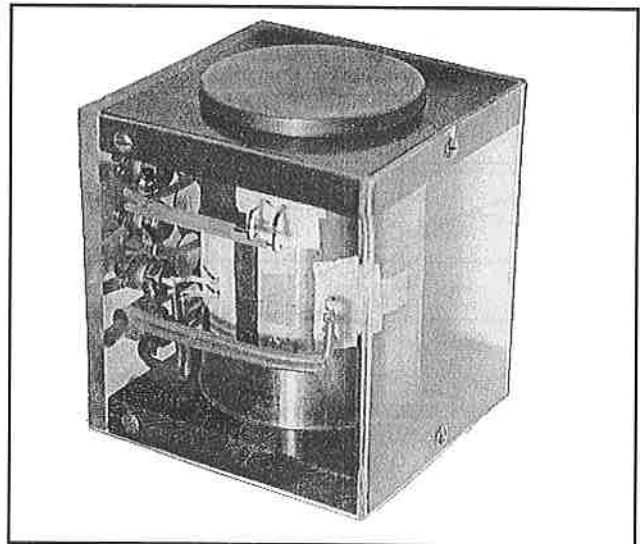
Laboratóriumi célokra, bár ma már igen szűk körben, használatosak az úgynevezett gyűrűs erőmérők (2. ábra), amelyekben egy átmérője mentén húzott acélgyűrű átmérőváltozását mérjük az erő irányában vagy arra merőlegesen.



2. ábra. Laboratóriumi célokra használatos gyűrűs erőmérő (Tiedemann)

* Budapesti Műszaki Egyetem

Ezek nagy tömegei és méretei a dinamikus folyamatok vizsgálatát gyakorlatilag lehetetlenné tették, ezen túlmenően, a teher alatti viszonylag nagy méretváltozásuk következtében statikailag határozatlan keretekbe való beépítésüket legalább is megnehezítették. A nyúlásmérő ellenállás megjelenése ezért ezeket a szerkezeteket egy csapásra túlhaladottá tette. Helyettük megjelentek az első mérőcellák, amelyek kezdetben a már ismert mérőrugóra vagy egyszerű hengeres testre felragasztott ellenállásokból álltak. Egy ilyen primitív, az 50-es években házilag készített cellát mutat a 3. ábra.

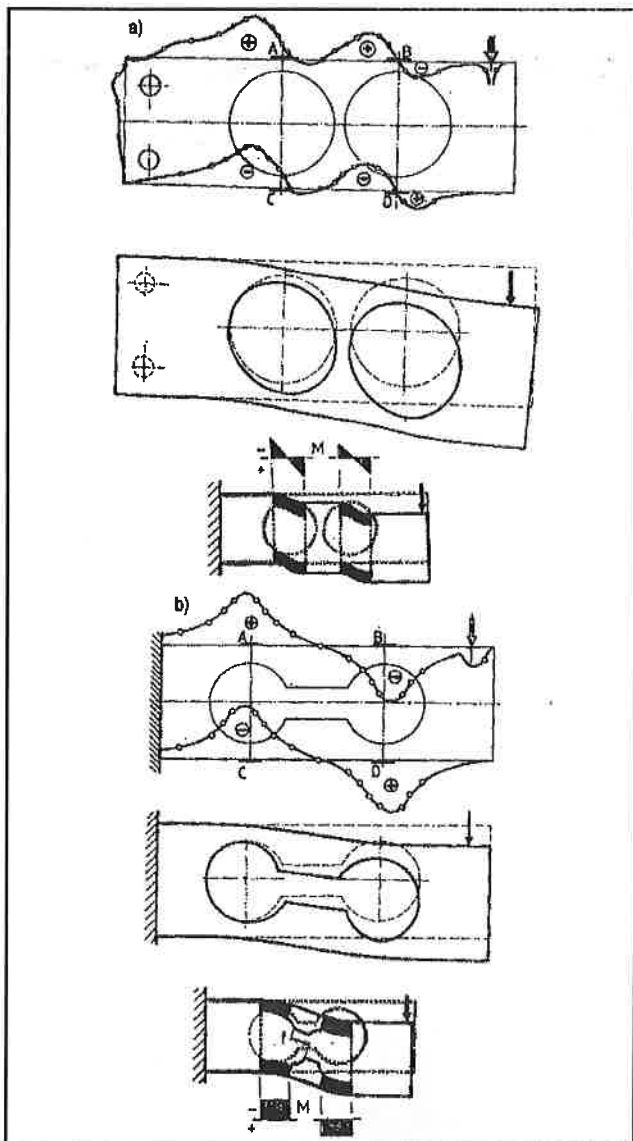


3. ábra. Primitív, korai erőmérő (kb. az 1950-es évekből)

A gyakoribb típusokról jó összefoglaló található pl. [1]-, [2]-ben. Ezek a mérőeszközök kiküszöbölték ugyan a mechanikus kijelzés pontatlanságait, azonban teher alatti besüllyedésük változatlanul nagy volt. Annak felismerése, hogy a nyúlásmérő ellenállás nem elmozdulást, hanem helyi nyúlást mér, tette lehetővé olyan erőmérőcella-alak megalkotását, melyekben a megbízható méréshez szükséges viszonylag nagy nyúlások csak a cella igen kis, gyengített szakaszán léptek fel, ezáltal biztosítva a cella nagy merevségét. Ezek az új szerkezeti elemek általában az 1950-60-as években bejelentett szabadalmak alapulvételével készültek, és ezért a gyártók a cella tulajdonképpeni alakját – többnyire légmentes – burkolattal látták el, felismerhetőségüket ezáltal elfedve, de egyúttal elfedve a cellának a helyi gyengítés miatt járulékos ('parasita') igénybevételekkel szembeni kényes viselkedését is. A fentiekben említett szabadalmak védettségi ideje időközben lejárt, így ma már mód van a cellaalakok részletesebb bemutatására is.

A ma használatos főbb cellatípusok

Számos cella működésének az alapját a 4. ábrán bemutatott szerkezetek képezik. Az egyik végén befogott, másik végén a merendő erővel terhelt konzol nagy furatokkal van gyengítve. Az 'a' kivitel furatai különállóak, a 'b' kivitel furati közötti gát át van vágva. A nyúlásmérő ellenállásokat a konzol alsó és szélső széljára ragasztják, az A-D helyekre. Mindkét esetben feszültségoptikai vizsgálattal meghatároztuk a feszültségeloszlást a tartó szélső széljában, valamint véges elem számítással a konzolnak a teher alatti alakváltozását (erős túlzással). A gyengítéssel kívüli tartószakaszok gyakorlatilag merevnek tekinthetők, így a gyengített szakasz alakváltozását első közelítésben az alsó két ábra



4. ábra. Két nagy furattal ellátott befogott konzol két kiviteli formája az A-D helyekre ragasztott nyúlásmérő ellenállásokkal:

a) a furatok nem érnek egymásba; b) a furatok közötti gát átvágva
 felső sor: feszültségeloszlás a konzol szélső száláiban feszültségoptikai vizsgálat alapján

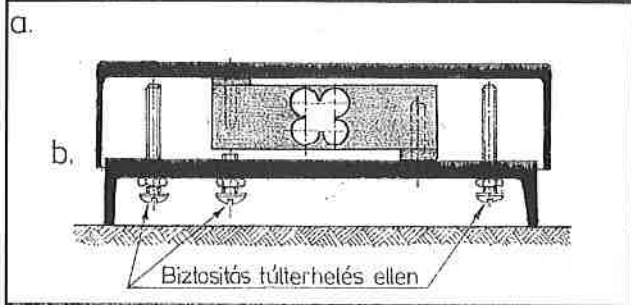
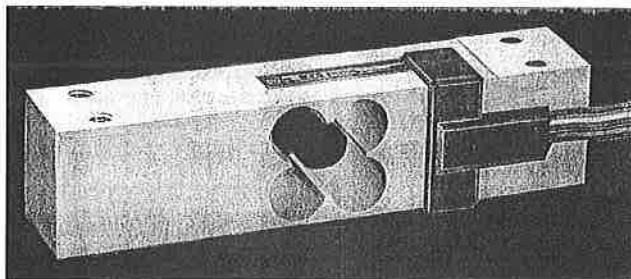
középső sor: a konzol alakváltozása 60 szoros nagyításban (véges elem számítás alapján)

alsó sor: a két eset közötti eltérés magyarázata: a merevnek tekinthető tartórészek (fehér) és a furatok alatti és feletti, rugalmasnak tekinthető tartórészek (fekete) alakváltozásának jellege alapján

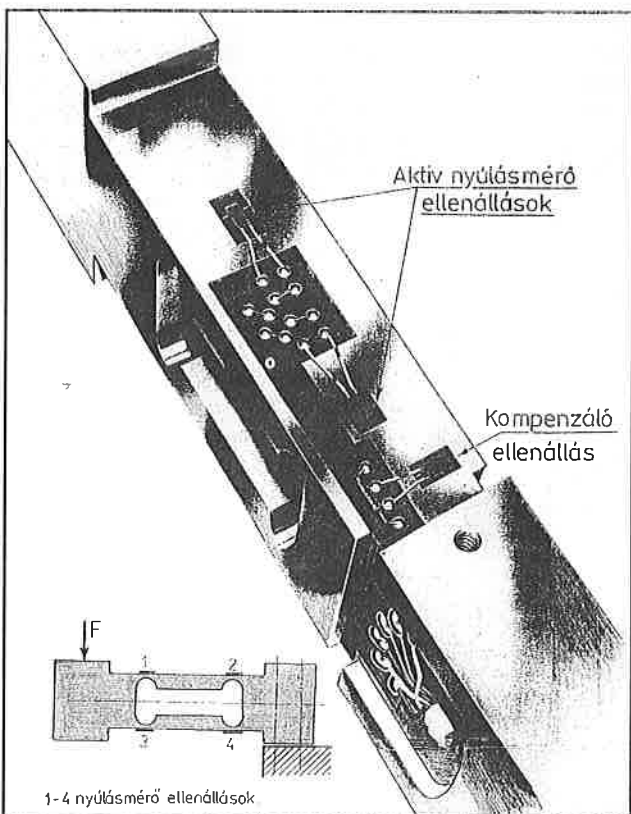
mutatja, az alakváltozás jellegéből kikövetkeztetve az M hajlító nyomaték eloszlását is. Amint azt a feszültségeloszlás ábrái mutatják, az 'a' kivitel esetén a nyúlásmérő ellenállások nyomtérki zérus helyekre kerülnek, ezért a szerkezet az így felragasztott nyúlásmérő ellenállásokkal erőmérésre alkalmatlan. A 'b' kivitelnél az ugyanoda felragasztott mérőellenállások a nyomtérki csúcserőterek helyére kerülnek, ráadásul a megfelelően – teljes hídba – bekötött négy ellenállás mérési eredményét a terhelő erő kisebb irányváltozása sem hamisítja meg. Egy ilyen elven működő mérőcellát mutat az 5. ábra.

Mivel a terhelő erő alatti tartószakasz irányváltozás nélkül önmagával párhuzamosan toódik el, a cella önmagában alkalmas mérleg elemeként működni, a mért erő (súly) értéke független a terheknek a mérleg asztalán elfoglalt helyétől. A gyengített tartószakasz nyilván kényes a cella túlterhelésére, ezért az ábra alsó felén látható mérleg besüllyedését a berajzolt elemek segítségével kell határolni. Egy hasonló kivitelű cellán a nyúlásmérő ellenállások bekötését és nyomtatott huzalozását a 6. ábra mutatja.

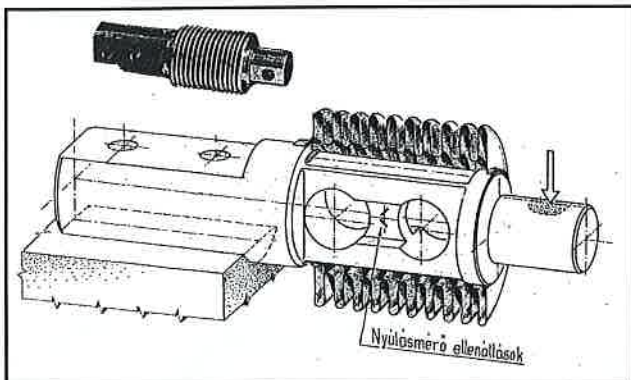
A 4. ábra 'a' kivitelének a furatok közötti gátjában igen erős nyíró igénybevétel éred. Amennyiben erre a helyre nyírást érzékelő, a tartó hosszirányával 45°-ot bezáró irányban elhelyezett nyúlásmérő ellenállásokat helyezünk, erőmérésre alkalmas cellát kapunk. Ennek kiviteli formáját a 7. ábra mutatja. A csúsztató feszültség értékét még nagymértékben növelni lehet, ha a gát falvastagságát a tartó szélső szálához képest lecsökkentjük. Mivel itt is négy mérőellenállást ragasztanak fel, (mindkét oldalra két-két példányt) a teljes hídba kötött elemek ellenállása csak a nyíró erőt, - tehát a mértékadó terhet érzékeli. Teljesen hasonló elven működik a 8. ábrán látható 'S' alakú mérőcella, melynek működési elvét az ábra 'a' része, két kiviteli formáját a 'b' rész mutatja.



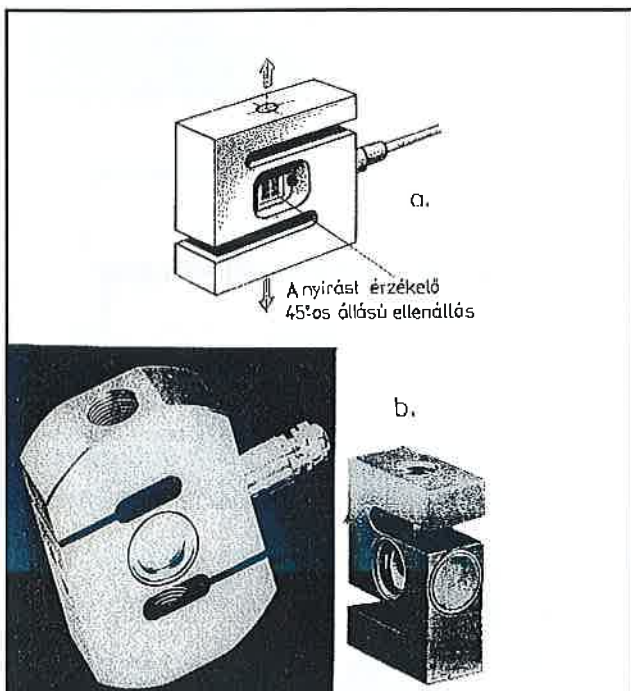
5. ábra. A 4. ábra "b" modelljének megfelelő erőmérő cella (felül, Hottinger PW 2C3) és egy azzal felszerelt asztali mérleg vázlatja (alul), feltüntetve a cella túlterhelését korlátozó csavarokat



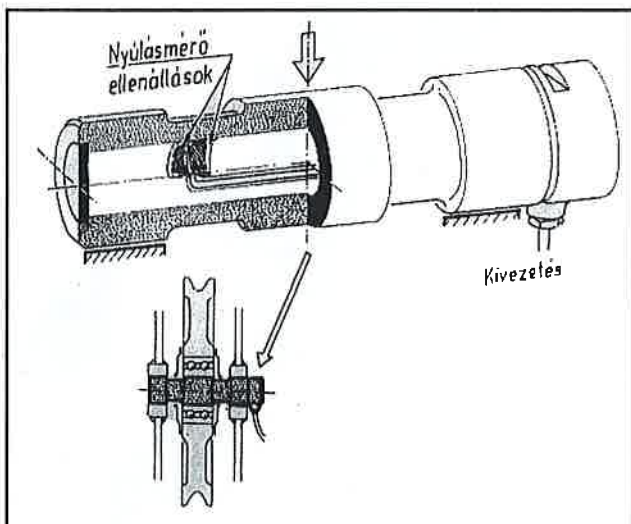
6. ábra. Az 5. ábra kiviteléhez hasonló cella nyomtatott áramkörös huzalozással (Huntleigh)



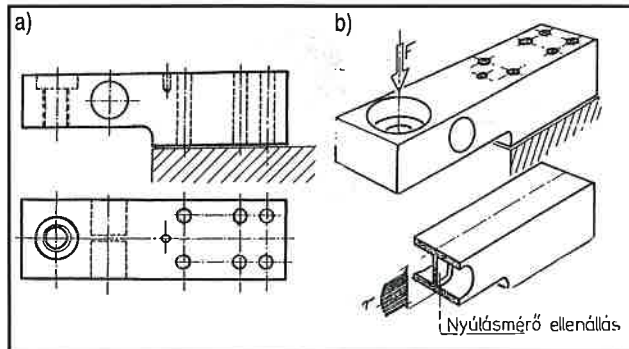
7. ábra. A 4. ábra "a" esetét megvalósító mérőcella a furatok közötti gyengített gátra ragasztott ellenállásokkal. Vázlat, és egy tényleges kivitel.



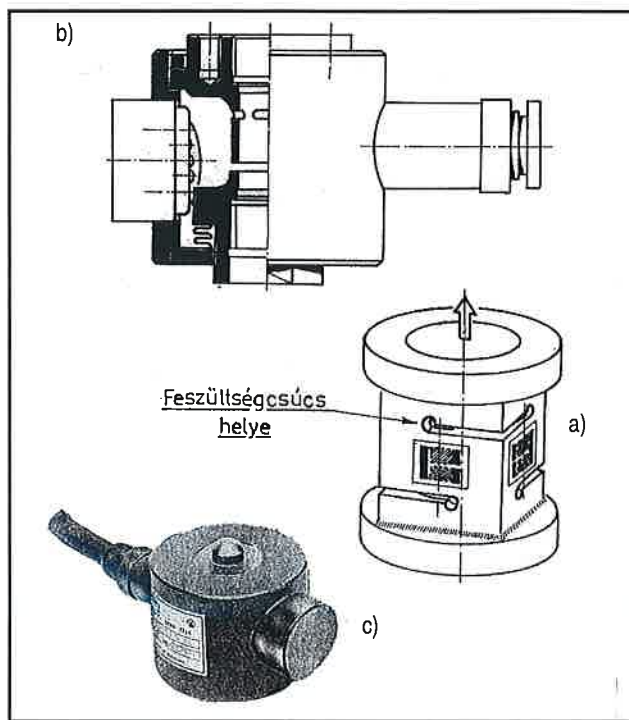
8. ábra. „S”- alakú mérőcella nyírásra érzékeny ellenállásokkal: a) vázlat; b) két kiviteli alak (Soemer)



9. ábra. Henger alakú mérőcella kötélszálak számára nyírásra érzékeny ellenállásokkal



10. ábra. Hasáb alakú konzolos mérőcella, a) méretvázlat, b) az ellenállások elhelyezése

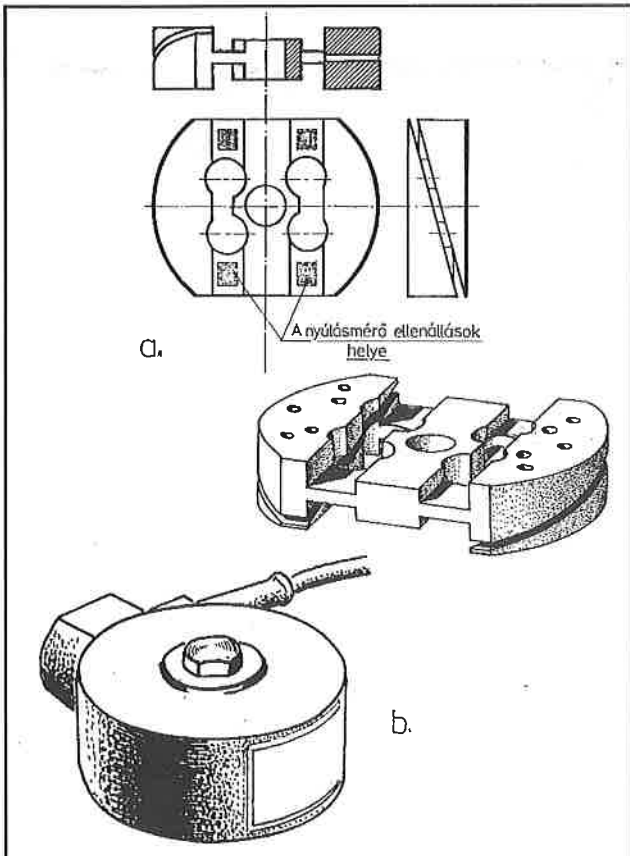


11. ábra. Hengeres házba helyezett mérőcella iránytörés nélküli teherátadáshoz, nyírásra érzékeny ellenállásokkal: a) elvi vázlat; b) metszet (húzó erőre); c) egy tényleges kivitel (nyomóerőre) (Kaliber Műszer- és Méréstechnika, Budapest)

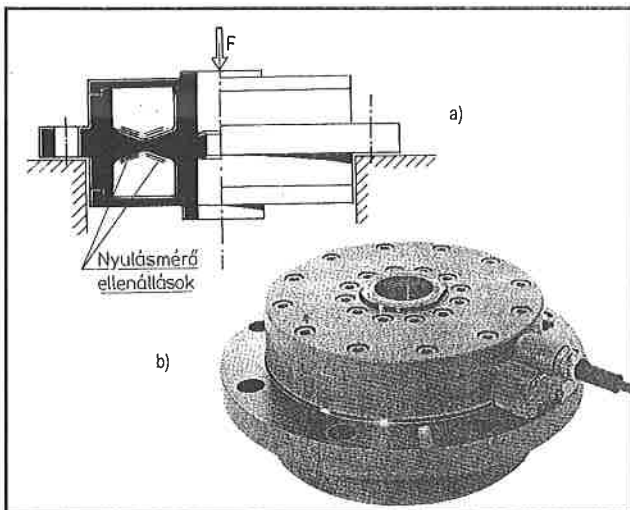
Ugyanúgy működik a 9. ábrán bemutatott, főleg darukon, és egyéb emelőgépeken alkalmazott cellatípus, valamint a széles körben alkalmazott konzolos cellatípus (10. ábra) is.

A technológiai folyamatokba integrált (többnyire tartályok tartólabái alá helyezett) mérőcellákat a központos teherátadás érdekében hengeres házban helyezik el, és olyan cellaképzést alkalmaznak, amelyek lehetőleg kis sugárirányú cellaméreteket eredményez. Erre példa a 11. ábrán bemutatott mérőcella, amelyik szintén nyírt keresztmetszetre helyezi a mérőellenállásokat. Ennek a szerkezeti kivitelnek a hátránya az a nagy feszültségcsúcs, ami a cellatest bemarásainak lekerekítési sugarainál lép fel. Ennek a csúcshőfeszültségnek az értéke lényegesen magasabb, mint a nyúlásmérő ellenállások által érzékelt csúszató feszültség. Az igen magas csúcshőfeszültség káros hatásait úgy szüntetik meg, hogy a cellatestet még a hitelesítés előtt csúcsértékig terhelik. Az ekkor a feszültségcsúcs közvetlen környezetében fellépő képlékeny alakváltozás olyan maradó feszültségeket ébreszt, amelyek a következő, azonos irányú terhelési ciklusban fellépő feszültségcsúcsok értékeit letörik. Ezért az ilyen cella csak egyező értelmű (vagy húzás, vagy nyomás) erő mérésére alkalmas, bár kialakítása egyébként mindkét igénybevételi mód mérésére alkalmassá tenné.

Mivel sok esetben kívánatos a cella magasságának csökkentése,



12. ábra. Lapos, hengeres mérőcella (Kaliber):
a) a tulajdonképpeni mérőelem; b) a cella külső képe

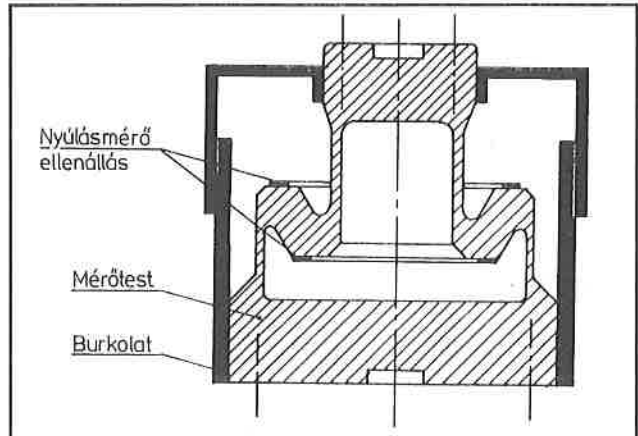


13. ábra. Nagy pontosságú mérőcella, szakítógépek számára
(Hottinger): a) keresztmetszet; b) kivitel

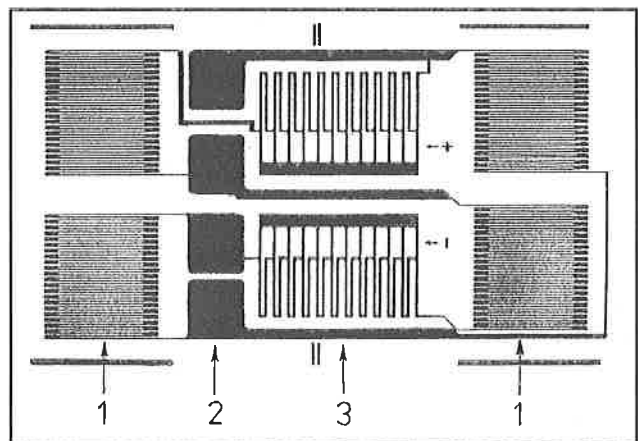
ezért a kisebb erők mérésére dolgozták ki a 12. ábrán látható mérőtestet, melynek nyúlásmérő ellenállásait a csavart tartószakasz felszínén helyezték el.

A korszerű elektronikus szakítógépek erőmérő celláinál követelmény, hogy a cella mérőtestének alakja körszimmetrikus legyen. Két ilyen cella alakot a 13., valamint a 14. ábra mutat. A 13. ábrán bemutatott megoldáson a mérőellenállások körkörösén vannak elhelyezve, míg a 14. ábrán bemutatott mérőtest a tengelyszimmetrikusan billenő gyűrű elvén alapul. [2]

Erőmérő cellák céljaira a nyúlásmérő ellenállásokat gyártó cégek különleges nagy pontosságú ellenállásokat kínálnak. Ilyenek a Vishay Transducer-Class, valamint a Hottinger K-sorozat bélyegei, amelyek



14. ábra. Nagy pontosságú mérőcella, anyagvizsgáló gépekhez
(Schenk), keresztmetszet



15. ábra. Vékony rétegű, a cellatestre közvetlenül felgőzölt áramkör,
amely a teljes mérőhidat, és a korrigáló ellenállásokat is tartalmazza
(Hottinger): 1. mérő ellenállások; 2. csatlakozó forrcsúcs;
3. korrigáló ellenállások

hőmérsékletfüggése és kúszási tulajdonságai olyanok, hogy kompenzálják a mérőtest anyagának hőfok- és időtartam függő viselkedését. Az ellenállások felragasztása a cellatestre általában melegen keményedő epoxigyantákkal történik. A cianakrilát típusú gyorsragasztók itt nem használhatók, mivel idővel ridegedésre hajlamosak.

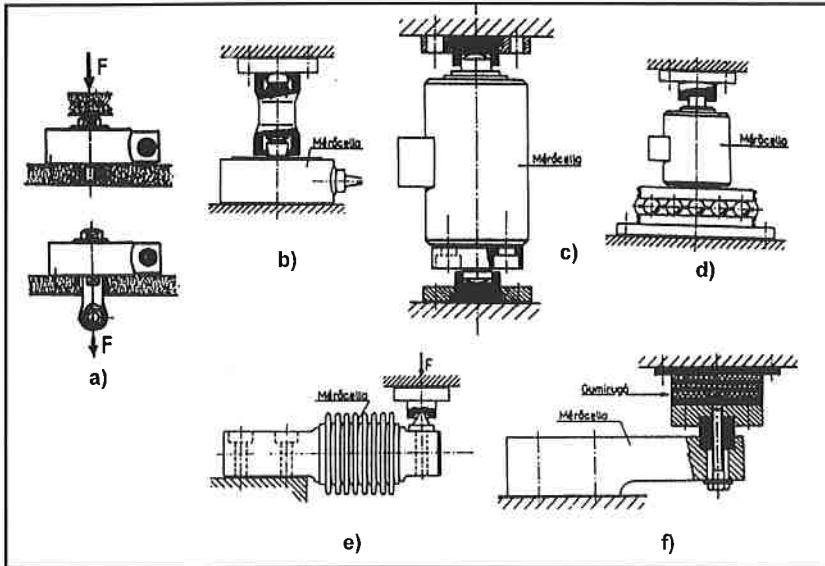
Az ellenállások szerves anyagból lévő hordozója, valamint a ragasztóréteg anyagai kúszásra hajlamosak. Az ebből eredő káros hatások kiküszöbölésére dolgozták ki az úgynevezett vékonyrétegű nyúlásmérő ellenállásokat. Ezeket a mérőtestre nem ragasztással rögzítik, hanem a vezető réteget egy, a cellatestre felvitt keramikus szigetelő rétegre felgőzölik. A nyúlásmérő ellenállás ellenállás-értékének szórását az úgynevezett trimmelő ellenállásokkal egyenlítik ki. Ezek párhuzamosan kötött vezetődarabokból állnak, melyek egyes szakaszait a kívánalmaknak megfelelően lézerrel átégetik, ezzel állítva be a kívánt pontos ellenállás értéket. Vékonyrétegű ellenállások esetén ezeket a vezetődarabokat az aktív ellenállásokkal együtt gőzölik fel (15. ábra), ezáltal biztosítva az ellenállások pontos helyét is [3], [4].

Mérőcellák alkalmazási területei

Az alkalmazási területek két fő csoportba oszthatók:

– A termékfejlesztés és ellenőrzés során végzett egyedi mérésekre, a szerkezetekre ható ismeretlen nagyságú erőhatások nagyságának és időbeli eloszlásának meghatározására.

– Az ipari folyamatokba beépített erő- és súlymérés anyagmennyiségek meghatározására, valamint mérőegységekre és szállítóberendezésekre ható terhek folyamatos ellenőrzésére.



16. ábra. Mérőcella bekötési módjai a mérendő szerkezetben nem kívánatos járulékos erőhatások és befeszülések elkerülésére:

- a) egyszerű csuklós csatlakozás fent nyomás, lent húzás esetén; b) íngás csatlakozás külön taggal; c) íngás csatlakozás, a hosszú cella maga működik íngaként; d) sokgyólyós alátámasztás; e) konzolos mérőcella gömbcsuklós csatlakozás; f) gumirugós teherátadás a cellára.

Az első csoportba eső mérések céljai és a hozzá szükséges mérőberendezések igen eltérőek lehetnek, olyannyira, hogy gyakran nem használhatók a műszeripar által készített (kínált) és az előzőekben bemutatott erőmérő cellatípusok. A mérés megtervezésekor magát a mérőelemet is el kell készíteni a megfelelő csatlakozó elemekkel együtt. Ugyanakkor a mérés magas színvonalú szakmai vezetés és ellenőrzés mellett folyik le, és általában korlátozott időtartamú. Jól képzett kezelő személyzet van jelen, amelyik a mérés során előforduló fennakadások okait felderíteni, és gyorsan kijavítani képes. Ilyen körülmények között

mérés eredményeket. Ezek kivédésére a celláknak a szerkezetekbe való beépítésekor gondolni kell az elmozdulási lehetőségekre, amire néhány kivételi formát a 16. ábra mutat. Különösen a tartálylábak alá szerelt mérőcellák esetén előfordulhat az is, hogy a tartály töltések során kiszóródó anyag úgy ráakad a cella környezetére, hogy a keletkező anyag tömeg részét vesz a tartály súlyának viselésében, ezáltal meghamisítva a mérési eredményeket. Kerülni kell ezért a cellák környékén olyan nagyobb vízszintes felületeket, amelyekre a lehulló anyag különösen könnyen rakódik rá.

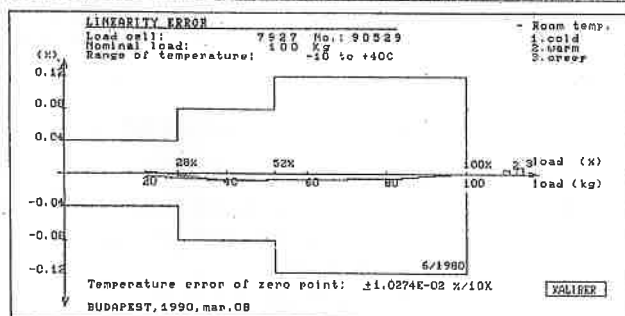
Gondot okozhat a nedvesség és vegyi anyagok káros hatása is. Ennek kivédésére szokásos a cella mérőelemét légmentesen védeni, amire a 7., 9., és 11. ábrák mutatnak példákat. A védelem tényleges hatékonyságát kísérlettel kell meghatározni, amihez a legtöbb gyártó az *Ingress Protection* (IP) rendszerben egyezett meg. Ez a nedvesség elleni védelem vizsgálatára különböző előírásokat ad meg, melyek közül az *IP 67* az érzékelőnek fél óráig 1 m mély vízbe való áztatását írja elő, és ennek letelte után az érzékelőknek hibátlanul kell működniük.

Hasonlóan számolni kell a hőmérséklet-ingadozással is. Erre való tekintettel célszerű a cellák viselkedését különböző hőfokon bevizsgálni. Különösen károsak a helyi hőmérséklet-gradiensek, mert előfordulhat, hogy a cellában elhelyezett mérőellenállások közötti hőfokkülönbség elrontja a cella hőkompenzációját.

A mérőcellákat tartalmazó mérőrendszer működését zavaró, a mérési pontosságot rontó tényezőket, és az ellenük való védekezést részletesen ismerteti Vervuren [5].

A mérőcellákat gyártó cégek az általuk gyártott cellákhoz vizsgáló- és adatlapot szolgáltatnak. Ez a cella adatain kívül tartalmazza a mért hibagörbéket is. Az adatlapra egy példát a 17. ábrán mutatunk be.

MEASURING CERTIFICATE		
KÁLBER Mérő és Méréstechnika 1134 Budapest, Rózsafa u. 13-17. HUNGARY; Telefon: 408-570 Telex: 224666		
Type: 7927	Measuring range: 100KG	Works number: 98/529
Characteristics:		
Isolation resistance:	10000	Mohm
Input resistance:	349	Ohm
Output resistance:	351	Ohm
Zero position:	3.5E-02	%
Temp. dependence of the zero:	-1.0274E-02	%/10K
Linearity error:	-7.99634E-03	%
Cell factor:	1.9999	mV/V
Crawl:	0.000-0.008	%
Marks of the cable joint:	Feed: + blue - yellow	Out: + black - white



17. ábra. Példa erőmérő cella vizsgálati és adatlapjára.

Irodalom

- [1] Schulze, K.H.: Experimentelle Messtechnik im Maschinen- und Stahlbau. VEB Verlag Technik Berlin. 1988.
- [2] Keil, S. - Jaschinski, A.: Dehnungsmessstreifen in Messwertaufnehmern. Messen + Prüfen Automat. 14/1978/10. szám 655...661. o.
- [3] Ort, W.: The latest in Foil Strain Gages Versus Thin Film Strain Gages. VDI-Berichte Nr. 313. (1978) 283...289. o.
- [4] Paul, H.: Load Cells of Small Nominal Load using Thin Film Strain Gages. Az IMEKO TC-3 Műszaki Bizottsága által rendezett "Measurement of Force and Mass" konferenciájának kiadványa. MATE Szeged. 1990. 223...234. o.
- [5] Vervuren, W.: Load Cells and their Environment. IMEKO TC-3 Konferencia kiadványa (MATE, Szeged, 1990) 189...195. o.

Műanyagok vizsgálóberendezései, II.

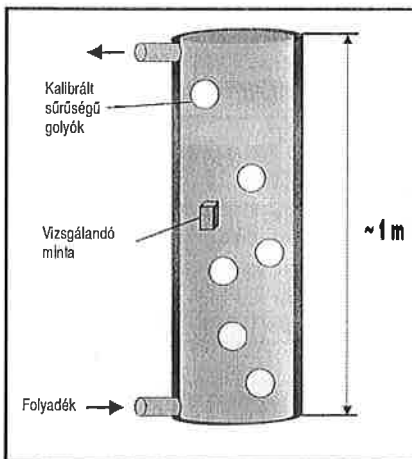
Tóth Péter*

Az előző számunkban cikksorozatot indítottunk, amelynek témája a műanyagipari vizsgálatok és azok berendezései. Az első rész a minta-előkészítéssel foglalkozott. Most pedig röviden áttekintjük a legfontosabb alakíthatósági és termikus jellemzők mérési módszereit és berendezéseit.

Az alakíthatóság vizsgálata

A műanyag-feldolgozás terén két igen lényeges alapadat használatos: a **sűrűség** és a **folyási index**. Az esetek nagy részében legalább ezen két adatot minden alapanyag-feldolgozóznak ismernie kell a felhasznált műanyagokról.

A **sűrűség szobahőmérsékleten** történő meghatározásához használhatjuk az 1. ábra szerint működő készüléket. A szabályozott, állandó hőmérsékletű (23 °C) folyadékkal feltöltött hengerbe különböző sűrűségű kalibrált gömböket helyezünk, amelyek a sűrűségüktől függően más-más magasságban fognak elhelyezkedni. A mérendő műanyag-darabot a folyadékba merítve megállapítható, hogy az mely gömbök között helyezkedik el a folyadékban. Leolvasva a szomszédos gömbök sűrűségét, elhelyezhető az etalonsorozatban a vizsgált minta. Az etalonsorozat sűrítésével egészen pontos eredményeket kaphatunk. Ehhez kb. 2-3 henger használata szükséges.

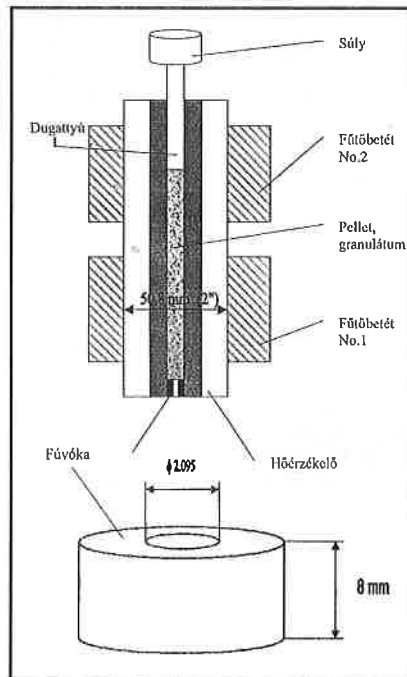


1. ábra. A sűrűségmérés elve

A folyási index mérése

A **folyási index mérőszám** azt mutatja, hogy időegység alatt hány gramm megolvastott ill. képlékeny anyag képes átfolyni a szabványban rögzített méretű, kialakítású fúvókán keresztül, az adott hőmérsékleten az állandó nyomóterhelés hatására. A mérés elrendezése

a következő (2. ábra): a vizsgálandó műanyag granulátum/por egy standard kialakítású fűthető hengerbe töltve felhevül, megolvad. Az előhevítési idő letelte után egy dugattyú kipréseli az ömledéket a hengerből a standard kialakítású fúvókán keresztül. A leggyakrabban használatos súlyterhelések tömege: 1; 2,16; 5; 10; 20; 21,6 kg. A szabvány szerint meghatározandó, hogy az előírt 10 perc alatt hány gramm anyag távozik a hengerből. A 10 perc elteltével egy vágóeszközzel levágják a „spagettiszzerű” mintát és megméri a tömegét mérleg segítségével. Ez a folyási index értéke (g/10 min) mértékegységben.



2. ábra. Készülék a folyási index méréséhez

A mérés folyamata tehát három szakaszra osztható:

- A minta felhevítése.
- A súlyterhelés alkalmazása.
- Az előírt idő (10 perc vagy rövidebb) alatt kipréselt anyagmennyiség tömegének a meghatározása g-ban.

A **folyásiindex-mérő** (melt flow tester) berendezés (3. ábra) fő része az 2. ábra vázlat szerinti – érintés ellen ráccsal védett – fűthető kamra. Mérés előtt beállítható a hevítés hőmérséklete, és az előfűtési idő, valamint a kifolyási idő, ha a várhatóan nagy folyási index miatt célszerű a szabványban rögzített 10 perc időtartamot pl. 1 percre csökkenteni, (de ez esetben is a 10 percre átszámított értéket adják meg). A beállítást követően a központi vezérlő egység (CPU) a vizsgálati ciklus szekvenciális lépéseit (előhevítés, terhelés alkalmazása, hevítés terhelés alatt, minta levá-



3. ábra. A folyásiindex-mérő Ceast-berendezés

gás stb.) végrehajtja. A mérési adatok tárolására több lehetőség is nyílik, a berendezéshez printer, PC is csatlakoztatható.

Amennyiben a vizsgált anyag sűrűsége a kifolyási hőmérsékleten ismert, nincs szükség a mérlegre. Ugyanis a dugattyú elmozdulását digitális encoder érzékeli, mely 40 mérési pontot tud szolgáltatni a dugattyú elmozdulásáról. Ismerve a dugattyú elmozdulását és a szabványban előírt átmérőjét, kiszámítható a kipréselt anyag térfogata. Ezt a sűrűséggel megszorozva megkapjuk a „spagettidarab” tömegét. (Fontos, hogy a kifolyási hőmérsékletre érvényes sűrűséggel számoljunk, mert pl. a polietilén sűrűsége 23 °C-on 0,93 g/cm³, de 190 °C-on már csak 0,76 g/cm³.)

Ha nem ismerjük a vizsgálandó anyag sűrűségét a kifolyási hőmérsékleten, akkor a folyási index meghatározása két lépésben történik. Az első ciklus végén megmériük a levágott és ismert térfogatú „spagettidarab” tömegét, – amely adatokkal a sűrűség már számítható –, majd a második mérési ciklus végén már megkapjuk a (g/10 min) mértékegységben kifejezett folyási index értékét.

Természetesen a mérésekhez légbuboréktól mentes anyagot kell biztosítanunk. Ezt a célt szolgálja a szabványokban előírt előhevítés és a súlyterhelés is.

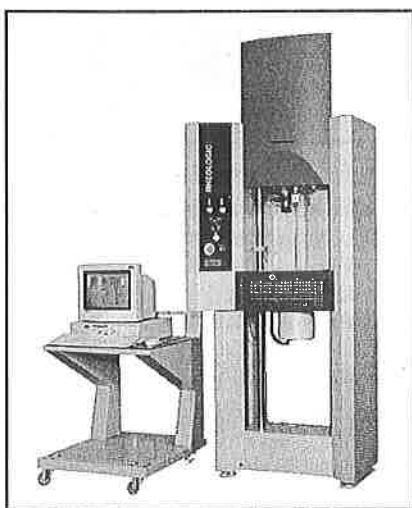
A Ceast-gyártmányú berendezések különböző felszereltséggel készülnek, de mindegyikük alkalmas a vonatkozó szabványok: az ISO 1133, az ASTM D 3364 és az ASTM D 1238 method A és B., a DIN 53735, a BSI 2782-720 A és ezekkel egyenértékűek szerinti vizsgálatra. A legegyszerűbb kialakítás esetén a minta vágása és a terhelőerő mozgatása is manuálisan történik. A legfejlettebb berendezéseknél pedig mind a súlyterhelés kiválasztása és

*Testor Bt.

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

aktiválása, mind a minta levágása automatikusan történik. A berendezésekkel meghatározható a kiválasztott hőmérsékletre tartozó folyási index elsődlegesen a $(\text{cm}^3/10 \text{ min})$ mértékegységben kifejezett MVR (melt volume rate), illetve a sűrűség ismeretében az $\text{MVR} \times \text{sűrűség} = \text{MFR}$ (melt flow rate) értéke $(\text{g}/10 \text{ min})$ mértékegységben.

Rheologic 1000 berendezés (4. ábra) hasonló elven működik mint a Melt Flow Indexer, de a mérés közben lehet változtatni a terhelés nagyságát, így felvehetünk egy terhelés-folyásindex görbét. Meghatározható vele a folyási index, a folyást megindító nyíró feszültség és annak megváltozása (shear stress, shear rate), a viszkozitás és egyéb reológiai mérőszámok. A vonatkozó szabványok: ASTM D 1238, ISO 11443, DIN 54811.



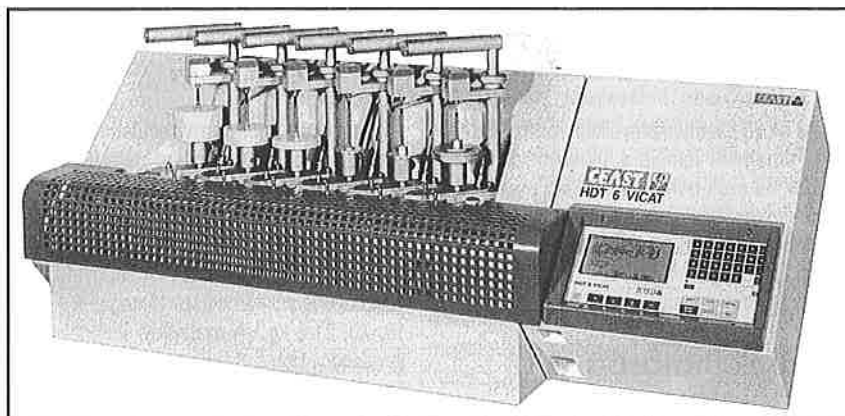
4. ábra. A Rheologic 1000 Ceast-berendezés

A berendezés elsősorban annak vizsgálatára illetve modellezésére alkalmas, hogy mi módon változnak a minta folyási jellemzői a különböző terhelési (nyomási) és hőmérsékleti viszonyok hatására. Ez igen lényeges információt adhat az extruder-sorok, a műanyag-feldolgozó fröccsöntő-gépek paramétereinek a beállításakor, illetve az ezeken feldolgozandó alapanyag megválasztásakor.

Termikus vizsgálatok

Műanyagok alaktartósságát az ún. HDT-hőmérséklettel (heat deflection temperature), illetve a Vicat-hőmérséklettel jellemzik. E mérőszámoknak a meghatározását ugyancsak szabványok írják elő.

Mindkét mérés egyazon Ceast-berendezéssel elvégezhető (5. ábra). A HDT 6 VICAT típusjelű berendezés lényegében egy ellenőrzött módon, – a vonatkozó szabványokban – előírt sebességgel felfűthető olajfürdőbe merülő és mérőérzékelőkkel ellátott hat terhelőkeretből áll. (Van hárommérihelyes változata is.) Az olajfürdő hőmérsékletének pontos és homogén beállítása céljából propellerrel

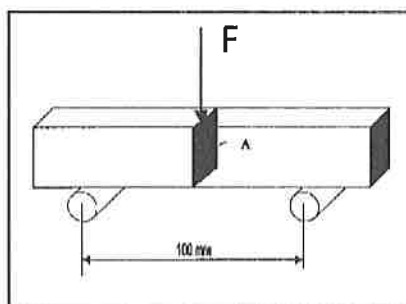


5. ábra. A HDT 6 VICAT Ceast-berendezés

kavarják a szilikonolaj hevítőközeget, amelynek fűtését elektromosan, hűtését vízzel oldják meg. Növelt hőmérsékletű vizsgálatok esetén (kb. $250 \text{ }^\circ\text{C}$ felett) nitrogéngáz-takarót hoznak létre a fürdő felett, amely kiszorítja az oxigént és így megakadályozza az olaj égését. A berendezés fölé általában elszívót célszerű szerelni a távozó gőzök és gázok eltávolítására.

A HDT-hőmérséklet mérése

Az olajfürdőbe merített hasáb alakú próbatestet kéttámaszú tartóként közepén állandó erővel (feszültséggel) megterhelik (6. ábra), majd az előírt sebességgel növelik a fürdő hőmérsékletét mindaddig, amíg a próbatest lehajlása el nem éri a szabványban előírt értéket. A mérés eredménye az a hőmérséklet ($^\circ\text{C}$ -ban), amelynél ez az előírt lehajlás bekövetkezik. Ez az ún. HDT-hőmérséklet.



6. ábra. A próbatest terhelése a HDT-méréskor

Az ASTM D648 szabvány előírása szerint:

- a próbatest mérete: $127 \times 12,7 \times 3,17$; $127 \times 12,7 \times 6,35$; $127 \times 12,7 \times 12,7 \text{ mm}$.
- a hajlítófeszültség: $455 \text{ kPa} - 1820 \text{ kPa}$
- a hevítés sebessége: $120 \text{ }^\circ\text{C/h}$ vagy $50 \text{ }^\circ\text{C/h}$.
- a lehajlás: $0,25 \text{ mm}$
- a támaszköz szélessége: 100 mm

Az ISO 75 szabvány előírása szerint:

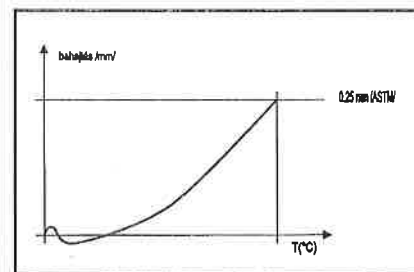
- a próbatest mérete: $120 \times 4 \times 10$; $80 \times 10 \times 4 \text{ mm}$.
- a hajlítófeszültség: $450 \text{ kPa} - 1800 \text{ kPa}$
- a hevítés sebessége: $120 \text{ }^\circ\text{C/h}$
- a lehajlás: $0,25 \text{ mm}$ vagy $0,35 \text{ mm}$
- a támaszköz szélessége: 64 mm

A Ceast-berendezések alkalmasak az ASTM D 648, az ISO 75, a DIN 53460 és a BSI 2782 szabványokban előírt feltételek szerinti vizsgálatok elvégzésére.

Hazánkban zömmel az ISO szabvány szerinti mérés az elterjedt, mivel egyszerűbb az alkalmazása az SI mértékegység-rendszer elterjedtsége miatt, valamint azért, mert ugyanaz a próbatest szükséges hozzá, mint az ütvizsgálatokhoz.

A szükséges súlyterhelést a készülékbe programozott szoftver kalkulálja az előírt hajlító feszültség és a próbatest keresztmetszete alapján, és megadja a felhasználó számára, mely súlyokat kell kiválasztani a rendelkezésre álló súlyszorozattól.

A 7. ábrán közölt lehajlás-hőmérséklet diagramon látható a HDT-hőmérséklet kijelölésének a módja. A görbe kezdeti szakaszán látható átmeneti csökkenés annak tudható be, hogy a hőmérséklet bár igen lassan, de növekszik, ám közben a próbatest térfogat is változik (természetesen az ábra eltúlzott a jobb láthatóság érdekében).



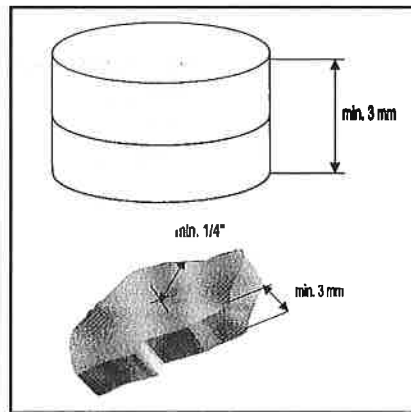
7. ábra. A HDT-hőmérséklet értelmezése

A Vicat-hőmérséklet mérése

Az olajfürdőbe helyezett próbatest felületére merőlegesen egy állandó súlyterhelésű, előírt méretű és végződésű acéltű támaszkodik, miközben az olajfürdő hőmérsékletét az előírt sebességgel növelik mindaddig, amíg a tú penetrációja (benyomódása) el nem éri az 1 mm-t . Ez az értéke minden szabványban azonos. A vizsgálat mérőszáma az a hőmérséklet $^\circ\text{C}$ -ban, amelyen a benyomódás elérte az 1 mm-t . A minta méretére vonatkozólag néhány minimum követelményt ír elő a szabvány. Nem

alkalmazhatunk túlságosan kicsi vagy vékony próbatestet, hiszen ekkor a túl kicsi geometriai méret miatt előbb létrejön a várt deformáció mintsem azt az anyag tulajdonságai indokolják. A minimális mintavastagság 3 mm. Ha ennél vékonyabb a minta, lehetőség van több (de maximum három) réteg egymásra helyezésére, azonban a 3 mm öszsvastagságot mindenképpen el kell érni. A szabvány rögzíti továbbá, hogy a terhelés támadáspontja bármely irányban minimum 1/4" távolságra legyen a minta szélétől (8. ábra). Szokásos terhelések: 1 kg ~ 10 N, 5 kg ~ 50 N. A vonatkozó szabványok: ASTM D 1525, ISO 306, DIN 53460, BSI 2782.

A Ceast-berendezés kialakítása olyan, hogy a mérőhelyek közvetlen környezetében van elhelyezve egy-egy hőérzékelő, mely pontosan méri a közeg tényleges hőmérsékletét a minta közelében. A lehajlást illetve a benyomódást nagy pontosságú LVDT-vel méri, amely az olajfürdőn kívül helyezkedik el. Az olajfür-



8. ábra. A Vicat-mérés geometriai feltétele

dőn átvezető támasztó rudak hőtágulása okozta hiba levonható a penetráció mért értékéből.

A Ceast-berendezés alkalmas számítógépes csatlakoztatásra, az adatok tárolására illetve a mérés paramétereinek számítógépes ellenőrzésére. A hatmérőhelyes berendezéssel

lehetőség van három mérőhelyen a HDT-, a másik három mérőhelyen a Vicat-mérés egyidejű végrehajtására.

A feszültségkorróziós érzékenység (stress cracking) kimutatása céljából a közepben bemetszett próbatestet meghajlítva feszültségnek teszik ki. Egyszerre több mintát helyeznek el egy mintatartóban, majd forró vizet fürdőbe merítve időről időre ellenőrzik nem képződtek-e repedések minta szélén.



Természetesen említést kell tennünk a műanyagiparban széles körben alkalmazott és ezért jól ismert **szakítóvizsgálatokról**, de éppen közismertsége miatt ennek ismertetésétől eltekinthetünk.

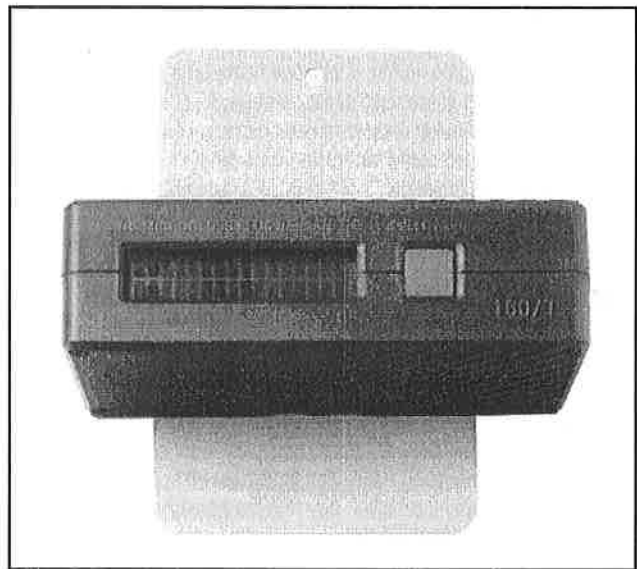
A sorozat következő részét elsősorban a dinamikus mechanikai vizsgálatoknak szenteljük, valamint szót ejtünk néhány ritkábban alkalmazott, de érdekes és bizonyos területeken nélkülözhetetlen mérési eljárásról is.

Fényesség és rétegvastagság mérése egy készülékkel

A Sheen Instruments Ltd. legújabb 160T Tri-Microgloss Plus μ kéziműszerével egyidejűleg mérhető és megjeleníthető a fém szubsztrátmra (mágnesezhető és nem mágnesezhető) felvitt festék-, műanyag és egyéb bevonatok vastagsága és a felület fényessége. Ezeket a minőség-ellenőrzés szempontjából fontos jellemzőket eddig csak külön-külön lehetett megmérni. Az új 160T műszerrel tehát gyorsabb az ellenőrzés, ugyanakkor a mért adatokat a műszerbe beépített processzor statisztikailag – átlagérték és szórás – értékeli és eltárolja. A műszer normál tartozéka a QC szoftver és az RS232 interfész. Ezek segítségével az adatok egyszerűen átvihetők a műszerből a PC-re Windows alapú programba, vagy Exelbe konvertálva további információkkal kibővíthető jegyzőkönyvezés céljából, megfelelően az ISO 9000 szabványsorozatban a dokumentálásra előírt követelményeknek.

Az új 160T kéziműszer ún. háromgeometriás (20/60/85 fok) fényességmérésre alkalmas, azaz célszerűen megválasztva a megvilágítási szög értékét, a műszerrel egy egység pontosan megmérhető az alacsony, a közepes vagy a magas fényű felület fényessége. A műszer egy pontos kalibrálásához a beépített fényességetalon használható. A bevonatvastagság méréstartomány: 0 – 500 μ m. A Fe/NFe nulla etalon használva a mérés pontossága: $\pm 1,5 \mu$ m. A kéziműszer mérés technikailag mindenben megfelel az ISO 2813, a DIN 67530, az ASTM D523, illetve az ISO 22178, 2360, az ASTM B499 és D1400 szabványok előírásainak.

A mindössze 550 g tömegű kéziműszert 2 db 1,5 V-os Mignon AA



elem működteti. A műszer és az említett normál tartozékai a műanyag hordtáskában szállítható. A műszerhez hordozható nyomtató is rendelhető.

Mohácsi Gábor – Testor Bt.

Könyvismertetés

Hetényi Pálné (főszerkesztő): Környezetvédelmi kalauz CD melléklettel, 316 oldal; ISBN 963 593 225 1. OMIKK, 1998.

A modern társadalom egyik nagy problémája a környezetszennyezés. Az okok: az ipari termelés jelentős növekedése, a hulladék felelőtlenül növelt mennyisége. Sokan katasztrófát jósolnak, amit megelőzni a környezetvédelmi innovációs tevékenységgel lehet. Be kell építeni a környezetvédelem szempontjait egész gondolkodásunkba. Ez a kiadvány az EU-integrációs stratégiát próbálja szolgálni, segítséget kíván nyújtani a környezetvédelem területén dolgozó legkiválóbb szakemberek megismeréséhez. Jól használható információkkal bemutatja a környezetvédelmi technológiákat és szolgáltatásokat.

A könyv harmadik, igen hasznos része az EU-integrációt segítő jogi szolgáltatás: az Európai Unió környezetvédelmi jogszabályainak angol és magyar nyelvű bibliográfiája.

A mellékelt CD könnyebbé teszi az adatok kezelését. Jól tudják használni a kiadványt nemcsak a területen dolgozók, hanem a környezetvédelmi oktatásban és továbbképzésben, különösen a szakmérnök-képzésben résztvevők is. A közölt információk nagyban segítik a kapcsolatok felvételét, a tanácsadást, a tapasztalatszerzést.

Remélem, sokan látják majd hasznát a szépen szerkesztett kiadványnak, és nem csak a szakmabeliek.

Pólos László

Néhány sor a Marovisz tevékenységéről

Mivel a Szövetség működése, helye kezd körvonalazódni, célszerűnek látszik hírt adnunk magunkról. A következőkben szeretnénk beszámolni elveinkről, elképzeléseinkről és terveinkről.

Mit akar a Marovisz?

1997. június 30-án alakult meg a Magyar Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szövetség, a Marovisz, amely más szervezetektől független, demokratikus alapokon működő jogi szervezet.

A Marovisz létrehozását az a felismerés indokolta, hogy a roncsolásmentes anyagvizsgálat követelményei világszerte megnövekedtek, fejlődése felgyorsult számos területen. Egy önálló szakmai szövetség jobban képes a – fejlődéssel együtt járó – hazai feladatokat felvállalni, hatékonyabban tudja az ezzel járó munkát segíteni, koordinálni. A hazai környezetben beálló változások tovább fokozták azt az elvárást, amely a szervezeti váltásnak, a szakmai tevékenység megújításának az igényét juttatták a felszínre.

Mindezeknek megfelelően, a Marovisz-t azok a szakemberek alapították meg, akiknek a munkája hosszú évek óta szorosan összefonódik a hazai roncsolásmentes anyagvizsgálattal és elkötelezettségük a korszerűsítés szükségessége mellett vitathatatlan.

A szövetségben résztvevő szakemberek közül többen részt vesznek az oktatásban, a minősítési eljárásban. Vannak, akik a szabványosításban vállalnak szerepet, mások a vizsgálóberendezések, eszközök beszerzésével foglalkoznak. A tagok túlnyomó többségét a laboratóriumok, a vállalatok, vagy a vállalkozások keretein belül végzett roncsolásmentes anyagvizsgáló munka felelősége hozta be a szövetségbe.

A Marovisz azt a szervező tevékenységet kívánja ellátni, amely az eltérő területeken működő szakemberek munkáját összehangolja.

A Marovisz belső platformot biztosít a feladatok megvitatásához és az így egyeztetett érdekeket fogja képviselni az érintett helyeken.

A műszaki haladás eredményeit, a szakmai rendezvények adta lehetőségeket, csak szervezett módon lehet figyelemmel kísérni. Adatbank kialakításával növeljük a gyors tájékozódás lehetőségét. A szövetség – a felmerülő igények alapján – rendezvényeket (termékbemutató, vitafórum stb.) is szervez, amelyek elősegítik a közvetlen tapasztalatcserét. A Marovisz rendszeres tájékoztatással segíti a létfontosságú információ-áramlást.

Tudjuk, hogy a tervezett célokat csak együttesen, egymást segítve lehet megvalósítani. Bízunk abban, hogy ki tudjuk elégíteni a – hazai szakmai közvéleményben – felkeltett figyelmet. Sikerül mozgásba hozni azokat a belső erőket, amelyek egy irányba hatva, a roncsolásmentes anyagvizsgálat fejlesztését fogják szolgálni. A Marovisz keresi az együttműködés lehetőségét a hasonlóan gondolkodókkal.

Sem a mindennapi munkában, sem a szervezeti életben nem nélkülözhetjük a nemzetközi együttműködést és a széles értelemben vett – folyamatos – tapasztalatcserét.

A Marovisz megkezdte a nemzetközi kapcsolatok kiépítését.

Kik a tagjai a Marovisznak?

A taglétszám folyamatosan nő. Jelenleg 48 tagja van a Marovisznak (túlnyomó többsége jogi tagságot jelent). Országos lefedettsége már jelentős (pl.: Szeged, Dunaújváros, Miskolc, Siófok, Pécs stb.).

Kik még a tagjai a Marovisznak?

Arra a következtetésre jutottunk, hogy tagjaink érdekét szolgálja, ha mindazokat a hazai és külföldi szakembereket – *tiszteletbeli tagként* – magunk köré tudjuk gyűjteni, akik hajlandók tanácsaikkal, információikkal segíteni a Maroviszt. Hasonló módon kívánjuk hosszú távú szakmai kapcsolatainkat is szorosabbá tenni. Ezért, egy-egy rendezvény lehetőségeit kihasználva, oklevél átadásával tettük és tesszük ünnepélyessé ennek a szellemi kapcsolatnak a létrejöttét. Eddig, örömmel szolgálta, hogy mindazok, akiket megkerestünk e tárgyban, szívesen

vették meghívásunkat és vállalták a tiszteletbeli tagságot. Nevezetesen: *Becker István*, *Karl Ebber* (FUJI European GmbH), *Ralph Giese* (Seifert GmbH), *Emil Göltz* (Institut Dr. Förster GmbH), *Dr. Karsai István*, *Wilhelm Kelb* (Test Maschinen Technik GmbH), *Dr. Konkoly Tibor*, *KOWOTEST GmbH*, *MAGNAFLUX LTD*, *Dr. Norbert Nix* (Automation Köln Dr. NIX GmbH), *SONATEST LTD*, *Peter Speier* (Krautkrämer), *Hans-Jochen Stemberg* (MR-Chemie GmbH), *Szakács Sándor* (AGFA-NDT Wien), *YXLON Industrial X-Ray GmbH*..

A névsor csak az átadott oklevelekkel „szentesített” kapcsolatokat mutatja. Az elvállalt tiszteletbeli tagság szempontjából nem teljes, mert még nem tudtuk az új tagoknak – „esemény” és megfelelő külsőségek hiányában – az oklevelet átadni.

Milyen módon veszünk részt a hazai szakmai életben?

Igyekszünk részt venni azokban a szakmai feladatokban, amelyekben – tagjaink szaktudása, segíteni akarása – előreviheti egy-egy probléma megoldását. Néhány példával illusztrálható ez.

A Magyar Szabványügyi Testület meghívta Tarnai Györgyöt a Marovisz nevében, hogy vegyen részt az új sugárvédelmi szabványok megfogalmazásában. A Marovisz képviselőt tágran értelmezve, minden ülés előtt kikértük – az elérhető – szakemberek véleményét (nem korlátozva csak a Marovisz tagokkal) és az így összesített hozzászólásokat vittük be a tanácskozássra.

Az MHTE ATB megalakulásakor a Marovisz is meghívást kapott. Ezzel a tagsággal jelentős mértékben tudjuk képviselni a Szövetség érdekeit, véleményét a képzés, minősítés terén.

Mi most a legfontosabb feladatunk?

Terveink közül kiemelt fontossággal bír a rendezvényünk, az I. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállítás (1999. április 13–16., Eger, Flóra szálloda) előkészítése. A rendezvény a 2–3 évente, hagyományosan megrendezett (GTE) szemináriumok hagyományának a folytatása lesz. Az előadásorozat, illetve a kiállítás – ismert – nemzetközi résztvevőkkel lesz megrendezve.

A Marovisz szeminárium jelmondata: **Roncsolásmentes anyagvizsgálat az EU csatlakozás tükrében.**

Az előadások, a kerekasztalok témája – megcélzottan – a jelmondatban kimondott igény lesz.

A múlt év végén küldtük ki az első körlevelet, amelyben – részletes formában – adtunk tájékoztatást a részvétel feltételeiről.

A Szervezőbizottság vezetője:

Pályi Károly (3830386, 06-20-9416995).

Tarnai György
a Marovisz elnöke

A TESTOR Bt.

**kiállítási programja
a Budapesti Vásárközpontban**

- Labortechnika 1999 február 9–12.
- Chemexpo – Hungaroplast március 2–5.
- Industriá május 11–15.

Keressen fel minket! Érdemes!

Tízéves a Testor Bt.

A visszatekintésre alkalmas évforduló alkalmából megkérdeztem a lapunkat is kiadó Testor Bt. ügyvezető igazgatóját, Szappanos Györgyöt a kezdetekről, fejlődésük menetéről és törekvéseikről.

– *Tudjuk korábbi nyilatkozatodból, hogy 1985-től a Kappa Gmk keretében már kisvállalkozóként tevékenykedtél, keménységi összehasonlító lapokat gyártottatok. Mégis, mik voltak azok az impulzusok, amelyek a Testor Bt. megalapításához vezettek 1989-ben, társadalmunk sorsfordító évében, amikor a felerősödő igényként hangoztatott szerkezet változtatás irányai és pláne következményei nem rajzolódtak ki világosan? Köthető-e a cégalapítás valamilyen, a korábbi vállalkozás kereteit feszítő üzleti sikerhez vagy ígéretes lehetőséghez?*

– Sokan „etalon Gmk”-ként emlegettek minket (Nomen est omen...), amikor műszerszervizzel és (nem igazán egyszerű) vasipari termékekkel kezdtük fessegetni a nagyvállalati pártállamiság, egyébként már dűledező kereteit. Az első 100 „kiszegítő mellékfoglalkozást” folytató munkaközösség egyikeként döntögettük a falakat, és nem tágitottunk (legfeljebb a horizontot...). A három T-ből kettő is jutott, **túrték**, hogy befedjük azt a lyukat, melyet az elvtársak kihagytak, de **tiltották** is, mivel 10% külön adóval büntették azt, aki vásárolt tőlünk.

– *És a harmadik T, a támogatás?*

– Az még mindig várat magára, pedig Churchill-lel vallom, a vállalkozó nem ragadozó, amelyet pusztítani kell, nem fejőstehén, hanem igásló, amely húzza a szekeret. Teszem hozzá az „elmozdulást” GDP növekedésben mérjük.

Az elért eredményt sokan elkívánják, miközben az oda vezető utat meg sem kívánják ismerni.

– *Mi viszont igen, hogyan is volt tehát? Mi lett a Kappával?*

– Megvan. Csipkerózsika álmat alszik. Nem a név, a jól kiválasztott cél és a betett munka a fontos. Azt a mellékfoglalkozás felállást 1988-ra kinőttem és kiléptem az „államból”. Céлом az volt, hogy megmutassam mit jelent az a mondat, amit ma is azimutként követek, ami meggyőződésem: mi műszaki kereskedők afféle katalizátorok vagyunk, akik a tudomány, az oktatás, illetve az ipar szakemberét szolgáljuk. Egyfajta interface vagyunk, összekapcsoljuk a korszerű minőségvizsgálat hardver-gyártóit és a fejlődő honi ipar felhasználóit. Ebben van társadalmi hasznosságunk. Ebben van felelősségünk. Másokat félretájékoztatni akár tudatlanságból, akár felületességből ugyanúgy bűn, mint a hazugság.

– *Volt egy Merkant Kft. is...*

– Egyszóval magam, majd ketten, hárman lettünk, és a műszerek mellé a telefon-alközpontok is felkerültek a „forgalmazzuk” listára. Két év alatt (1988-89) a Matáv nagybeszállító lettünk közel 40 alkalmazottal. Dübörgött az üzlet. Túláságosan is.

A cégtulajdonosok két ok miatt vesznek össze: ha nem megy, vagy ha túl jól megy. Mi az utóbbi miatt váltunk szét... Ekkor harmadmagammal megalapítottam a Testor-t, az „etalonos” Kubis Józseffel, aki a gyártásért és Szappanos Gabriellával, feleségemmel, aki a gazdálkodásért felelős. Ma is mi jegyezzük a céget.

– *Hogyan sikerült áthidalni a nagyvállalati és az alkalmazott kutatást folytató anyagvizsgáló laboratóriumok jelentős átszerveződését, sőt megszűnését eredményező gazdasági változások negatív következményeit?*

– Nehéz időszak volt. Minden leépült, átalakult. S ha valaki készülék-vásárlásra adta fejét, akkor a legnagyobb konkurensünk: a használgépkereskedelem ugrott elő verhetetlen áraival. Szerencsére a hazai degresszió közben egy Európa-méretű minőségboom lépett be. Egy kicsi-sült slágerszóveg lehetne: „bizonylatolni kell, ennyi az egész”; s ehhez meg kellett venni az adatszolgáltatót, (hogy ne mondjam, nyomtatót) vagyis a korszerű műszert.

Nehéz időszak volt, sok kudarcral, megaláztatással. A küzdelem helyett több alkalmazottunk az egyéni boldogulás más útját választotta. Ekkor meghirdettem a „minőségi csere” politikáját. Ma minden régi helyét egy annál értékesebb munkatársam foglalja el. A felsőfokú végzettségük aránya közel 90%.

Természetesen alkalmazkodtunk az új idők szeleibe. Nyertünk, bonyolítottunk Phare, Tempus, FEFA, Kopernikus projekteket. Kerestük

a gazdaság expandáló szektorait, bővítettük kínálatunkat. Nálunk a konkurenciakezelés széles körű kínálatot, magas színvonalú felhasználói tanácsadást és szervizt jelent. Ez a komplexitásra törekvés mára sokhelyütt bejött, hiszen egy nagyvállalat irodaszer-felhasználása is nagyobb, mint a műszerbűdszé; viszont, ha nem megfelelő vizsgálatokat végeznek, annak a termék eladhatósága vagy idő előtti elhasználódása, netán havária a következménye. Mindenképp a berendezés értékének sokszorosa.

Visszaülve a műszaki kereskedői felelősségre, mi értéket szolgáltatunk. Az eladott berendezés az árának többszörösét kitevő hasznot hajt új tulajdonosának akkor, ha a feladat jól meghatározott és „ő” tudja is azt teljesíteni. „Jó lesz az olcsó is, csak arra kell, hogy megmutassuk...” típusú műszert nem árulunk. Gyártóink 70%-a rendelkezik az ISO 9000 valamelyik fokozatával.

– *Mindeközben szaklapot is alapítottál, az Anyagvizsgálók Lapját, egy olyan időszakban, 1991-ben, amikor a meglévő szaklapok is nehézségekkel küszködtek a csökkenő példányszám, hirdetési bevétel és cikkírási honorárium következtében. Miért?*

– Az anyagvizsgáló szakma támogatására. A GTE biztató főböltéséből és a Testor nyereségéből. A lap szakmai szempontból független, a szerkesztésbe nem szólnunk bele. Üzleti ellenfeleink egyaránt közlési fórumként használhatják.

Egyetlen szívfájdalmam, hogy azok az igazán kitűnő cikkek, melyek az elmúlt 8 év alatt születtek, korlátozottan jutottak el azokhoz, akiknek szántuk. Talán mert a jelen mérnöke ISO-könyveket, adó- és jogtájékoztatót, netán nyelvkönyvet búj. Mégis furcsa, hogy azok, akik az anyagvizsgálókból (úgymond: az anyagvizsgálóért) élnek sajnálnak évi 2100 Ft előfizetési díjat.

– *A nehézség nevezett, és lassan javuló gazdasági időszakban a Testor aktívan részt vett és vesz a műszaki közéletünkben. A Testor, mely szervezeteknek tagja és mely intézményeket és rendezvényeket támogatott, illetve támogat anyagilag is?*

– A GTE-hez a kezdetek óta fűznek szálak. Fájdalom, hogy nem tud a magyar mérnök társadalom vezetője, képviselője lenni úgy, mint mondjuk a VDI.

A Magyar Minőség Társaság alapítói közt voltunk. 1997-ben a Marovisz alakulásánál is számítottak segítségünkre.

Vállalkozóként vonzódom azokhoz, akik lendületesen teljesítenek. Lehet bármilyen nemes a cél, ha nem érjük el, inkább bele se fogjunk.

– *A Testor üzletpolitikájának már évek óta mottója: „Jót s jól, ebben áll a nagy titok” Kazinczy-idézet. Mennyiben segítette ez a Testort ahhoz, hogy szakterületünk kereskedőcégei közül elsők között szerezhette meg az ISO 9002 szerinti minősítést?*

– Dolgozni csak rendben lehet. Ha valaki fölhív minket, elvárja, hogy tudjunk műszaki információt adni, ár és szállítási határidő tekintetében. Ez közel 20 000 cikk, 12 kizárólagosan képviselt cég esetében pontos szervezést igényel.

Hálózatunkat Windows NT-re cseréltük, Office '97-et és egy saját fejlesztésű TIR (Testor Információs Rendszer) programot használunk. 1998-ban közel 10 millió forintot költöttünk fejlesztésre.

Munkánk fontos elemeit (beszerzés, reklamáció-kezelés, kiállítási részvétel) már korábban is szabályozták belső (munka) utasítások.

Azok, akik valamilyen szinten kapcsolatot tartanak felhasználóinkkal, – vagyis szinte mindenki – a Business Success üzletkötési tréningben vehetnek részt. Ennek cégvezetési ajánlásai is segítettek a rendszer kialakításában.

Egyszóval, már nagy részben meglévőket kellett ISO alá fésülni. Mintegy fél évet vett igénybe munkatársamnak, a napi munkája mellett, inkább után. Igyekeztünk olyan rendszert alkotni, mely áttekinthető, mindenre ad szabályozást, de ugyanakkor a kereskedőtől elvárható rugalmasságot és reakció képességet nem veszítjük el.

– *Kívánom, hogy az ISO-rendszert működtetve mind szélesebb körben tudjátok beváltani igényeiket kielégíteni, és továbbra is aktív részesei legyetek műszaki közéletünknek. Köszönöm a beszélgetést. További munkátokhoz sok sikert kívánok.*

Lehofer Kornél

Az öregítés hatása a 9–12% Cr-tartalmú acélok tulajdonságaira

Rózsavölgyi Zsolt*

Az energetikai berendezések hatékonyságának javítása elsődleges gazdasági szempont. A hatásfok javításának egyik módja, hogy növeljük a hőbevezetés átlaghőmérsékletét. Nagy nyomást, túlhevítést és utóhevítést alkalmazva jelentősen megnövelhető a körfolyamat hatásfoka, az energiatermelő technológia lényeges megváltoztatása nélkül. A hőmérséklet növelésének felső határát a szerkezeti anyag tulajdonságai határozzák meg.

A szuperkritikus gőzerőművekben a gőznyomás 280 bar, a frissgőz hőmérséklete 580 °C, az újrahevített gőz hőmérséklete 600 °C. Ezekkel a paraméterekkel 45%-os hatásfok érhető el. A fejlődés következő lépésefokát az ultraszuperkritikus gőzerőművek jelentik, ahol a gőz paraméterei: 340 bar / 650 °C / 670 °C. Így 48–50%-os hatásfok is elérhető [1].

Az erőművi anyagoknak magas hőmérsékleten is korrózió- és reveálólóknak, valamint megfelelő szilárdságúknak kell lenniük. A szigorú tartamszilárdsági paramétereket az erőmű tervezett 200 000 h élettartama indokolja. Ezek a követelmények elsősorban a belső nyomásnak kitett szerkezetek hőálló anyagaira és a nagy fordulatszámú turbina anyagaira vonatkoznak. A hegeszthetőség és az alakváltozó képesség is fontos követelmények, főleg a kazáncsővek esetében.

Az ausztenites anyagok 600 °C felett is üzemeltethetők, de igen nagy hátrányuk a gyenge hővezetőképesség és a nagy hőtágulási együttható. Ez nagyobb hőfeszültségeket ébreszt, így csökken a szilárdság és a fátáradással szembeni ellenállás. Gazdasági szempontból további hátrányt jelent magas árak. Alkalmazásuk tehát csak ott indokolt, ahol kizárólag csak ilyen típusú acélok használhatók fel (pl.: túlhevítő csőki-gyók).

Ezért az elmúlt évtizedben a kutatások a 9–12% Cr-tartalmú ferrites–martenzites acélokra irányultak [2]. Ezeket eleinte 550 °C alatt lehetett használni, de az új összetételeknek és hőkezelésnek köszönhetően már 600–620 °C-on is felhasználhatók. Alkalmazásuk gazdaságilag is előnyösebb, mint az ausztenites acéloké, termikus és mechanikai tulajdonságaik az adott tartományban jobbak. A közeljövőben ezeket az acélokat alkalmazhatják gőzturbina forgórészek és lapátok, kazáncsővek, erőművi ötvények anyagaiként.

Ilyen új fejlesztésű acél például az NF12, P92 és HCM–12A típusok, melyeket elsősorban kazánokba építenek be, a HR1100 és HR1200 turbinarotor anyagok és a TAF650 típusú turbinalapát acél [3].

A Cr-ötvözésű acélok jellemzői

A 9–12% közötti króm-tartalmú acélokat félig ferrites acéloknak nevezik. Ezek az acélok edzhetők és nemesíthetők. A króm biztosítja a hőállóságot, a jó korrózió- és reveálóságot.

A molibdén nemcsak a kúszásállóságot növeli, hanem javítja az acél szívósságát és hegeszthetőségét, valamint csökkenti ridegedési és ridegtörési hajlamát. A vas térrácsába szubsztitúciósan épül be, így torzítja az alapmátrixot. Szilárd oldat szilárdító hatású, karbidjai kiválósosan keményítik az acélt.

A volfrám hatása megegyezik a molibdénével, azonban maximum 2% molibdén–egyenértéknyit (Mo%+0,5W%) ötvöznek az acélba, mert magas hőmérsékleten, hosszabb üzemidő után a vassal intermetallikus vegyületet alkot, mely jelentősen rontja a szilárdsági tulajdonságokat.

Az acélok karbontartalma alacsony, 0,1% vagy ez alatti. Nióbbium- és

volfrám-stabilizálással elkerülhető a krómkarbidok keletkezése a hőkezelés során. A szilárdság, a hő- és korrózióállóság szempontjából az a jó, ha a szemcséken belül a króm eloszlása egyenletes, nincsenek dúsulások.

A vanádium erős karbidképző, az acélban termikusan stabil, finoman diszpergált karbidokat és karbonitrideket képez. Jelentősen javítja a kúszásállóságot.

A ferrites acélok magas hőmérsékletű szilárdságát a szilárd oldaton kívül elsősorban a karbidfázisok típusa és diszperziója befolyásolja. A nagyobb karbidok ($M_{23}C_6$, M_7C_3) inkább a szemcsehatárokra válnak ki. Általában az M_2C összetételű karbidok, amelyek szekunder keményedéshez vezetnek, finom részecskéként válnak ki a szemcsén belül. A finom eloszlású MX karbonitridek és -boridok is a ferrit szemcsén belül, a diszlokációk környezetében válnak ki.

Kis mennyiségű alumínium ötvözése szemcsefinomító hatású.

A nitrogén jól oldódik a fémekben, erősen növeli az acél átmeneti hőmérsékletét, viszont az MX típusú nitrid kiválások szilárdítják az acélt.

Hőkezelés

A ferrites acélok mechanikai tulajdonságait az alapszövet jellemző szilárdsága, illetve az alakváltozás során a kiválások és az alapszövet közötti kölcsönhatás határozza meg.

A 9–12% Cr-tartalmú acélok hőkezelése normalizálásból és megeresztésből áll.

A normalizálás során 1040–1090 °C-on az ausztenitben a karbidok nagy része feloldódik, a maradék karbidok (V_4C_3 , NbC) és boridok (ZrB_2) finomítják az ausztenit szemcséket. Levegőn hűtve a magas króm-tartalom miatt kb. 100 mm-es falvastagságig martenzites szövetszerkezet alakul ki. A megeresztés során (730–780 °C-os, min. 1 óras hőntartás) a martenzit „megeresztett” ferrites alapszövevé alakul át [3]. Az $M_{23}C_6$ és M_7C_3 összetételű karbidok a szemcsehatáron, míg a finom MX karbonitridek és -boridok a ferrit szemcsén belül, a diszlokációk környezetében válnak ki. Apró, finom eloszlású karbidokra kell törekedni, így javíthatók a szilárdsági tulajdonságok.

Az A_{c1} hőmérséklethez közeli megeresztés alacsonyabb szilárdsági jellemzőket ad, de az acél hosszú idejű tartamszilárdsági jellemzői jobbak lesznek, mintha 30–50 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten, ugyanannyi ideig hőkezelték volna.

A normalizálás során elért keménység a karbontartalom függvénye.

Az új acélok M_s hőmérséklete magasabb, mint a régebbi típusoké.

Szövetszerkezeti változások az öregedés során

Az ötvözetek magas hőmérsékleten mutatott tulajdonságait, a kúszási és a fátáradási jellemzőket az alapszövet felépítése és a szövetszerkezetben lejátszódó változások határozzák meg.

Az öregedés során változhat a kivált fázisok mérete, összetétele és eloszlása, fázisváltások léphetnek fel, illetve új fázisok keletkezhetnek.

Az igénybevétel során a diszperz kiválások koagulálnak, átalakulnak, az instabil kiválások stabilá válnak, a szemcse oldott ötvözőtartalma csökken. Ezen folyamatok mindegyike ridegíti az anyagot.

A vasbázisú ötvözetekben 600–700 °C hőfoktartományban történő hosszú üzemelése esetén, a Fe–Cr rendszer egyik fázisa, a rideg–fázis jelenhet meg. Ez az intermetallikus fázis jelentős elridegedést okoz, a

* ötdéves hallgató, BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék
1521 Budapest, Goldmann Gy. tér 3. V2 ép.

fajlagos ütőmunka erősen csökken. Képződése 600 °C-on a legintenzívebb, magasabb hőmérsékleten a folyamat sebessége csökken. A Ti- és Nb-ötvözés hátráltatja a σ -fázis keletkezését. A folyamatban meghatározó paraméter még a szemcsenagyság és az előzetes hidegalakítás mértéke.

Az öregítés során magas hőmérsékleten rövid idő alatt megjelenik a szemcsehatárokon az $Fe_2(Mo, W)$ összetételű Laves-fázis. A molibdén és a volfrám szilárd oldat szilárdító hatását, de a ferrit mátrixból kidiiffundál a szemcsehatárra, koagulál és fémközi vegyületet alkot a vassal. Így pl. a P91 típusú acélban 600 °C-on 950 óra után már megfigyelték jelenlétét. A kiválás első szakaszában nehéz megkülönböztetni az $M_{23}C_6$ -tól, de gyorsabban növekszik és ezért erősen csökkenti a melegszilárdságot. Környezetében nagy Si-tartalmat figyeltek meg, tehát ez az elem elősegítheti keletkezését [4].

Az öregedés során tehát a szilárdsági jellemzőket a koaguláló karbidok, intermetallikus vegyületek és Laves-fázisok rontják le. A szemcsén belüli ötvözőeloszlás inhomogén lesz, a szemcsehatárokon meredeken emelkedik a koncentráció. A diszlokációk mozgásához kevesebb energia kell, mert már nem sok kis apró kiválás kerül az útjukba, hanem durva, nagyméretű fázisok.

Az öregedés vizsgálata

A 9–12% Cr-tartalmú acéltípus mintáinak vizsgálatára a Budapesti Műszaki Egyetem Mechanikai Technológia és Anyagszerkeztani Tanszék anyagvizsgáló laboratóriumában került sor. A bemutatott két jellemző típus közül az egyik egy alakított cső anyagminőség, a másik pedig öntvény volt (1. táblázat).

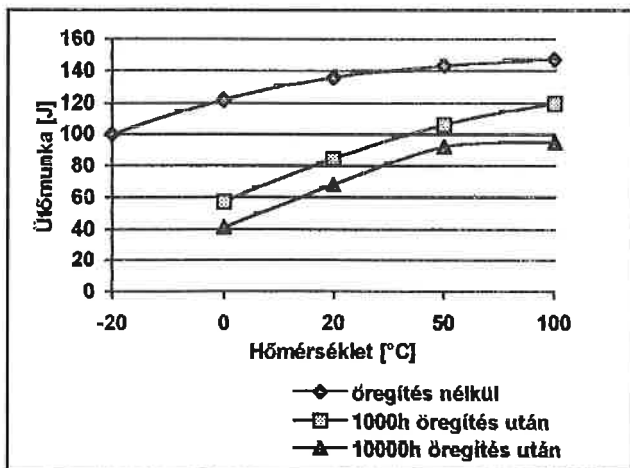
1. táblázat. A két acéltípus kémiai összetétele

típus	%					ppm				
	Cr	Mo	W	Co	Si	Nb	N	B	S	Al
alakított	8,7	0,97	0,96		0,13	620	655		70	30
öntvény	9,2	1,5		1,1	0,24	800	190	59	40	140

Az öregítést elektromos fűtésű kemencében 600 °C-on végeztük.

A szabványos Charpy-vizsgálatot négy hőmérsékleten végeztük, mintánként és hőmérsékletenként 3–3 db. próbatestet törtünk el. A próbatestek hőmérsékletét egy sóoldat tartalmú termosztáttal állítottuk be.

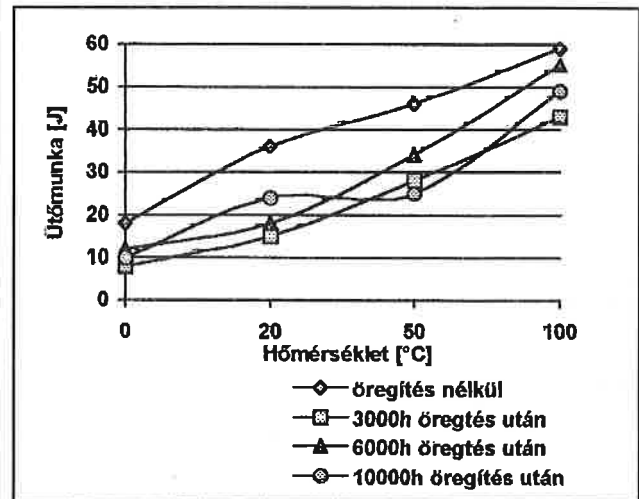
Az alakított acél öregítés nélkül a megkívánt 70 J ütőmunkát teljesítette, a kritikus átmeneti hőmérséklete -40 °C volt (1. ábra).



1. ábra. Az alakított acél ütőmunkái a 600 °C-os öregítés után

A diagramból megállapítható, hogy az öregítés során a kritikus átmeneti hőmérséklet eltolódott 20 °C közelébe, az ütőmunka értékei végig csökkenő tendenciát mutatnak a vizsgált tartományban.

Az öntvény, öntött szerkezete miatt rideg volt, ütőmunkája 20 °C-on mindössze 36 J-nak adódott (2. ábra). Az öregítés során a vizsgált hőmérséklet-tartományban az ütőmunka értéke először lecsökkent, majd pedig emelkedni kezdett. Ezt valószínűleg a kiválásos keményedés okozta. Hosszabb távon viszont a csökkenés dominál.



2. ábra. Az öntvény ütőmunkái a 600 °C-os öregítés után

Összefoglalás

Az egyre jobb hatásfokú energiaátalakítás csak akkor valósulhat meg, ha a beépített erőművi anyagok teljesítik a konstrukció-anyag-technológia hármaskörét.

Az öregedés során megváltozik a kivált fázisok mérete és összetétele, a szemcse oldott ötvözőtartalma csökken, új fázisok keletkeznek (σ -fázis, Laves-fázis). A szövetszerkezeti változások hatására csökkennek az acél hosszú idejű tartamszilárdsági jellemzői. Ennek a mechanizmusnak a pontosabb megismerése lehetőséget ad új, az előzőeknél kedvezőbb tulajdonságú acélok kifejlesztésére. Olyan összetételre kell törekedni, amelyben az öregedés során, a nagy hőmérsékleten lejátszódó diffúziós folyamatok lassabbak.

A 9–12% Cr-tartalmú acélok 600–620 °C-ig használhatók fel, termikus és mechanikai tulajdonságaik az adott tartományban jobbakként, mint az ausztenites acéloké.

Az elvégzett vizsgálat alapján megállapítható, hogy a 9–12% króm-tartalmú acélok szívóssága függ a kémiai összetételtől és az előállítás módjától. Az öntvény szívóssága öregítés nélkül is lényegesen kisebb volt, mint az alakított cső anyagminőségé. Az öregedés hatására a szívósság csökkent, az öntvény esetében kiválásos keményedés is lejátszódott.

További anyagvizsgálatok és konkrét erőművi tapasztalatok szükségesek a tárgyalt acéltípus tulajdonságainak pontosabb megismeréséhez.

Irodalom

- [1] Büki G.: Korszerű erőművek hatásfoka, Magyar Energetika 1998/5 pp163–173
- [2] Artinger I., Havas I.: 9–12% Cr-tartalmú acélok törési vizsgálatai, V. Törésmechanikai Szeminárium Miskolc–Tapolca 1995, pp124–131
- [3] Fujita, T.: Current Progress in 9–12% Cr Ferritic Heat Resistant Steels, Central European & World Connection Electric Power Industry Forum 95, Kraków Poland, pp1–24
- [4] V. Foldyna, Z. Kubon, A. Jakobová, V. Vodárek: Structural Stability of 9–12% Chromium Steels for Advanced Power Plants, Central European & World Connection Electric Power Industry Forum 95, Kraków Poland, pp156–174

Ez a cikk az 1998. novemberi Budapesti Műszaki Egyetem tartott Tudományos Diákköri Konferencián elhangzott előadása kivonata. Ezúton is megköszönöm konzulensem, Prof. Artinger István segítségét.

Egy körvizsgálat tapasztalatai

Majoros András*

Bevezetés

Hazánkban is – az európai gyakorlathoz hasonlóan – joghatással járó méréseket csak akkreditált vizsgáló laboratóriumok végezhetnek. A laboratóriumok akkreditálását kezdetben a Magyar Szabványügyi Hivatal (MSZH) végezte, majd megalakulása óta ezt a feladatot a Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) látja el. A laboratóriumok akkreditálásnak számos tartalmi és formai követelmény teljesítése a feltétele. A követelményeket az 1991-ben Magyarországon is hatályba lépett MSZ EN 45001 számú szabvány foglalja össze. E szabvány általános és műszaki szempontokat fogalmaz meg a laboratóriumokkal szemben. Az általános részben található a szervezettel, a vezetéssel, a laboratórium által működtetett minőségbiztosítási rendszerrel, az alvállalkozókkal és beszállítókkal, a különböző helyesbítő tevékenységekkel stb. kapcsolatos követelmények. A műszaki szempontok között a személyzetre, a vizsgálati módszerekre és eszközökre, a vizsgálati minták és eredmények kezelésére stb. vonatkozó előírások kaptak helyet.

Az Európai Unióban a vizsgáló és kalibráló laboratóriumokra vonatkozó előírásokat a már jelzett EN szabványon túlmenően más ajánlások is szabályozzák. Ezek közül a legismertebb az ISO Guide 25. Ezen további előírások, ajánlások egyik fontos célja, hogy a gazdasági élet egyéb szereplőire vonatkozó, s mára közismertté vált ISO 9000-es szabványsorozat követelményeivel harmonizáljanak a vizsgáló és kalibráló laboratóriumokra vonatkozó elvárások. Ezen egységesítési folyamat következő állomását jelentheti a jelenleg előkészítés alatt álló ISO IEC DIS 17025 számú szabvány kiadása. Ezen új szabvány általános követelményeket fogalmaz meg a kalibráló és vizsgáló laboratóriumok képességvizsgálatához.

Az új szabvány számos területen pontosítja illetve részletesebben szabályozza a laboratóriumokra vonatkozó korábbi előírásokat. A követelmények között szerepel egy olyan előírás, amely a laboratóriumoknak feladatuk szabja, hogy a rendszeres felülvizsgálatokon túl ellenőrzéssel is biztosítsák a megrendelők számára a nekik nyújtott eredmények minőségét. A szabvány az ellenőrzéshez többek között a következő lehetőségeket ajánlja:

- belső, lehetőleg statisztikai módszerekkel működtetett minőség-szabályzó rendszer alkalmazása;
- részvétel jártassági vizsgálatokban;
- hiteles anyagminták rendszeres használata;
- vizsgálatok reprodukálása azonos vagy eltérő módszerek alkalmazásával;
- megőrzött minták ismételt vizsgálata;
- azonos anyagon, különböző jellemzőkre kapott eredmények egymáshoz viszonyítása.

Természetesen attól függően, hogy az adott laboratórium milyen szakmaterületen dolgozik, a felsorolt lehetőségek közül kiválaszthatja a számára használhatót.

Szakterületemen, a fémek roncsolásos anyagvizsgálatában, a felsorolt elemek közül több automatikusan kiesik, miután a vizsgálat során a minta gyakorlatilag megsemmisül. Hiteles anyagminták sem állnak rendelkezésre, s ilyenek előállítása nem is egyszerű feladat.

Szakmánkban is a jártassági vizsgálatokban való részvétel lehet egy alkalmas eszköz az ilyen ellenőrzés elvégzésére. Más szakmaterületeken (elsősorban olyan helyeken, ahol a mérés során a visszavezethe-

tőség nem, vagy csak igen nehezen biztosítható) e lehetőség széles körben alkalmazottnak (pl. kémiai elemzések) tekinthető.

A cikkemben egy olyan nemzetközi körvizsgálat eredményeit illetve tapasztalatait foglalom össze, amely igazolhatja, hogy milyen segítséget adhatnak a körvizsgálatok a hasonló szakterületen dolgozó vizsgáló laboratóriumoknak, illetve azok felügyeletét ellátó szervezetek részére.

Mielőtt e körvizsgálat eredményeit ismertetném, néhány szót kell szólni általában a körvizsgálatokról. Az MSZ EN 45001:1991 számú szabvány definíciója szerint:

Laboratóriumközi vizsgálat-összehasonlítás (Interlaboratory comparisons, Round – Robin Test): Azonos vagy hasonló termékek/anyagok meghatározott feltételek szerinti, két vagy több laboratórium által elvégzett vizsgálatainak megtervezése, végrehajtása, értékelése.

Laboratórium jártassági vizsgálat (Proficiency Test): Egy laboratórium vizsgálati felkészültségének, jártasságának meghatározása laboratóriumközi vizsgálat-összehasonlítással.

A nemzetközi szabványosításban az ISO Guide 43:1997 szabványsorozat foglalja össze a kapcsolódó előírásokat. Tartalmazza a jártassági vizsgálatok formáit, a körvizsgálatok szervezésének, tervezésének szempontjait, a kiértékelés és dokumentálás szabályait. A szabvány 2. lapja az eredmények laboratóriumi akkreditálásban történő felhasználására is kitér. Természetesen a mérésekre jellemző sajátosságok miatt a kiértékelés a matematikai statisztika eszközeit használja fel. Egyrészt a körvizsgálatok során keletkező nagyszámú mérési eredmény miatt, másrészt a mérendő mennyiség illetve a mérési eredmények valószínűségi változó volta, nem is tesz lehetővé más értékelési gyakorlat alkalmazását.

E rövid kis bevezető után a tényleges jártassági vizsgálat eredményeit és tapasztalatait mutatom be.

A körvizsgálat és eredményei

A németországi Szövetségi Anyagkutató és Vizsgáló Intézet (BAM) egy európai körvizsgálatot szervezett a fémek mechanikai tulajdonságait meghatározó laboratóriumok számára. A NAT felkérése alapján Magyarországot laboratóriumunk képviselhette e vizsgálat-sorozatban. A vizsgálatokban Európa 24 országa, s ezen országok 91 laboratóriuma vett részt. A mérési feladat a fémek roncsolásos anyagvizsgálatában leggyakrabban alkalmazott szakítóvizsgálat elvégzése volt.

Minden résztvevő 6 db próbatestet (10 mm átmérőjű, hengeres próbatest, menetes befogási felülettel) kapott, s a meghatározandó anyag-tulajdonságok: folyáshatár ($R_{p0,2}$), szakítószilárdság (R_m), rugalmassági modulus (E), szakadási nyúlás (A) és kontrakció vagy más néven keresztmetszet-csökkenés (Z). A felsorolásból látható, hogy az anyagjellemzők között szerepeltek szilárdsági mérőszámok, melyek a vizsgálat során mért erőérték és a vizsgálat előtt meghatározott próbatest-méreték segítségével voltak számíthatók. Voltak képlékenységi mérőszámok, amelyek pedig a próbatest vizsgálat előtt és után mért méreteiből voltak meghatározhatók. A vizsgálati eljárás természetesen szabványosított (MSZ EN 10002-1:1994), s így a vizsgálati körülményeknek ezen előírásokhoz kellett igazodniuk.

A próbatestek 115 Cr V3 (W.Nr. 1.2210) minőségű ötvöztött és hőkezeléssel homogenizált állapotú acélból készültek. A résztvevőknek átadott próbatestek homogenitását (egy próbatest-sorozatban belüli és a próbatest-sorozatok közötti) a körvizsgálat előtt a szervezők ellenőrizték.

A körvizsgálat-hoz felhasznált közel 600 db próbatest eredményeit és a vizsgált próbatesteket a szervezőknek kellett visszajuttatni, s ők

* AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.

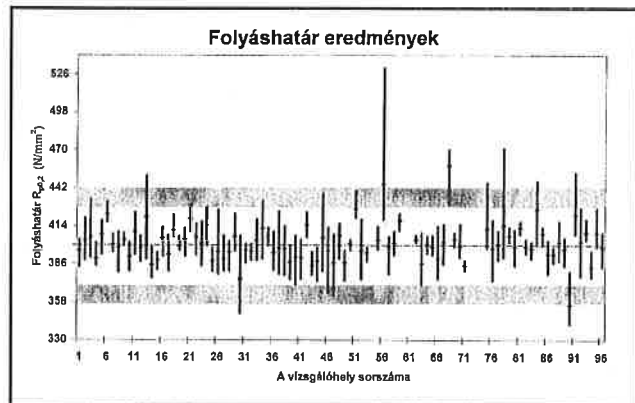
végezték el az eredmények statisztikai értékelését. A résztvevők természetesen megkapták a részletes kiértékelés eredményeit, így ezek felhasználásával mutatom be a körvizsgálat eredményeit.

A résztvevők által meghatározott egyes anyagjellemzők értékeit az 1–5. ábrák mutatják be. A függőleges vonalak egy-egy résztvevő által az adott jellemzőre kapott legnagyobb és legkisebb értéket (azaz a mérések során dokumentált teljes terjedelmet) valamint a számított középértéket is jelzik. A diagramokról leolvasható az összes mérési eredmény felhasználásával megállapított átlagérték és szórássterjedelem is. A diagramokba berajzolt sávok szélessége az egyszerűsített szórásmező nagyságát mutatják. Az átlagérték körül megrajzolt kétszeres szórásmező az egyes laboratóriumok értékelésénél jelentett fontos szerepet, amelyről még a későbbiekben lesz majd szó.

Az egyes anyagjellemzők esetén kapott eredmények kapcsán a következő következtetéseket vonták le a szervezők:

Folyáshatár ($R_{p0,2}$)

A vizsgálatához felhasznált acélanyag sajátosság jellemzője, hogy nem volt határozottan jelentkező folyáshatára (alsó és felső folyáshatár), s a rugalmas alakváltozás tartománya kicsi, a tényleges alakváltozás értékei pedig viszonylag nagyok voltak. E két utóbbi sajátosságból következően a rugalmas alakváltozás kijelöléséhez használható ún. bekezdő egyenes „megrajzolása” nem volt egyszerűen elvégezhető (az egyenes nagyon „lapos” volt és megszerkesztéséhez rövid szakasz állt csak rendelkezésre). A mérési eredményekben tapasztalt nagy eltérések tehát a mérőrendszer és a kiértékelés hibáin túlmenően ezzel is magyarázhatók (1. ábra). A résztvevők különféle módszert alkalmazva állapították meg az anyag folyáshatárát. Három módszer volt jól megkülönböztethető.



1. ábra

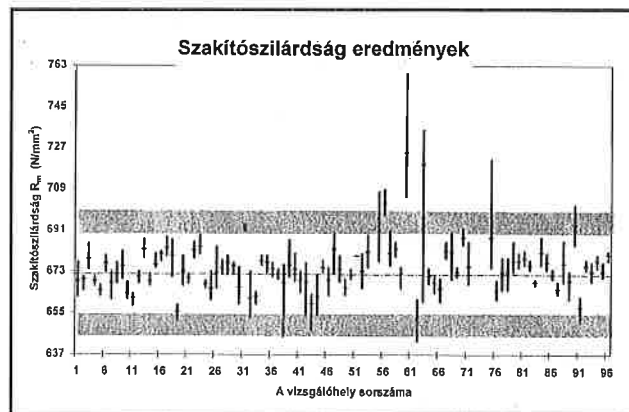
Az első csoportot azok a laboratóriumok képezték, amelyek a kiértékelést teljesen automatikus rendszerre (számítógéppel vezérelt és kiértékelt szakítóvizsgálat) bízták. E csoportnál voltak az egy laboratóriumon belüli kapott eredmények között a legnagyobb szórássterjedelmek. Ennek oka a számítógépes rendszer által alkalmazott számítási algoritmusban keresendő. Az anyagra leírt sajátosságok miatt a folyáshatár meghatározáshoz szükséges egyenes megszerkesztését a számítógépek nem vagy csak nagy mérési bizonytalanság mellett voltak képesek kijelölni.

A második csoportot a „hagyományos”, manuális szerkesztést választó laboratóriumok alkották. Itt a mérési pontosságot elsősorban az alakváltozás mérésénél alkalmazott nagyítást befolyásolta. Azon résztvevők esetén, ahol a szakítódiagram felvételénél kis nagyítást választottak, a laboratóriumon belüli szórás nagyra adódott.

Végül a harmadik csoportot azok a laboratóriumok jelentették, amelyek a folyáshatár kijelöléséhez a részleges visszaterhelés módszerét alkalmazták, s az így kapott hiszterézis hurok segítségével jelölték ki a rugalmas alakváltozás egyenesét. A legjobb eredményt (az eredmények közötti legkisebb eléréseket) e laboratóriumok érték el.

Szakítószilárdság (R_m)

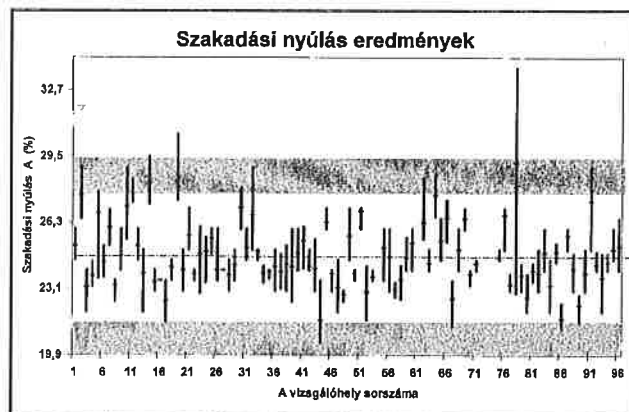
A szakítóvizsgálat során a legegyszerűbben meghatározható anyagjellemző, miután csak két mért adat felhasználása szükséges a megállapításához. Az egyik a vizsgálat során elért legnagyobb erő, a másik pedig a próbatest vizsgálat előtt megállapított átmérője. A 2. ábrán látható eredményekből az olvasható ki, hogy azon laboratóriumok, amelyek jóllehet kis ismétlési hibával mértek, de a mérési eredményeik a számított átlagértéktől jelentősen eltérnek, nem kielégítően kalibrált erőmérő-rendszerű berendezést használnak. A laboratóriumok azon csoportjánál, ahol az ismétlési hiba nagy (azaz a hat próbatesten kapott eredmények között nagy volt az eltérés), ott a befogási és gépvezérlési rendszer, illetve a próbatest alakváltozásának a méréseihez használt jelölési gyakorlat szorult felülvizsgálatra.



2. ábra

Szakadási nyúlás (A)

A szakadási nyúlás meghatározásánál a résztvevők egy része a próbatest töréséig fennhagyott nyúlásmérő eszközt használt, s számítógéppel határozták meg ezen alakváltozási mérőszámot. A laboratóriumok nagyobb része azonban a próbatest felületére felvitt jelölést alkalmazott, s a szakítás után összeillesztett próbatesten manuálisan mérte a szakadási nyúlást. Az eredményeket a 3. ábra szemlélteti. Miután a résztvevők nagy többsége nem dokumentálta a mérési módszert, így a módszerek közötti különbségek értékeléséhez nem állt rendelkezésre elegendő adat. Az eredmények és a visszaküldött próbatestek ellenőrzése azonban igazolta, hogy a túlzottan mély jelölések okozta bemetszés-hatás, e mérőszámot is jelentős mértékben befolyásolta.

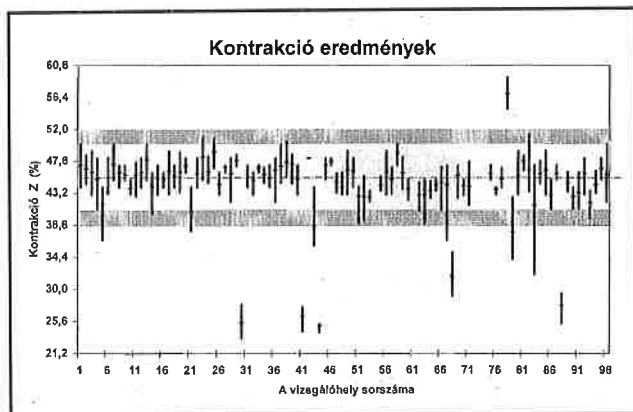


3. ábra

Kontrakció (Z)

A másik alakváltozási képességet jelző mérőszám esetén is – amelyek eredményei a 4. ábrán láthatók – a legnagyobb problémát a nyúlás-

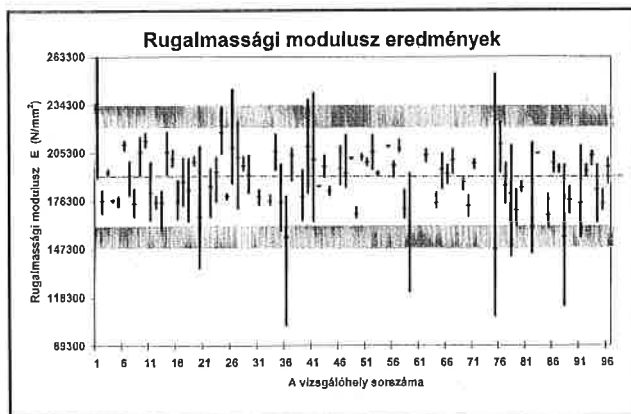
mérésnél alkalmazott jelölések hatása jelentette. A túl mély jelölések a szakadás helyét és e helyen az alakváltozás mértékét is megváltoztatták. Ezen laboratóriumok esetén a próbatestkezelés gyakorlatát mindenképp érdemes felülvizsgálni. Szintén több laboratórium esetén megállapítható volt, hogy a dokumentált eredmények számítási hibával terheltek. Ezeknél a laboratórium belső minőségbiztosítási rendszerét is tanácsos ellenőrizni, hogy a hibás eredmények milyen módon hagyhatták el a laboratóriumot.



4. ábra

Rugalmassági modulus (E)

A legtöbb gondot jelentő anyagjellemzőnek bizonyult a rugalmassági modulus (5. ábra). Ennek oka lehet, hogy Európában a szakítóvizsgálati szabványok nem tartalmazzak előírást e jellemző meghatározására. Az ASTM E 111 számú szabványt alkalmazták néhányan, mások pedig saját egyéb ismereteik alapján végezték el a mérést. A kapott eredmények széles szórási sávja jól érzékelteti a mérés bizonytalanságát. Több laboratórium eredményeit ki is kellett zárni az értékelésből a nagy eltérések miatt.



5. ábra

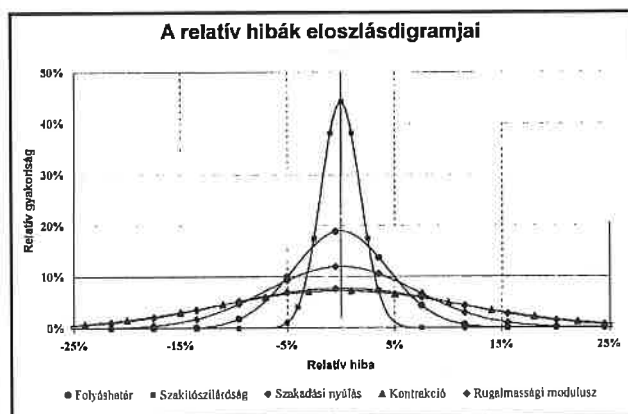
A mérési eredmények ismeretében a következő megállapítások születtek:

- Közel a résztvevők fele számítógép segítségével határozta meg az E értékét. A laboratóriumok többsége minden kritikai észrevétel nélkül bizonylatolta a mérés eredményeit, jóllehet egy acél esetén irreálisnak tekinthető eltéréseket kaptak. Az alkalmazott szoftvert nem vagy nem kielégítően ellenőrizték a laboratóriumok.

- A kézi kiértékelést választók esetén a folyáshatár meghatározásánál leírt problémák jelentkeztek. Azon laboratóriumok, amelyek a részleges visszaterheléssel határozták meg a folyáshatárt, a hiszterézis hurok által kijelölt egyenest tekintették a Hooke - féle egyenesnek. Ez jóllehet kis ismétlési hibát eredményezett, de az ilyen módon kapott értékeket nem lehet rugalmassági modulusnak tekinteni.

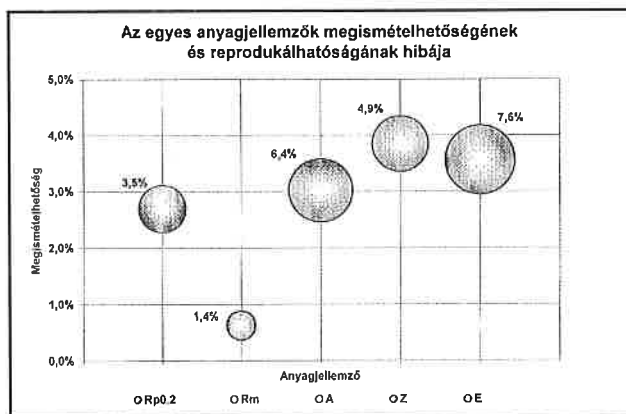
Összehasonlító értékelés

A 6. ábra a meghatározott anyagjellemzők eltérő mérési bizonytalanságait mutatja be, valamennyi mérési eredmény felhasználásával elvégzett statisztikai értékelés alapján.



6. ábra

A 7. ábra pedig az egyes anyagjellemzők esetén a megismételhetőség (egy laboratórium által végzett hat mérés adataiból számított átlagos szórásterjedelm) és a reprodukálhatóság hibája olvasható le. (A diagramon ábrázolt gömbök átmérője jelzi az adott jellemző esetén a reprodukálhatóság hibáját.)



7. ábra

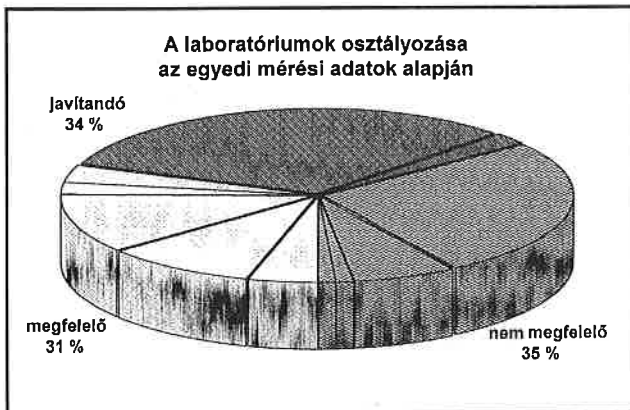
Ezen adatokból jól látható, hogy a körvizsgálat a metrológiai szempontból látszólag jól meghatározott és a napi anyagvizsgálati gyakorlatban ma már „konzervatív” tekinthető szakítóvizsgálat esetén is az alkalmazott mérési módszerhez és kivitelezéséhez számos hasznos tanácsot adhat az e szakterületen dolgozó anyagvizsgálóknak.

Az eredmények a vizsgálóhelyek minősítésére is természetesen felhasználhatók. Erre az ISO Guide 43. számú ajánlásban szereplő ún. Z pontszámot használták fel a szervezők. A Z pontszám nem más, mint egy szorzószám, amely a mért érték (egy laboratórium által meghatározott egyedi vagy átlag érték) és a helyes érték (a kísérletsorozat alapján megállapított átlag) különbözetének, s az adott mérőszám mérési bizonytalanságának (megállapított szórásának) hányadosa. Azon laboratóriumok, amelyeknél ez a pontszám 2-nél kisebb volt jó minősítést kapott. A 3-nál nagyobb szorzószámmal jellemezhető laboratóriumok esetén az akkreditációt csak megfelelően bizonyított helyesbítő tevékenységek elvégzése után javasolták kiadni a szervezők. A 2-nél nagyobb de a 3-nál kisebb szorzószám esetén az akkreditációs okiratot kiadhatónak minősítették, de felülvizsgálati kötelezettséget írtak elő.

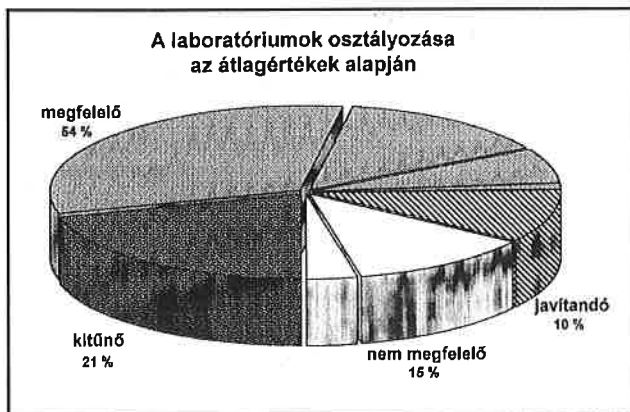
Az 1-5. ábrák tehát a résztvevő laboratóriumoknak az adott anyagjellemző meghatározásában való jártasságát is minősíthetik. A szürke sávok által határolt területen belüli eredmények (azaz a kétszeres szórás-

sávon belül, $Z < 2$) a megfelelő jártasságot mutatják. A sávon kívül esők ($Z > 3$) pedig azt jelzik, hogy az adott laboratórium részére az akkreditáció egyelőre nem adható ki.

Ezen értékelés eredményét a 8. és 9. ábrán bemutatott kördiagramok szemléltetik. Az egyikben a laboratóriumok által meghatározott tényleges egyedi mérési eredmények, a másikon pedig a jellemzők átlagértékei alapján minősítik a körvizsgálat résztvevőit.



8. ábra



9. ábra

Csak szerényen jegyzem meg, hogy Magyarország jól szerepelt e körvizsgálaton is, amit oklevéllel is elismertek a szervezők. Ez azt jelentheti számunkra, hogy jól képzett személyzettel, hiteles mérőeszközökkel, s az adott eljárást jól alkalmazva végezzük vizsgálateinket.

Összefoglalás

A körvizsgálat eredményei alapján a szervezők következő fontos megállapításokat fogalmazták meg:

- A körvizsgálatban résztvevő 91 laboratórium által meghatározott eredmények között jónak ítéltető az összhang. Tisztán statisztikai szempontból az állapítható meg, hogy a mérési eredmények az „európai” középértékhez képest a kétszeres szórásmezőn belül helyezkedtek el.

- Miután a körvizsgálatban akkreditált és nem akkreditált laboratóriumok is részt vettek, így értékelni lehetett, van-e különbség az eltérő „státuszú” vizsgálati helyek között. Ezen értékelés eredménye azt mutatta, hogy szisztematikus különbséget az akkreditálás pusztán ténye nem eredményezett. Sőt aggodalomra adhat okot, hogy a legszembetűnőbb szakmai hiányosságok nagy részét éppen az akkreditált laboratóriumok csoportjában tapasztalták.

- A laboratóriumok nagy részénél tapasztalt jó ismételtelhetőségi érték azt mutatja, hogy a mérési módszer megfelelő reprodukálási képességet eredményez. Azonban azt is meg lehet állapítani, hogy a mért középértékek között viszont olyan eltérések is akadtak (például a szá-

kítózsilárdság esetén -4% és $+3\%$, azaz $655 - 692 \text{ N/mm}^2$ széles tartomány), amelyek nem biztos, hogy elfogadhatók. Törekedni kell tehát arra, hogy a megismételhetőség hibája mellett a vizsgálat reprodukálhatósági hibája is csökkenjen.

- Az is leszögezhető, hogy a korszerű, számítógépesített mérés-technikai eszközök önmagukban nem biztosítják a megfelelő szakmai kompetenciát, sőt felértékelődik a szakmailag jól képzett és szakterületükön jártás személyzet iránti igény, aki képes ezen eszközök által szolgáltatott mérési eredmények megfelelő ellenőrzésére.

- A laboratóriumokat akkreditáló szervezetek számára is fontos tanulságokat jelenthet a körvizsgálat eredménye, hiszen ráirányítja a figyelmet arra, hogy pusztán csak a minőségbiztosítási bizonylatok és a kalibrációs okmányok ellenőrzése nem elégséges a vizsgáló helyek szakmai kompetenciájának a megítéléséhez.

Úgy gondolom, hogy a bemutatott eredmények és azok értékelése jól érzékelteti a körvizsgálatok szerepét a laboratóriumok munkájában. Az értékelés során felsorolt megfigyeléseken túl a körvizsgálatok előnyeit, értékeit a következőkben is meg lehet fogalmazni:

- növeli a vevők, illetve a mérési eredményeket felhasználók biztonságát és csökkenti kockázatukat;

- a laboratóriumokat minőségbiztosítási rendszerük hatékonyságának növelésében támogatja;

- az akkreditáló szervezetek kezébe objektív ítéletalkotáshoz szükséges adatokat nyújt;

- az EU-harmonizációs követelményekhez és a laboratóriumok kölcsönös elismeréséhez műszaki alapot szolgáltat;

- az adott szakterületen dolgozó szakemberek rangját, tekintélyét növeli, segítheti tevékenységük társadalmi elismertségét.

Úgy vélem a fentiek alapján, hogy érdemes ehhez hasonló jártassági vizsgálatok rendszerét hazánkban is több szakmai területen megteremteni. Ez persze – tudom – nemcsak elhatározás kérdése. Ilyen rendszer létrehozása, működtetése messze túlmutat az egyes laboratóriumok érdekein és természetesen lehetőségein. Ezért csak országos szinten lehet remény megfelelő szintű koordinálásukra és természetesen a pénzügyi forrásainak megteremtésére (erre nemzetközi pályázati források is esetleg igénybe vehetők).

Cikkem megírásánál céltom volt a hasonló szakterületen dolgozó kolégák tájékoztatása, de az a szándék is vezérelt, hogy felkeltsem mindazon hazai szervezetek érdeklődését is, amelyek tevőlegesen hozzájárulhatnak ilyen hazai rendszer kialakításához, s segíthetnek ennek Magyarországon történő meghonosításában.

Érintésmentes nyúlásmérés video-extenzométerrel



az Instron Ltd. kizárólagos hazai képviselőjétől:

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

Budapest XII., Meredek utca 33. • Tel.: 319-1-319 Fax: 319-2284

A VII. Magyar Minőségi Hét

Társaságunk mint minden évben, 1998-ban is megrendezte a Magyar Minőségi Hetet, immár a hetediket. A rendezvény tematikája eltért a korábbiakétól: kevesebb teret szenteltünk az eddig már sokat tárgyalt témáknak, mint pl. a megfelelésértékelése és tanúsítása, a menedzsment rendszerek stb., de szerényebb keretek között ezek is szerepeltek a programban. Ezzel szemben – figyelembe véve előrehaladásunkat az EU-hoz való csatlakozás tekintetében – fontosnak találtuk, hogy a hazai gazdálkodók széles körben, részletesen ismerkedhessenek meg az EU termékekre vonatkozó minőség-filozófiájával és politikájával, az ezekből következő műszaki szabályozással, direktívákkal, minőségi, környezetvédelmi, biztonsági stb. előírásokkal, amelyek betartása alapja és egyben feltétele annak, hogy versenyképesek legyenek az európai és feltehetően más fejlett országok piacain.

A jogharmonizáció keretében megkezdődött és jó ütemben halad a hazai műszaki szabályozás átalakítása, de a gyakorlati alkalmazás – nem utolsósorban a műszaki társadalom felszínes ismeretei folytán – nem tart lépést vele. A konferencia célja az volt, hogy az ismeretek terjesztésével segítse elő gazdaságunk európai integrációját.

Eltérő koncepció

A témakör részletes kifejtése és megvitatása azért különösen indokolt, mert az EU műszaki szabályozásának koncepciója alapvetően eltér a rendszerváltás előtti évtizedekben nálunk uralkodó szemlélettől.

Az állam a tervgazdaság keretében is feladatának tekintette annak szavatolását, hogy csak biztonságos termékek kerülhessenek forgalomba, tehát ne veszélyeztessék a felhasználók, fogyasztók életét, egészségét, a környezetet, továbbá ne okozhassanak jelentősebb vagyoni kárt. A műszaki szabályozás fő eszközeként a követelményeket kötelező szabványokban írták elő, és teljesítésüket a termékek forgalomba hozatal előtti vizsgálatával és engedélyezésével kívánták biztosítani.

A fogyasztási cikkek pl. általában előzetes, ún. „KERMI-engedéllyel” kerültek a piacra. A kötelező szabványok betartása és a forgalomba hozatali engedély megszerzése gyakorlatilag levette a felelősséget a gyártókról az esetleges károkozásért és más fogyatékosága is volt, a többi között az, hogy merevsége folytán fékezte a műszaki fejlődést.

Ezzel szemben az EU a biztonságos termékekhez, szolgáltatásokhoz kapcsolódó alapvető állampolgári jog érvényesítését műszaki követelmények előírásával, kötelező magatartásformát előíró szabályozással, vagyis jogszabályokkal, valamint ezek betartásának piaci, tehát utólagos ellenőrzésével kívánja elérni. A termék károkozásáért a gyártó felel.

A tagországokon belül a műszaki szabályozás egységes és ez segíti a szabad áru mozgást, amely a közösségi jog, az „Aquis communautaire” egyik alapelve.

A konferencia

Úgy tűnik, hogy a hazai társadalom felismerte és értékelte szándékunkat, törekvésünket. Ezt tükrözi, hogy a konferencián 323-an, vagyis az eddigieknél számottevően többen vettek részt, több mint felerészben termelő vállalatok küldöttei.

Az egyes témakörök előadóit, államigazgatási vezetőket, a témakört jól ismerő, külföldön is elismert szakembereket személyükben kértük fel előadás tartására a jelenleg fennálló és rövidesen életbe lépő szabályokról, előírásokról, melyekhez a hazai termelőknek alkalmazkodni kell.

Megnyitó előadásában dr. Bagó Eszter, a Gazdasági Minisztérium államtitkár-helyettese a tárca gazdasági stratégiáját vázolta. Rámutatott azokra a feszültségekre, amelyeket a stratégia oldani kíván, pl. a régiók közötti fejlettség kirívó ellentmondása, a kisebb és közepes vállalatok az

ún. SME-k hátrányos helyzete a multinacionális vállalatokhoz képest (pl. tőkehiány, hitelhez jutás korlátai), az innováció, a fejlesztés terén mutató versenyhátrányuk stb.

A hazai előadók által nyújtott információkat a PHARE PRAQ III program keretében érkező brüsszeli előadó egészítette ki, aki az EU átfogó koncepcióját ismertette a megfelelés-értékelés filozófiájáról, és bemutatta a vizsgálatok és a tanúsítás gyakorlatát is. Részletesen szövegezte az EU terén kialakult szervezetekről, infrastruktúráról, amelyhez mielőbb cél-szerű csatlakoznunk.

A feldolgozóipari 1. szekció egyenként tárgyalta az EU fontosabb direktíváit és hazai bevezetésük főbb szempontjait (kifeszültségű villamos és gázfogyasztó készülékek, gépek, EMC), a műszaki biztonsági felügyelet alapelveit Magyarországon és az EU-ban, a katonai beszállító felkészítését a NATO-követelményekre, továbbá a műszaki termékek megfelelését vizsgáló, ellenőrző és tanúsító szervezetek kijelölésének helyzetét.

A 2. szekció az építőipar sajátosságait vitatta meg, hasonló céllal.

A kerekasztal-megbeszélésen vitavezetőként részt vettek olyan szakértők is, akik a korábban nem érintett témákban, témakörökben járatosak, mint pl. a csomagolóstechnika, a termékek zajkörülményeire vonatkozó direktívák. A kötetlen vitába bekapcsolódott külföldi vendégünk is.

A témakört 3. szekcióként hasznosan egészítették ki a vállalati szakemberek előadásai, akik már gyakorlati tapasztalatokat szereztek termékeikkel az EU piacain.

Az elhangzottak lényegét – beleértve a jövőben követendő cselekvési irányokat – Ajánlás foglalja össze, amelyet társaságunk folyóiratának, Magyar Minőség 1998. decemberi számában elolvashatják az érdeklődők. Az egyes előadásokat tartalmazó kiadvány is a Társaság titkárságán beszerezhető.

Szatellit rendezvények

A Minőségi Hét gerincét alkotó rendezvényt – közkívánatra – két egésznapos előadás-sorozat egészítette ki:

- A minőségügyi ismeretek oktatása és az oktatás minősége.
- Menedzsmentrendszerek az üzleti kiválóságért.

Az oktatásról szóló rendezvény jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni, ezt igazolja a közel 400 hallgató jelenléte. Különöse aktualitását aláhúzza, hogy folyamatosan készülnek és hagyják el a nyomdát a Phare TDQM program keretében készült oktatási tananyagok, melyek nagy része alkalmas vállalati továbbképzésre is.

A másik rendezvény, melyen közel 150 fő vett részt, hagyományörző szándékkal, a menedzsment- és minőségbiztosítási rendszerek és az üzleti kiválóság terén hazánkban elért újdonságokról számolt be a hallgatóságnak.

Ugyancsak sikeres volt a rendezvénnyel egyidejűleg megszervezett *Országos Minőségügyi Kiállítás* is, amelyen 59 cég mutatta be termékeit/szolgáltatásait, többek között a sikeres pályázat alapján a *Magyar Minőség Házába* bekerültek. A zsűri 1998-ban 15 cég 22 termékét/szolgáltatását díjazta, elismerve a kiemelkedő és egyenletes minőségjellemzőiket.

Dr. Róth András

A minőségügyi technikák anyagvizsgálati vonzatai, 1. rész

Dr. Koczor Zoltán – Marschall Marcell

Bevezetés

Az Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában című cikksorozatunkban a minőségbiztosítási rendszerek építőiként szerzett tapasztalataink alapján és a minőségügyei foglalkozó ISO szabványok mérésügyi, mérőeszköz-felügyeleti elvárásait áttekintve foglaltuk össze e terület és az anyagvizsgálat-mérésügy kapcsolatát.

A minőségügyi rendszereket működtető cégek napi munkájuk során nem csak a szabványok előírásaira, saját és a tanácsadók tapasztalatára hagyatkoznak, hanem számos, úgynevezett minőségügyi technika áll rendelkezésükre. E főképp a problémamegoldást (felismerés, hibabok-azonosítást), a hibamegelőzést segítő, egyéb határterületekről származó – pl. statisztika, szervezés- és vezetélmélet, vagy más minőségfilozófiák (TQM) – technikákat a minőségügy jól integrálta és többnyire teammunka keretében haszonnal alkalmazza.

A minőségügyi technikák alkalmazása során a hibamegelőzés, mint stratégiai cél egyre nagyobb jelentőséget nyer a hibák kezelésével és megoldásával szemben. A következőkben egy olyan előre gondolkodó (proaktív) hibamegelőző minőségügyi technikát mutatunk be, amely a termékek konstrukciós sajátágaiból eredő és felhasználási folyamata során megjelenő, valamint a gyártási folyamat esetlegességeiben rejlő hibalehetőségeket elemzi megjelenési kockázatok alapján, majd a hiba hatásával súlyozva keresi a leghatékonyabb beavatkozási pontokat. E technika neve az FMEA, az angol failure mode and effects analysis vagy a német Fehlermöglichkeiten und Einflussanalyse szavak kezdőbetűiből összetett betűszó, melyet "a lehetséges hibák és összefüggéseinek elemzése" fordítással adhatunk vissza.

Cikkünk első részében magát a technikát kívánjuk bemutatni olvasóinknak, majd a második részében az FMEA-val kapcsolatos vizsgálati, mérésügyi és mérőeszköz-felügyeleti összefüggéseket tekintenénk át.

Az FMEA

Az FMEA egy a lehetséges hibák felismeréséhez, elemzéséhez, értékeléséhez, kezeléséhez és ezáltal a megelőzésükhöz alkalmazható, szisztematikus módszer. E minőségügyi technika a hibákat a becsült kockázatok alapján rangsorolja, így használatával a legfontosabb problémák oldhatók meg.

Az FMEA-t az USA-ban a Lockheed cégnél a légi- és űrhajózás területén fejlesztették ki. Nem véletlen, hogy szélesebb körben az iparban először a légi- és űrhajózási technika valamint az atomerőművek biztonsági rendszerek összefüggésében használták. Ma ezt a módszert a legkövetkezetesebben az autóiparban követelik meg és alkalmazzák.

A fentiekből azonban nem következik, hogy az FMEA csak a sorozatgyártásnál alkalmazható eljárás. Kisebb sorozatnál, vagy egyedi gyártásnál is hatékonyan alkalmazható. Alkalmazható megelőző intézkedésként a termék és a gyártás bevezetését megelőzően, valamint a hibák utólagos elemzése során. Leghatékonyabban akkor működik, ha megelőzésre alkalmazzák, tehát még a termék sorozatgyártását megelőzően.

A módszer legtöbbször egy termék, egy folyamat vagy egy rendszer még be nem következett hibáival foglalkozik. A terméket és a folyamatot az előállítás összes fázisában, a fejlesztéstől a vevőnél történő felhasználásig vizsgálja. A lehetséges hibák elemzése kiterjed a potenciális hiba ok-okozati összefüggéseinek rögzítésére és értékelésére, azok lehetséges okaira, hogy az ajánlott megszüntető intézkedések és a hozzátartozó illetékességek is meghatározhatóak lehessenek.

Az FMEA alkalmazása

Az FMEA alkalmazása indokolt:

- az új termékek kifejlesztésekor,
- a már meglévő termék továbbfejlesztésekor,
- az új gyártástechnológia és gyártási folyamat befejezéséhez,
- a problémás alkatrészek megjelenése esetén.

A módszer alkalmazásának értékelését táblázatosan megjelenítve:

Az FMEA előnyei	Az FMEA hátrányai
Szisztematikus eljárás, bevált technikákat alkalmaz	Definíciós problémák
Célzott hiba-ok elemzés	Energiaigényes gondozás
Mennyiségileg kifejezhető kockázat	Szubjektív kockázatbecslés
Dokumentált információk, hatékony információcsere	Nagy időráfordítás
Kockázatmenedzselés krízismenedzselés helyett	Nehezen becsülhető költség/haszon viszony

Az FMEA fajtái

Az FMEA két típusát különböztethetjük meg:

- konstrukciós FMEA,
- folyamat FMEA.

Konstrukciós FMEA

A konstrukciós FMEA az összehasonlítható esetek és események elméleti ismereteire és tapasztalataira épül. A konstrukciós FMEA a termék komponenseinek részegységeként történő átvizsgálásával, az egyes konstrukciós egységek lehetséges meghibásodásaival kezdődik. Többek között a rendelkezésre álló minőségügyi feljegyzéseket és a kísérleti fejlesztési eredmények hasonló összetevőit figyelembe kell venni. Kiegészítik az elemzést a kísérleti gyártás során fellépő leállások tapasztalatai is.

A konstrukciós FMEA alkalmazási területei:

- a hiba-előfordulási valószínűség minőségi és mennyiségi megítélésének megállapításai;
- a hiba-előfordulás valószínűségének összehasonlítása a megoldási koncepciók alternatíváival;
- a javaslatban a gyenge pontok megállapítása, tehát az olyan jellemzőknek és részeknek a kritikus megfigyelése, amelyek a megbízhatóságot generálisan befolyásolhatják;
- a kiválasztott konstrukció minőségképességének vizsgálata azzal a céllal, hogy a szükséges javító intézkedéseket kellő időben be lehessen vezetni.

A konstrukciós FMEA készítésének indítéka lehet:

- az új termék bevezetése,
- az új vagy lényegesen megváltoztatott részegység,
- az új nyers-, vagy alapanyag,
- az új technológiák,
- az új felhasználási cél,
- a különleges biztonságtechnikai rizikófaktor,
- a problémás részegységek, stb. megjelenése.

Technológiai FMEA

A folyamat FMEA alapja a konstrukciós FMEA. Míg azonban a konstrukciós FMEA egy gyártási folyamat lehetséges funkcionális hibáinak

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

okait egy meghatározott hibára vonatkoztatja, ezt a funkcionális hibát a folyamat FMEA, mint lehetséges hibát vizsgálja, és elemzi annak megálapítására, milyen hibák jelentkezhetnek a gyártási folyamat során? A folyamat FMEA célja tehát a tervezett gyártási folyamat elemzése valamennyi minőségi követelmény betartásával.

A folyamat FMEA alkalmazása indokolt:

- az előtervezés szakaszában (folyamatok és berendezések termékhez rendelésekor),
- a gyártástervezés időszakában,
- a gyártási folyamat felülvizsgálatainál.

Az alkalmazás célja:

- a lehetséges zavaró körülmények kiszűrése,
- a folyamatalkalmasság vizsgálata,
- a tervezett gyártási eljárás alkalmassága,
- a hibafelismerhetőség vizsgálata,
- a tervezett vizsgálati intézkedések hatékonyságának vizsgálata,
- a kopás szerepének vizsgálata.

Az FMEA célja

- A kritikus komponensek és potenciális gyenge pontok felfedése, különösen új eljárások és innovációs megoldások alkalmazásánál.
- A hibák korai felismerése és lokalizálása a komplexitás és egyéb kapcsolódások ellenére.
- A hibákból eredő kockázatok becslése és számszerűsítése.
- A tervezetek, elképzelések javítása hasonló egységeken nyert tapasztalatok hasznosításával.
- A sorozatgyártás során szükséges változtatások minimalizálása.
- A rendszer valamennyi potenciális hibáját és azok hatását felfedni a rendszer egészében a megrendelő szempontjából nézve. (2. sz. táblázat.)

A hibákkal járó kockázat meghatározása

A kockázat köznapi értelemben valamely eseményhez kapcsolódó veszély, veszteség lehetősége. A kockázat objektív meghatározásakor két összetevőt kell számszerűsíteni,

- az esetlegesen bekövetkező, kárt okozó esemény bekövetkezési valószínűségét, és
- az esemény hatására kialakuló veszteséget.

Amennyiben a két jelenség egymástól független bekövetkezésűnek

tekinthető, a valószínűségelmélet multiplikációs szabálya szerint a kockázat a valószínűségek szorzatával adható meg.

A veszteségek az esemény jellege szerint eltérő módon adhatók meg, gyakran a veszteség pénzértékben meghatározott mennyiségét alkalmazzuk. A többféle értékelési lehetőség ellenére valamennyi összehasonlításnál a összemérhetőséget (legtöbbször az adatok jellegének azonosságát) biztosítani kell.

A kockázat számszerűsítésére a bekövetkezési esély és a veszteség szorzata használható.

Kockázat = P (a probléma bekövetkezése) * Veszteség,
ami konkretizálódhat az alábbiak szerint:

$$Kockázat = P (a vevőhöz kerülés) * (A hibával járó teljes költség).$$

Miközben az FMEA a fenti gondolatmenet szerint építkezik, a nehézkes, gyakran lehetetlen valószínűségi és költség-meghatározások helyett egy pontozási rendszert alkalmaz, mely megfelelő gyakorlás esetén megbízhatóan helyettesíti a fentieket.

A kockázat meghatározása pontozásos eljárással

A kockázat fogalmával a hiba lehetséges veszélyét értékeli, a következményeit és a fellépés valószínűségét figyelembe véve. A kockázat az FMEA szempontjából a következőt jelenti:

A fellépés valószínűsége

RA

A hibával járó veszteség

RB

A fel nem fedés valószínűsége

RE

A következetes értékeléséhez tájékoztató értékek adhatók meg, melyre példa az alábbi adatsor:

A hiba fellépésének valószínűsége	A hiba jelentősége (a vevőre gyakorolt hatás)	A felfedés elmaradásának értékelése
RA	RB	A felfedés valószínűsége RE
elhanyagolható (0 %)	1	magas (99,9%)
nagyon csekély (0,0075%)	2-3	jelentős (99,7 %)
csekély (0,1 %)	4-6	közepes (98%)
közepes (6%)	7-8	alacsony (90%)
magas (>6%)	9-10	csekély (<90%)

A három számértéket – hasonlóan a kockázatbecslés módszeréhez – összeszorozzuk, így egy a kockázattal arányos számértéket kapunk. Ennek neve rizikóprioritási szám:

$$RPN = RA * RB * RE$$

Ennek kiértékelése a módszerben rejő progresszivitás miatt nem lineáris, elgázításul egyes szakterületeken a következő példához hasonló értékelési adatsorok szolgálhatnak:

2. sz. táblázat	Konstrukciós (gyártmány) FMEA	Technológiai (folyamat) FMEA	Felhasználási (üzemeltetési) FMEA
Hibaforrás	Anyaghibák, mérethibák, homogenitási hibák ...	Rossz nyersanyag, számszám, beállítás, műveletek, ellenőrzés	A termék „üzemszerű” használata és kezelése során előforduló költségek
Következmény-lánc	A szerkezet elemeinek hibája hogyan adódik tovább a gyártási folyamatban	A hiba miatt megváltozott gyártás hatásai	A kezelési hibák miatti minőségromlás terjedése
Tünet	Milyen formában jelenik meg a végtermékben?	Hogyan jelenik meg a termék jellemzőiben vagy a költségekben?	A tönkremenetel formái
Alapdokumentum	Konstrukciós tervdokumentáció (műszaki rajz, gyártmánylapok)	Technológiai leírás (gyártási terv)	Használati utasítás, gépkönyv, kezelési és karbantartási előírások
Példák	- alakí és tűrési hibák - szilárdsági hibák - a műveletre alkalmatlan anyagválasztás	- rosszul választott műveletsor - nem ellenőrizhető művelet, - karbantartási késedelmek...	- hiányzó vagy idegen nyelvű használati utasítás - tárolás, szállítás, üzembe állítás - állagostól eltérő felhasználó (gyermek, részeg, vészhelyzet...)
Az alkalmazás jellegzetes esetei	új termék, új alkatrész, új technológia, ill. körülmények, különleges biztonsági elvárások	új gyártásindítás, gyártástervezés, instabil folyamatok esetén	Piaci bevezetés, új piacokon való megjelenés, a termék funkcióváltása
A vizsgálat szempontjai	Funkció, megbízhatóság, javíthatóság	folyamat alkalmasság, költségtényezők	szerviztapasztalatok, reklámációs okok, megbízhatóság, javíthatóság
Jellegzetes beavatkozások	Konstrukciós módosítások, (technológiai változások)	technológiai változtatások, ellenőrzések szigorítása, új ellenőrzési módok bevezetése (pl. SPC)	Adjusztlási módosítások, a kezelési előírások korrigálása, a szervizszolgáltatások módosítása

RPN értéke	Értékelés
1 < RPN < 16	Csekély üzleti ill. termék kockázat
17 < RPN < 63	Mérsékelt kockázat
64 < RPN < 125	Jelentős kockázat
125 < RPN < 1000	Súlyos veszélyhelyzet

Az FMEA megvalósítása

Az FMEA megvalósításának gyakorlati lépései:

1. A problémakör meghatározása.
2. Az FMEA munkacsoport létrehozása.
3. Csoportmunka.

Előkészített nyomtatványok kitöltése, a tényleges állapot leírása és a kockázatértékelés, szavazással történő súlyozás.

Minden FMEA-ülés számára szükségesek a legaktuálisabb dokumentumok (rajzok, vizsgálati tervek, munkatervek, adat-összeállítások), modellek, ősminta, funkcióminta, az összehasonlítható folyamatok eredményei.

Hatékonyan használható módszerek: brainstorming, ok-okozati diagram, QFD, interjú-módszer, korrelációanalízis.

4. A rizikóprioritási szám (RPN) meghatározása.

5. A kísérő dokumentumok kitöltése.

6. A beavatkozás megtervezése.

A javító intézkedések meghatározása. A javító intézkedések valóra váltásakor az érvényes területet meg kell nevezni, és egy időtervet kell készíteni.

A javító intézkedések:

- Vizsgálatot vezetnek be az ok- és hibafelfedés javítására. (RE faktor javítása.)

- Megelőző intézkedések bevezetése a hiba fellépési valószínűségének csökkentésére. (RA faktor javítása.)

Fontos: Az RB faktor (RB = jelentőség) változatlan marad.

7. Beszámolás a vezetőnek.

8. A javított állapot ellenőrzése, a szükséges intézkedések meghatározása.

A megvalósítási fázisban a projekt követése szükséges a javító intézkedések valóra váltásához. A munka előrehaladását rendszeres üléseken felül kell vizsgálni. Ez a projektkövetés kérdésként alkalmazásával egyszerűsíthető és támogatható.

9. A módszer értékelése, szükség szerint segítség.

A csoport önelemzése.

A javító intézkedések hatékonyságát vizsgálják. A létrejött eredmények nyomán egy második kockázatértékelést hajtanak végre. A folyamat módja analóg az első kockázatértékeléssel.

Az átcúsúsás

Az FMEA-t, mint egy előre gondolkodó, preventív minőségbiztosítási technikát mutattuk be, mely a termékben, az előállító folyamatban bekövetkező és a vevőhöz, felhasználóhoz el is jutó hibák hatását, kockázatát méri.

A konstruktőrök és technológusok feladata a hibaforrások felfedése, megszüntetése és a hibalehetőségek minél nagyobb mértékű csökkentése. A minőségügyi szakemberek, és elsősorban az anyagvizsgálók felelőssége olyan minőségellenőrzési rendszer kialakítása, mely hatékonyan szűri ki a gyártófolyamat és a termék esetlegesen megjelenő hibáit. Ennek az ellenőrzési rendszernek olyan biztonsággal kell működnie, hogy a nemmegfelelések ne juthassanak el a vevőhöz (pl. a folyamat következő lépcsőjéhez).

A folyamat FMEA rizikóprioritási számának a hibafelfedés elmaradásának értékelésére szolgáló RE faktora ugyanis éppen azt a valószínűséget írja le, amellyel egy a folyamatban bekövetkezett nem problémát nem észlelik, vagy a vizsgált minősítő paraméterről hoznak hibás döntést, így a hiba az ellenőrzési rendszeren **átcsúszik**.

Cikkünk második részében az átcúsúsás okairól, valószínűségének mértékéről és csökkentési, megszüntetési lehetőségeiről tárgyalunk az anyagvizsgáló és a minőségbiztosító szemszögéből.

Mivel foglalkozik az MHE ATB?

Előzmények

Szeretnék, néhány mondatban, emlékeztetni arra az útra, amely elvezetett az MSZ EN 473 előírásainak átvételéhez, illetve – ezzel szoros összefüggésben – az **MHE ATB** (Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés Anyagvizsgáló Tanúsító Bizottság) megalakulásához.

A hazai roncsolásmentes anyagvizsgálók – szervezett, egyszintes – tanfolyami képzése, vizsgáztatása az 50-es években kezdődött.

Úgy kell erre visszaemlékeznünk, hogy akik ezt szorgalmazták, jókor vették észre ennek az ügynek a fontosságát, és fontos építménynek rakták le – időben – az alapjait.

Amint ez ismeretes, később, az európai képzési rendszer is áttért a háromszintes formára, amely – gyakorlatilag, azonnal – Magyarországon is be lett vezetve. A képzési rendszer kialakításának, illetve az ehhez szükséges rendeleti szabályozás megteremtéséhez a GTE adott szakmai háttérrel. Az ISZTI megalakulásával, a szervezési, módszertani kérdéseknek is meglett a gazdája és az érdekeltek együttműködése segítette a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakemberek képzési követelményeinek az igényes megteremtését.

Az előbbieken jellemzett tevékenység eredményeképpen, a 80-as években megkötésre kerültek azok a kétoldali (magyar-osztrák, magyar-nyugatnémet) megállapodások, amelyekben – egyes eljárásokra, fokozatokra vonatkozóan – egyenrangúnak tekintették a szerződő felek

a két képzési rendszert, és a bizonyítványok érvényességét is elfogadták.

1993. január 4-én a CEN jóváhagyta az EN 473 jelű szabványt. Magyarországon 1994. március 1-én hatálybalépett a „Roncsolásmentes anyagvizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása” című szabvány (MSZ EN 473).

1994 végén az IKM kijelölte az MHE-t – más szakterületek mellett – az anyagvizsgáló képzés vizsgaközpontjának. Az MHE élt a ráruházott jogokkal, kötelezettségekkel és elkezdte az anyagvizsgálók, egységes elveken alapuló, képesítési, minősítési rendszerének a kialakítását.

1995 elején kiadásra került a 18/1995.(VI.6.) IKM rendelet, amelyben az Országos Képzési Jegyzékbe besorolt szakmák képzési rendje lett újraszabályozva. A rendelet előkészítésében, a saját szakterületeit érintő kérdések tekintetében, az MHE jelentős részt vállalt magára, így lehetőség volt – már ebben az anyagban is – érvényesíteni az MSZ EN 473 legfontosabb követelményeit is. 1995 második felében hatálybalépett a 45/1995.(IX.21.) IKM rendelet, amely kötelezővé tette az MSZ EN 473 alkalmazását.

Ezzel eljutottunk „újkori történelmünk” kezdetéhez.

A folytatás

Át kellett venni az új szabályozási formát, fel kellett oldani azokat a formai és tartalmi eltéréseket, amelyek a hazai gyakorlat és az MSZ EN 473 között volt. Jellemzőként említhetem, a teljesség igénye nélkül, az

„ipari szakterület” fogalommal együtt járó kötelezettségeket és követelményeket, a tanúsítási eljárás formájának és tartalmának a megváltoztatását.

A változások miatt, az MHTe szervezésében – az egyes eljárások elismert szakembereinek bevonásával – elkészültek az új előírásoknak megfelelő tematikák.

1996-ban a Nemzeti Akkreditálási Testület akkreditálta az MHTe-t, miszerint alkalmas hegesztő és anyagvizsgáló szakemberek személyzet-tanúsítására és kielégíti az MSZ EN 45013 szabvány követelményeit.

A testületi háttér kialakítása

Az akkreditálási követelmények miatt – az MSZ EN 473, illetve az MSZ EN 45013 szabványok előírásaira való hivatkozások alapján – az MHTe Igazgató Tanácsa, mint független tanúsítótestület, 1998. február 17-én, létrehozta az **Anyagvizsgáló Tanúsító Bizottságot**, illetve jóváhagyta az ATB Szervezeti és Működési Szabályzatát (SZMSZ).

Az SZMSZ-ből – szükségesnek látszik – kiragadni néhány jellemző részletet.

Az MHTe ATB székhelye: 1148 Budapest, XIV. ker. Fogarasi út 10–14. T.: 4672810

Az ATB összetétele: Az MSZ EN 45013 elvárásainak megfelelő. Röviden fogalmazva, minden érintett terület képviselve van a bizottságban, de – szavazás esetén – egyetlen érdekcsoport sem döntheti el egyedül a szabályozásra váró kérdéseket. Jelenleg, a „jogszabályban rögzített feladatokat ellátó intézmények”-et (pl.: ÁNTSZ, minisztériumok, MSZT stb.) 6 tag, „vállalatok laboratóriumok és oktatási intézmények” csoportot (pl.: BME, AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. PA Rt. stb.) 14 tag, a bizottságot a „társadalmi egyesületek és érdekvédelmi szervezetek” 5 taggal (pl.: GTE, MHTe, Marovisz stb.) egészítette ki.

Az ATB tevékenységének technikai feltételeit a Tanúsító Szervezet, az MHTe biztosítja.

Az MHTe ATB vezetőjének, az Igazgatótanács, *dr. Artinger Istvánt* nevezte ki. Titkári megbízást kapott *Tarnai György*.

Az ATB feladata – többek között – az anyagvizsgálók tanúsítási rendszerének működtetése az MSZ EN 45013 szabvány és Eljárásrendek alapján. Feladata, továbbá, a tanúsítással kapcsolatos dokumentációk (követelmények, vizsgálati technológia, tananyag, tesz- és vizsgakérdések, bizonyítványok, nyilvántartás) elkészítése és jóváhagyása.

Az MHTe ATB hatásköre a hazai anyagvizsgálat egészére kiterjed. Az ATB – közös döntés alapján – a hazai anyagvizsgálat összes eljárásánál, a képzéssel, minősítéssel kapcsolatos kérdésekben, az MSZ EN 473 szabvány előírásait tekintni irányadónak.

A bizottság az üléseken dönt, nyílt szavazással, a napirendben szereplő kérdésekben. Az ülések között, az operatív feladatokat az MHTe, az ATB vezetője és titkára, illetve az ad hoc bizottságok végzik, beszámolósi kötelezettséggel.

Az MHTe ATB tevékenysége

Az ATB 1998-ban alakult meg és négy ülésen foglalt állást a felvetődött ügyekben, illetve döntött a szükséges esetekben. Ezen felül, kijelölt két szakmai területet, amely folyamatos tevékenységet igényel és erre létrehozott ad hoc bizottságokat. Az ad hoc bizottságok munkáját az ATB felügyeli, jelentéseik elfogadására a bizottságnak van jogköre.

A „Gyakorló- és vizsgadarab gyűjtemény kialakítása és jóváhagyása” ad hoc bizottság (Füles Lajos, dr. Rittinger János, dr. Somogyi György, Takács Gyula, Tarnai György) azzal a céllal alakult meg, hogy keressen megoldást a roncsolásmentes anyagvizsgálók minősítésénél hiányzó vizsgadarabok pótlására. Az érintettek tudják, hogy az – előírt követelményeknek megfelelő – vizsgadarabok gyártásához szükséges anyagi feltételek előteremtése, jelenleg, megoldhatatlannak látszik. Sze-

rencsére, az AGMI Rt. illetve az Erőkar Rt. felajánlást tett arra, hogy felméri, katalogizálja a birtokában lévő próbatesteket és az eredményeket – bizonyos feltételekkel, az MHTe szervezésében – a hazai vizsgáztatás részére nyitottá teszi.

Az ad hoc bizottság megtervezi a közös próbadarab-gyűjtemény egységes, számítógépes alkalmazásra alkalmas, adatlapformát. El kell bíráltni a próbatestek alkalmasságát és ajánlást kell a készíteni a próbatestek felhasználására (vizsgadarab, gyakorló darab, eljárás, ipari szakterület stb.). Meg kell fogalmazni – a próbadarabok tulajdonosaival egyeztetett – eljárásrendet, amely a gyűjtemény használatát fogja szabályozni.

A feldolgozás folyamatos, már – mintegy – 300 próbadarab felmérése elkészült. Reményeink szerint az anyag feldolgozása során valós képet kapunk, a jelenleg csak becsült hiányokról. Ezt követően, az ipari gyakorlatban elfekvő próbadarabok mozgósításával, illetve a gyártási lehetőségek kihasználásával élve, elkezdhetjük a vizsgadarab-gyűjtemény – tervszerű – kiegészítését.

„Az anyagvizsgáló tanúsító helyekkel szemben támasztott követelmények kidolgozása és az ezeknek megfelelő tanúsító helyek jóváhagyása” ad hoc bizottság (Fekete József, dr. Karsai István, Lőrincz László, Pálffy Károly, Tarnai György) azt a célt tűzte maga elé, hogy – a tematikák szerzőinek bevonásával – a kiadott anyagok tartalmazzák az összes technikai követelményt, amely a gyakorlati képzéshez és a gyakorlati vizsgák lebonyolításához szükséges. Először felmérés készült, amelynek során azt vizsgálta a bizottság, hogy a jóváhagyott és a gyakorlatban használatos tematikák mennyiben tartalmazzák ezeket a követelményeket, milyen kiegészítésekre van szükség.

Az egyeztetések megtörténtek, a kiegészítések folyamatban vannak.

Az ad hoc bizottság, állásfoglalásában, javaslatot tett a feltételrendszerrel kapcsolatos munka kiszélesítésére, a gyakorlati vizsgák tartalmi értelmezésére. A javaslatokat az ATB jóváhagyta.

Eredmények, célok

Az eredmények felméréséhez vissza kell térni ahhoz a helyzethez, amely az MHTe kijelölése előtt volt.

Az előzményekben hivatkoztam már a roncsolásmentes anyagvizsgálók képzésével kapcsolatos hagyományokra. A tanfolyami képzések szervezése jó időben kezdődtek, a képzés, vizsgáztatás megfelelő módon kapott törvényi szabályozást. Azonban, letagadhatatlan, hogy – különösen az utóbbi években, amikor kiszélesedett az oktatásba, vizsgáztatásba bevont eljárások száma, hiányzott az összefogó szervezet, a követelmények tervezett kialakítása. Az egyes eljárásokhoz tartozó tematikák tartalmi ellenőrzése, követelményeik összehasonlítása, csak véletlenszerűen valósult meg.

Időközben az európai követelmények megnöttek. Az EN-előírások, a különböző akkreditálási folyamatok által képviselt követelmények átvétele kikerülhetlenné vált. A hazai eredmények megtartása veszélybe került, az új előírásoknak bevezetéséhez nem volt megfelelő szervezet.

Az MHTe kijelölésével megváltozott a helyzet. Azonnal megkezdődött az anyagvizsgálat képzéséhez, minősítéséhez tartozó követelmények felülvizsgálata, egységesítése. Az MHTe akkreditálásával, azt követően az MSZ EN 45013 szabványelőírásoknak megfelelő ATB létrehozásával, kialakult az a szervezeti forma, amelynek a hatásköre, a jogköre lehetőséget ad az anyagvizsgáló szakemberek képzési, minősítési rendszerének a folyamatos fejlesztésére, a nemzetközi követelmények átvételére.

A rendszer már eredményesen működik, a további célok megvalósíthatóságát tapasztalataink hasznosítása, a munkában résztvevő szakemberek tudása biztosítja.

Tarnai György

QUALY-CON '99

IV. Nemzetközi Minőségügyi és Környezetvédelmi szakkiállítás

1999. április 20–22.
Budapesti Műszaki Egyetem
Központi Épület

Kísérő rendezvények:

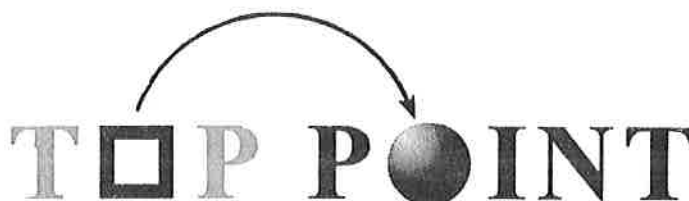
Tanúsított szervezetek bemutatkozása

Minőségügyi Szakmai Fórum – április 20.
„Az ISO 9000 és a TQM”

Környezetvédelmi Szakmai Fórum – április 21.
„Az ISO 14001 bevezetésének és alkalmazásának
gyakorlati tapasztalatai Magyarországon”

Tanúsítási Szakmai Fórum – április 22.
„Vizsgálat és tanúsítás Európában”

Részletes információk a www.toppoint.hu honlapon,
illetve a szervező Top Point Információs Kft. munkatársaitól a
303–1804, 303–9187 telefonszámon, 303–9186 faxszámon



Szabványosítási helyzetkép

Az MSZT/MB 410 Ronszolásmentes vizsgálatok műszaki bizottság – elnök: dr. Karsai István – tevékenységének köszönhetően 1998-ban a következő magyar szabványok készültek el:

MSZ EN 444: Ronszolásmentes vizsgálat. Fémek röntgen- és gamma-sugaras radiográfiai vizsgálatának alapjai.

MSZ EN 970: Fémek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseinek ronszolásmentes vizsgálata. Szemrevételezéses vizsgálat.

MSZ EN 1330-3: Ronszolásmentes vizsgálat. Fogalom-meghatározások 3. rész: Az ipari radiológiai vizsgálat fogalmai.

A bizottság a szabványosítás hároméves programját azzal a kiegészítéssel fogadta el, hogy amint megjelenik az EN 473 korszerűsített változata, azt soron kívül munkába veszi. A legújabb fejlemény ezzel kapcsolatban az, hogy a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet ISO/TC 135 Non-destructive testing bizottságának SC/T Personnel qualification albizottsága elkészítette az ISO/FDIS 9712: 1999 Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel szabvány végleges tervezetét, de ettől függetlenül az Európai Szabványügyi Bizottság CEN/TC 138 Non-destructive testing bizottsága is elkészítette a prEN 473: 1999 Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel. General principles szabványtervezetét.

A bizottság hároméves terve, amelynek megvalósulása elsősorban a vállalati és intézményi támogatásoktól függ, a következő európai szabványok hazai bevezetését tartalmazza:

Az 1999. évben:

EN 462-3, ill. -4: Ronszolásmentes vizsgálat. A röntgenkép képminősége 3. rész: Vasalapú ötvözetek képminőség osztályai, ill. 4. rész: A képminőség értékek és táblázatok kísérleti meghatározása.

EN 1289: Hegesztett kötések ronszolásmentes vizsgálata. Mágneses szemcsevizsgálat.

EN 1290: Hegesztett kötések ronszolásmentes vizsgálata. Mágneses szemcsevizsgálat. Átvételi szintek.

EN 1330-8: Ronszolásmentes vizsgálat. Fogalom-meghatározások 8. rész: A tömörségvizsgálat fogalom-meghatározásai.

EN 1713: Hegesztett kötések ronszolásmentes vizsgálata. Ultrahangvizsgálat. A hegesztett kötések hibajelzéseinek jellemzése.

EN 12517: Hegesztett kötések ronszolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések radiográfiai vizsgálata. Átvételi szintek.

A 2000. évben:

EN 1518: Ronszolásmentes vizsgálat. Tömörségvizsgálat. A tömegspektrométeres szivárgás-érzékelő jellemzése.

EN 571-1: Ronszolásmentes vizsgálat. Penetrációs vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek.

EN 1371-1: Öntészet. Folyadék-penetrációs vizsgálat. 1. rész: Homokformába öntött, és gravitációs valamint kisnyomású kokillaöntvények.

EN 584-1, ill. -2: Ronszolásmentes vizsgálat. Ipari radiográfiai film. 1. rész: Az ipari radiográfiai filmrendszerek osztályozása, ill. 2. rész: A filmkidolgozás ellenőrzése referencia értékekkel.

A 2001. évben:

EN ISO 13919-1: Hegesztés. Elektronsugárral és lézersugárral készített kötések. A hibák minőségi szintjének útmutatója. 1. rész: Acél.

EN 462-3, ill. -4: Ronszolásmentes vizsgálat. A radiogramok képminősége. 3. rész: A képminőség osztályozása vasötvözeteknél, ill. 4. rész: A képminőség értékeinek és táblázatainak kísérleti meghatározása.

EN 571-1: Ronszolásmentes vizsgálat. Penetrációs vizsgálat. 1. rész: Általános elvek.

EN 583-3: Ronszolásmentes vizsgálat. Ultrahangvizsgálat. 3. rész: Átsugárzásos technika.

EN 10228-2: Kovácsolt acéltermékek ronszolásmentes vizsgálata. 2. rész: Penetrációs vizsgálat.

CR 12459: Ronszolásmentes vizsgálat. A ronszolásmentes vizsgálószemélyzet minősítése és tanúsítása.

Az MSZT/MB 409 Fémek mechanikai vizsgálata bizottság – elnök: dr. Havas István – tevékenysége nyomán 1998-ban a következő szabványok jelentek meg, illetve fognak a közeljövőben megjelenni:

MSZ EN 895: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Keresztirányú szakítóvizsgálat.

MSZ EN 910: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Hajlítóvizsgálat.

MSZ EN 1320: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Törésvizsgálat.

MSZ EN 1321: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Makro- és mikrovizsgálat.

MSZ EN 1043-1: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Keménységvizsgálat.

1. rész: Ívhegesztéssel készített kötések keménységvizsgálata.

MSZ EN 1043-2: Fémek hegesztett kötéseinek ronszolásos vizsgálatai. Keménységvizsgálat.

2. rész: Hegesztett kötések mikrokeménység-vizsgálata.

MSZ EN ISO 2624: Réz és rézötvözetek. Az átlagos szemcseméret meghatározása. (Jóváhagyó közleménnyel jelent meg.)

A bizottság a következő hároméves szabványosítási programot fogadta el azzal a kiegészítéssel, hogy a Brinell- és a Rockwell-keménység-mérés készülő európai szabványait, amint elkészülnek, soron kívül be kell vezetni.

Az 1999. évben:

MSZ EN ISO 6507-1; -2; -3: Fémek. Vickers-keménységmérés. 1. rész: A vizsgálati eljárás (ISO 6507-1:1997); 2. rész: A vizsgáloberendezés kalibrálása (ISO 6507-2:1997); 3. rész: Az etalonok kalibrálása (ISO 6507-3:1997).

A 2000. évben:

MSZ EN ISO 377: Acélok és acéltermékek. Mechanikai vizsgálati próbatetek és próbadarabok helyzete és előkészítése (ISO 377:1997).

MSZ ISO 3785: Acélok. A próbatest tengelyeinek jelölése.

A 2001. évben:

prEN 6508-1, -2, -3: Rockwell-keménységmérés.

prEN ISO 6506-1, -2, -3: Brinell-keménységmérés.

Az MSZT/MB 412 Hegesztés és rokoneljárások műszaki bizottság felkérte az MB 409 műszaki bizottságot, hogy képviselője lássa el a magyar képviseletet a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet ISO/TC 44 Hegesztés bizottságának Hegesztett kötések vizsgálata albizottságában. A bizottság csak akkor tesz eleget a felkérésnek, ha az erre minden szempontból alkalmas személyt az ez irányú tevékenységében az MSZT mellett az érdekelt vállalatok, intézmények is támogatják, mivel az angol nyelvű szabványjavaslatok véleményezésén túl esetenként rész kell vennie a nemzetközi bizottság ülésein is.

Szabó József
titkárság

A kombinált műszeres módszerek jelentősége a környezetanalitikában

Posta József*

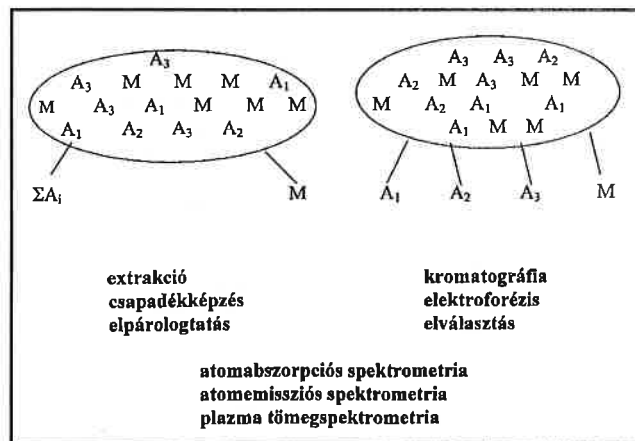
Nyomelemanalítika – speciációs analítika

Az analitikai atomspektroszkópiában hosszú időn keresztül a feladatot az elemek fokozatosan egyre kisebb koncentrációinak minél pontosabb meghatározása jelentette a legkülönbözőbb mintatípusokban. Így az olyan kérdések megoldása, mint a platina háttérkoncentrációja vérben, az óceán vizének aranytartalma vagy a Római Birodalom idején a légtérbe kerülő ólom femtogramnyi mennyiségű nyomainak meghatározása az Antarktisz kétezereves hó és jégrétegében az analitikusoknak mára már nemcsak vágyálma, hanem elérhető valóság. A szerves nyomelemanalítika úgy lép át a 21. századba, mint az analitikai kémia jól megalapozott területe.

A toxikus vagy jótékony hatást a biológiában, a humánbiológiában és az orvoslásban gyakorlatilag sohasem magához az elemhez köthetjük, hanem annak egyszerű aqua komplexeitől bonyolultabb komplexeken keresztül a változó összetételű elemorganikus vegyületekig, amelyeknek egymástól jól elkülönülő fizikai, kémiai és biológiai sajátosságai vannak. Egyre több adat igazolja [1-4], hogy a toxikus nyomelemeknek kémiai formájuktól függően igen eltérő élettani hatások lehetnek. Esetenként az azonos elem két formája között a toxicitásbeli különbség több nagyságrendű is lehet. Például az alkilezett higanyszármazékok toxicitása több, mint 100-szorosa a szerves higany sókének. Más esetben két forma élettani hatása akár ellentétes is lehet. Az arzén(V) toxikus, az arsenobetain ártalmatlan, a króm(III) esszenciális, a króm(VI) viszont toxikus, rákkeltő hatású forma. Előbbiekből következően, ha a mintában egy fémnek csak a teljes koncentrációját adjuk meg, ahogy azt eddig a nyomelemanalitikában tettük, az nemcsak hogy hiányos, de gyakran még félrevezető információval is szolgálhat a minta tulajdonságairól. Hogy miként jutunk hozzá a fentebb említett molekuláris információkhoz, a századvég egyik legnagyobb kihívásának számít az analitikai kémiában.

Az 1. ábrán szemléltetjük a klasszikus nyomelemanalítika és a speciációs analízis elvét. Míg a nyomelemek gyakran közvetlenül meghatározhatóak spektroszkópiai módszerekkel, addig a speciációs analízisnél a detektálást mindig meg kell előznie egy elválasztási lépésnek. Adott esetekben a klasszikus nyomelemanalítika is alkalmaz elválasztást, például a nyomelem dúsítása vagy a zavaró matrixanyag (M) eltávolítása miatt, de itt minden esetben a nyomelem összes formája együtt és egyidejűleg kerül detektálásra (A_j). A speciációs analízis során azonban az elemet kívánt nyomelem minden eltérő vegyérték- és kötésiállapotját (A₁, A₂, A₃) egymástól is elválasztjuk, és külön-külön detektáljuk.

Az elemspeciációs analízis iránt igen gyorsan növekszik az érdeklődés.



1. ábra. A szerves nyomelemanalítika és a speciációs analítika elvének összehasonlítása.

M: a minta matrixanyaga, A₁, A₂, A₃: a vizsgált nyomelem különböző vegyérték- és kötésiállapotú formái

* Kossuth Lajos Tudományegyetem, Szerves és Analitikai Kémiai Tanszék, 4010 Debrecen, Pf. 21

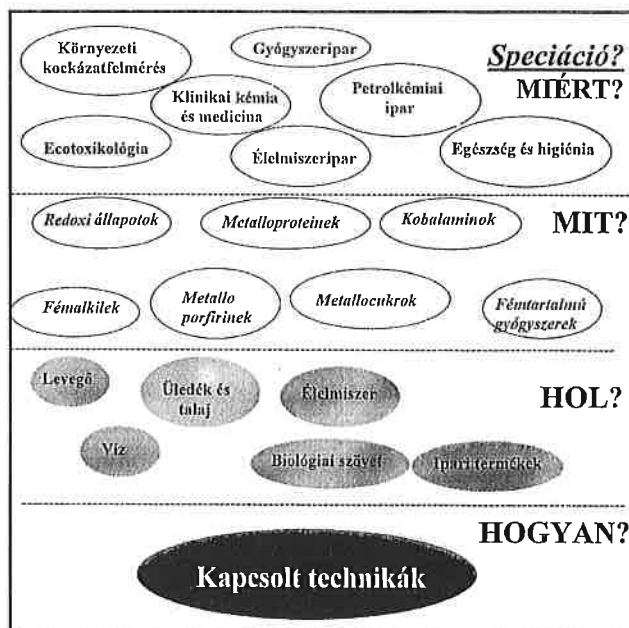
Ez az igény az analitikai technológia új irányvonalainak kifejlődését ösztönzi, és egy sor feladat megoldását teszi szükségessé. Ezeket a feladatokat a továbbiakban részletezzük.

A speciációs analítika alapkérdései

Van Loon [5] 1979-ben megjelent alapvető cikke óta a speciációs analízissel foglalkozó közlemények száma jelentősen megnőtt, és ma is nagy ütemben növekszik. Az eddig összegyűlt tapasztalatok rendszerező vizsgálata céljából az alábbi alapkérdéseket tehetjük fel:

- „Miért?”, van szükség a speciációs elemzésre?
- „Mit?”, milyen specicseneket kell vizsgálnunk?
- „Hol?”, azaz milyen típusú mintákon végezzük a vizsgálatokat?
- „Hogyan?” végezzük az elemzéseket, azaz milyen analitikai módszereket dolgozzunk ki a speciációs elemzésekhez.

Az itt felsorolt kérdés-lángra jelenleg adható válaszok rövid összefoglalását – a teljesség igénye nélkül – a 2. ábrán mutatjuk be.



2. ábra. Az elemspeciációs analízis alapkérdései és területei

Az a tény, hogy az esszenciális elemek a ligandumok széles körével kölcsönhatásban fejtik ki élettani hatásukat, a biokémiában már régóta ismert jelenség. Mégis a nyomelemek bizonyos kémiai formáinak igen ártalmas hatását már csak akkor vették észre, és kezelték fontosságának megfelelő súllyal, amikor például Japánban a Manamata halászfalu 50 lakosa meghalt. Halálukat az egyszerű, mindennapi táplálékukban kimutatható biometilézett higany okozta. Az M/S Cavteat gép légikatasztrófája során a Földközi-tengerbe ömlő ólom-tetraetil és annak következményei miatt fordult először megkülönböztetett figyelem a szerves ólomvegyületek analízisére. Előbbiekhez hasonló módon attól kezdve kerültek az érdeklődés középpontjába az alkilezett ólomszármazékok is, amikor a dél-franciaországi Arcachoni-öbölben valószínűleg a szagtalanító festékekből felszabaduló butilól hatása már kihalt a teljes osztrigatelept.

Sok más példa mellett az említett néhány eset is érzékelteti, hogy „MIÉRT?” ilyen fontos környezetünk, egészségünk védelme érdekében kidolgozni és bevezetni a speciációs analitikai módszereket. A 2. ábra felső szektorában jelzett területeken ilyen analitikai módszerekkel követhetjük az esszenciális vagy toxikus elemformák keletkezésének, átalakulásainak és lebomlásának mechanizmusát.

Az 1. táblázatban ugyancsak a teljesség igénye nélkül foglaltuk össze azokat a különböző vegyértékállapotú és különböző kémiai kötésben levő elemformákat (többnyire elemorganikus vegyületeket), amelyek ma a speciációs analítika fókuszában állnak.

MŰSZERES ANALITIKA

1. táblázat Az eddig leggyakrabban vizsgált elemformák a speciációs analitikában

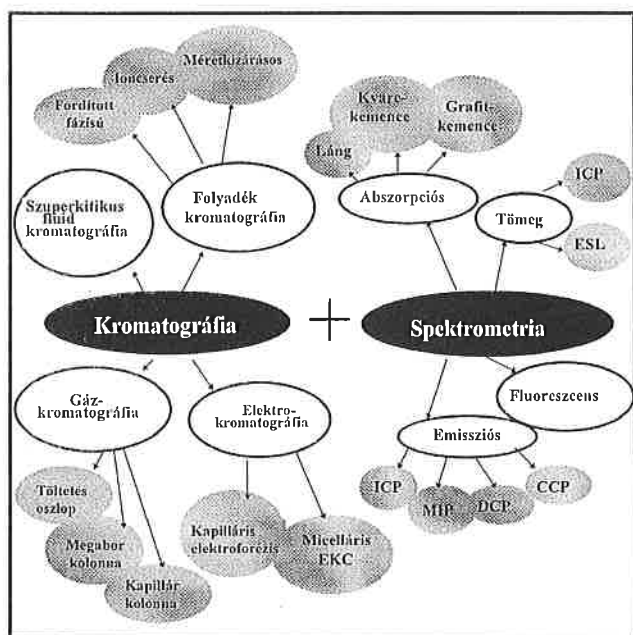
Redox formák	Alkilezett elemformák	Egyéb C-heteroatomot tartalmazó kötés	Metallopeptidek	Metallógyógyszerek	Egyebek
Se(IV)/Se(VI)	Me _n Et _m Pb ^{(4-m)n} Me _n Sn ⁽³⁻ⁿ⁾⁺	Szelénamínosavak	Filokelatinok	Ciszplatin	Aminosav-fémkomplexek
As(III)/As(V)	Bu _n Sn ⁽³⁻ⁿ⁾⁺ Ph _n Sn ⁽³⁻ⁿ⁾⁺	Szerves arzénvegyületek	Cadystinek	Karboplatin	Metalloporfirinek
Cr(III)/Cr(VI)	Me ₂ Hg, Et ₂ Hg, MeHg ⁺	Arszenocukrok	Metallothioninok	Aurotiomalat	Ferrocén-származékok
Co(II)/Co(III)	MeCd ⁺ , Me ₂ Cd Me _n Ge _{4-n} ⁽⁴⁻ⁿ⁾⁺		Ceruloplazmin	Aurotioglükóz	Kobalaminok
	Metil arzénsav		Transzferrin		
	Cymantrén-származékok		Metalloenzimek	Auranofin	
			Hem-proteinek	Tc-nyomjelző reagensek	
			Ca-kötő membrán-proteinek		

Kapcsolt technikák

Kromatográfia + Atomspektrometria

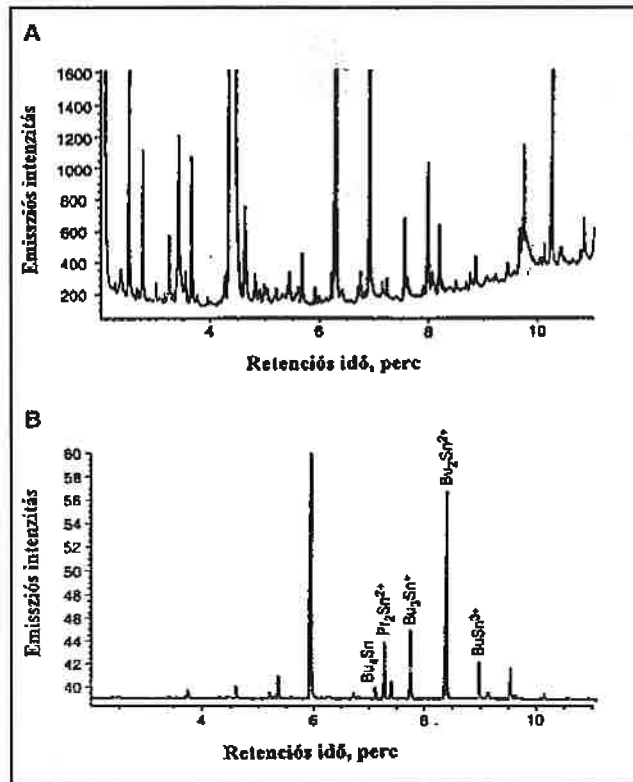
A mintegy két évtizede megindult speciációs analízist az első időszakban olyan munka- és időigényes módszerek jellemezték, mint a folyadék-folyadék extrakció, ioncsere, együttletapás, elektrokémiai eljárások stb., amelyek nyomelemekre alkalmazva számos hibalehetőséget is magukban hordoztak. A 80-as évek végén jelentek meg azok a kombinált eljárások, amelyek esetén valamilyen kromatográfias szeparáló módszert atomspektrometriával, mint elemselektív detektorral kapcsolnak össze. Utóbbi módszereknek egyebek mellett az a közös előnyük is megvan, hogy a korábbi eljárások legtöbbjétől eltérően megvalósult az on-line elemzés lehetősége. Egy kombinált módszer on-line elrendezése azt jelenti, hogy a szeparáló egység folyadékáramába juttatott minta a komponensek szétválása után a folyadékárammal (vízfolyadékkal vagy eluenssel) együtt közvetlenül bejut a detektorba. Így néhány másodperccel a szeparálás után megtörténik a komponensek atomspektrometriás meghatározása is.

Az utóbbi években az on-line kapcsolt technikák igen változatos típusait fejlesztették ki. Ezek között mindmáig központi helyet foglal el a kromatográfia és a spektrometria kombinációja. Az e kombinációban eddig kipróbált főbb módszereket a 3. ábrán foglaltuk össze.



3. ábra. A speciációs analitikában használt főbb kapcsolt technikák

Egy folyadékkromatográf hagyományos (nem-specifikus), például UV detektorral működik. A szeparáló oszlopot követően a spektrofotométer fényútjában elhaladó mintafrakciók (főleg szerves molekulák) fényelnyelése jól érzékelhető, de az ilyenkor regisztrált kromatogramból nem kaphatunk



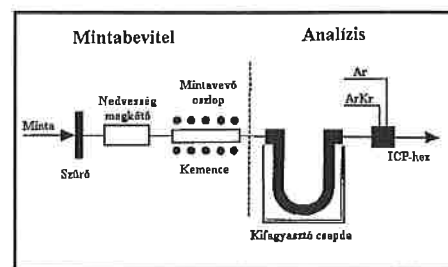
4. ábra. A nem-specifikus és az elemselektív detektor összehasonlítása. Egy tengeri kikötői üledék-extraktum derivatizáció utáni GC/MIP-AES kromatogramja. (A) Nem-specifikus detektálás (193 nm-es szén vonalon); (B) elem-specifikus detektálás (303,4 nm-es ón vonalon) [6]

választ arra, hogy az adott szerves molekula milyen toxikus vagy esszenciális elemet tart éppen kötésben. Ez az, amiért a kromatográfias technikák összekapcsolása az atomspektrometriával (FES, AAS, ICP-AES, ICP-MS módszerekkel) az analitikai lehetőségek új dimenzióját nyitotta meg. A nem-specifikus és az elemselektív detektálás közötti különbséget érzékelteti 4. ábrán bemutatott két kromatogram.

Ha egy üledékextraktum kromatográfias elválasztását nem-specifikus detektorral követjük, a detektor nagyszámú széntartalmú szerves molekulafrakció szétválását jelzi (4. ábra A). Ha azonban ugyanennek a mintának az elválasztása során olyan detektort alkalmazunk, amely időben követni képes az ón atomemissziós intenzitását, a kapott kromatogramon azonosíthatóvá válnak a mintában előforduló alkilezett ónvegyületek. (4. ábra B).

Kifagyasztás és hődeszorpció

Az on-line speciáció egy másik elterjedt vonalát jelentik azok a módszerek, amelyek elválasztási lépesei a mintakomponens eltérő illékonyágán alapulnak. Az eljárás különösen alkalmas illékony (200 °C alatti forráspontú) elemorganikus specieszek vizsgálatára. Itt olyan elemek (arzén, antimon, bizmut, szelén, tellur, germánium, ón, ólom, gallium, indium, tallium, higany) speciációs analízise végezhető el, amelyeknek a különböző vegyértékű és kötésformájú vegyületei hidridképzéssel vagy alkilezési reakciókkal egymástól eltérő illékonyágú molekulákká alakíthatóak. E derivatizációs reakciók termékei gáz halmazállapotúak, amelyek az oldatfázis reakcióelegyből inert gázzal kiöblíthető, elvezethető. E termékek egymástól történő elválasztása és atomspektrometriás detektálása az 5. ábrán bemutatott elrendezés szerint történhet. A vizsgálandó illékony vegyületeket szárítás után hűtött U alakú



5. ábra. Kifagyasztáson és hődeszorpción alapuló speciációs módszer kísérleti elrendezése

csőbe vezetjük, amelyet előzetesen a gázkromatográfiában használatos szorbenssel töltönek meg. Az illékony vegyületek az U-csőben kvantitatív módon megkötődnek (cryotrapping), majd a csapda lassú és igen jól szabályozott melegítésével az elem különböző illékonyaságú formái időben elkülönülve jutnak be az ICP-AES vagy ICP-MS spektrométerbe és megtörténik a detektálásuk.

Az interface

Minden kapcsolt technika, kombinált módszer kialakításának egyik fontos kérdése a két módszer kapcsolatát biztosító összekötőelem (interface) helyes kiválasztása vagy kifejlesztése. Az on-line kapcsolódást biztosító interface szerkezete és működése attól függ, hogy milyen két műszeres analitikai módszer között teremt kapcsolatot.

A legkevesebb gondot a gázkromatográfiás módszerek láng- vagy ICP-spektrométerekkel történő összekapcsolása jelenti. Az atomspektrometriában az elemek atomizálására, gerjesztésére szolgáló lángok, plazmák fenntartása folyamatos gázárammal biztosítható. Ebbe a gázáramba a gázkromatográfjal elválasztott mintafrakciók, melyek ugyancsak gáz halmazállapotúak, a vívógázzal egyszerűen beöblíthetők.

A folyadékkromatográfia (LC) kombinálása atomabszorpció (AAS) vagy indukzív csatolású plazma emissziós spektrométerrel (ICP-AES) ugyancsak nem jelent különösebb nehézséget. A szeparáló oszlop utáni kromatográfiás vezeték, egy kapilláris közbeiktatásával egyszerűen összekapcsolható a spektrométer porlasztójával [7-9]. A kromatográf folyadékárama (0,1-1 ml/min) nem tér el lényegesen a spektrométerek porlasztási sebességétől (1-5 ml/min-től). Az esetenként fennálló nagyobb különbség az ICP spektrometriában az utóbbi időben forgalomba hozott speciális méretezésű koncentrikus Meinhard® porlasztókkal biztonságosan áthidalható.

A nagy nyomású folyadékkromatográfia (HPLC) és az atomspektrometria összekapcsolásának egy újszerű és igen hatékony módszerét jelenti a nagy nyomású hidraulikus porlasztás (HHPN= hydraulic high pressure nebulizátor) [10-12]. Ebben az esetben a HPLC elválasztás után a nagy nyomású (150-200 bar) eluátumot egy 15 m átmérőjű lyukon préseljük keresztül. Az így kialakuló nagy nyomású folyadékszálát üvegyöngynek ütköztetve igen kis cseppméretű aeroszol keletkezik, amelynek a mintabeviteli határfoka a lángba, ICP plazmába – a pneumatikus porlasztó 1-5 %-ával szemben – az 50-60 %-ot is eléri. A két rendszer ilyen módon történő összekapcsolása nemcsak megteremti a speciációs analitika lehetőségeit, de a vizsgált elemformák kimutatási határában is egy 1-1,5 nagyságrend javulást érhetünk el.

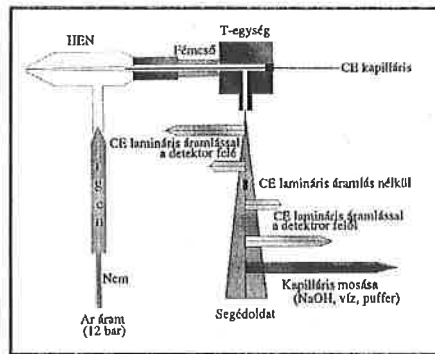
Az elválasztástechnikában az utóbbi 5-6 évben a kapilláris elektroforézis (CE) robbanásszerű fejlődése figyelhető meg [13-17]. E nagy felbontóképességű, gyors, egyszerű, kis mintagényű, olcsó üzemeltetésű elválasztási módszer bevonása a speciációs analitikába kézenfekvő törekvés. A CE-ICP-MS kombinált technika kialakításának afébb ismertetett módja az alkalmas interface kidolgozása e közlemény szerzőjének közreműködésével történt.

A nagy hatékonyságú CE szeparáló módszer és a nagy kimutatási képességű ICP-MS detektor sikeres összekapcsolása szempontjából kulcskérdés a megfelelő és hatékony kapcsoló egység, interface kimunkálása. A kapilláris elektroforézis és az atomspektrometria összekapcsolásánál a nehézséget az jelenti, hogy az elválasztás során a kapillárisban a folyadékáram, amit az elektroosztatikus áramlás (EOF) szabályoz, csupán nl/min–l/min nagyságrendű. A kialakítandó interface egyik fő feladata e több nagyságrend folyadékáram-különbség összehangolása.

A CE-ICP/MS interface kidolgozása [18,19]

Az interface megépítéséhez – ellentétben más szerzők [20-22] saját fejlesztésű porlasztóival – az ICP spektrometriában már eddig is használt kereskedelmi koncentrikus Meinhard® porlasztót választottuk alapul. A Meinhard® cég az utóbbi időben éppen a kis folyadékáramok biztonságos, folyamatos és nagy hatásfokú mintabevitelére fejlesztette ki a HEN (High Efficiency Nebulizer) típusú porlasztót. Ennek jellegzetessége egyrészt a hagyományosnál jóval kisebb belső kapilláris átmérő és kilépő nyílás, másrészt a mintegy 12 bar argongáz nyomás, amellyel a porlasztó optimálisan üzemeltethető. E nagy porlasztógáz nyomás kis folyadékáramoknál igen jó (15-20 %) mintabeviteli hatásfokot tud biztosítani.

A 6. ábrán bemutatott módon a kapilláris elektroforézis szeparáló egysége: a kvarckapilláris egyik végét a fentebb említett nagy hatékonyságú (HEN) porlasztó központi kapillárisába illesztettük. Ahhoz, hogy ez a kapillárisvég a szeparálás alatt a pufferrel állandóan érintkezhessek, egy T-csatlakozó segítségével egy segéd-folyadékáramot (make-up flow) tartottunk fenn, amelyet fecskendő-pumpával (syringe pump) szabályoztunk. Az elvá-



6. ábra. A kapilláris elektroforézis ICP spektrométerrel összekapcsoló interface szerkezete és működése

Lamináris áramlás a kapillárisban

Az általunk kifejlesztett interface amellett, hogy szakadásmentes, összefüggő folyadékáramot biztosít a CE és az ICP/MS berendezés között, konstrukciójából adódóan további olyan lehetőségekkel szolgál, ami a hagyományos kapilláris elektroforézishez képest új vívmány.

Az egyik ilyen lehetőség, hogy a CE szeparálás ideje alatt a kvarckapillárisban a folyadék adott sebességgel egyenletesen mozgatható akár a detektor felé, akár azzal ellentétes irányba. Ezt a folyamatot a kapilláris elektroforézis irodalma, hogy az elektroosztatikus áramlástól (EOF) megkülönböztesse, lamináris áramlásnak (LF) nevezi. Ennek a folyamatnak az a jelentősége, hogy segítségével az elektroferogramon a csúcsok időbeli megjelenését lényegesen befolyásolni lehet. Például egymástól tömeg/töltés tekintetében nagy eltérést mutató két ion csúcsa időben közel hozható, lerövidítve ezzel az elemzés időtartamát.

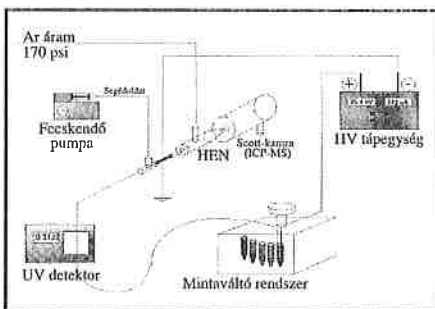
A szabályzott lamináris áramlást azáltal érjük el, hogy a 6. ábrán bemutatott interface T-egységéhez változtatható sebességű precíziós fecskendő-pumpával csatlakozunk. Ekkor, ha viszonylag nagyra (>150 µl/min) választjuk a segéd(puffer)oldat áramlási sebességét, a HEN porlasztó kis belső átmérőjű (50-60 µm) kapillárisának nagy ellenállása miatt a segédfolyadék (make-up solution) behatol a CE kapillárisba, és a porlasztóval ellentétes irányba indít el lamináris áramlást. Ezt a lamináris áramlást lehet felhasználni a CE kapilláris belső falának 2 mol/l koncentrációjú nátrium-hidroxiddal történő regenerálására, vizes mosására és pufferrel történő feltöltésére is. E mosási, előkészítési periódus alatt a porlasztó argonáramát, ezzel a mintabevitelt a spektrométerbe célszerű szüneteltetni.

Ha a segédfolyadék árama kicsi (<50 µl/min) vagy zérus, a porlasztó a segédágból nem kapván kellő ütemben folyadékot, a CE kapillárisban levő oldatot szívja meg. Így lamináris áramlás indul meg a porlasztó irányában. Az ilyen irányú lamináris áramlást használhatjuk fel arra is, hogy segítségével egy új mintavételi eljárást: a pneumatikus mintavételt vezessük be a kapilláris elektroforézisben a kis (10-50 nl) térfogatú mintáknak reprodukálható módon a kapillárisba juttatására.

Természetesen, az interface-nek van egy olyan segéd folyadékárama, amelyet biztosítva a kapillárisban nincs lamináris áramlás, azaz a CE szeparáció a hagyományos módon folyhat.

A CE-ICP/MS módszer kísérleti elrendezése

A 7. ábrán mutatjuk be az előző alfejezetekben részletezett interface felhasználásával a kapilláris elektroforézis és az ICP-MS kombinációját. Ahhoz, hogy a mintából ICP-MS módszerrel nem detektálható, például fémionokat



7. ábra. A CE-ICP/MS kombinált módszer kísérleti elrendezése

lasztáshoz a nagyfeszültségű elektromos csatlakozást (elektródót) a porlasztó és a T-csatlakozó között néhány cm hosszú fémkapillárisal biztosítottuk. E fémkapilláris kivételével a teljes interface üvegből és műanyagból készült. A rendszerben a fém-szenyezés elkerülése érdekében a kapilláris fémanyaga célszerűen cserélhető.

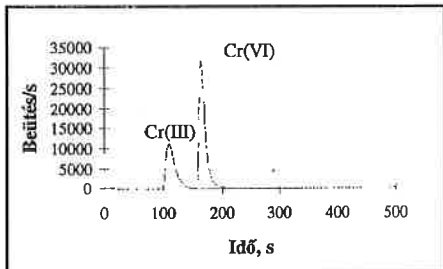
Krómspeciáció CE-ICP/MS módszerrel

A krómformák kapilláris elektroforézissel történő elválasztásához a nagyfeszültségű elektromos csatlakozást (elektródót) a porlasztó és a T-csatlakozó között néhány cm hosszú fémkapillárisal biztosítottuk. E fémkapilláris kivételével a teljes interface üvegből és műanyagból készült. A rendszerben a fém-szenyezés elkerülése érdekében a kapilláris fémanyaga célszerűen cserélhető.

Krómspeciáció CE-ICP/MS módszerrel

A krómformák kapilláris elektroforézissel történő elválasztásához a nagyfeszültségű elektromos csatlakozást (elektródót) a porlasztó és a T-csatlakozó között néhány cm hosszú fémkapillárisal biztosítottuk. E fémkapilláris kivételével a teljes interface üvegből és műanyagból készült. A rendszerben a fém-szenyezés elkerülése érdekében a kapilláris fémanyaga célszerűen cserélhető.

tásánál a nehézséget a két forma ellentétes elektroforetikus viselkedése okozza. A Cr^{3+} , $Cr(OH)^{2+}$, $Cr(OH)^+$ alakban előforduló $Cr(III)$ a negatív, míg a CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$ szerkezetű $Cr(VI)$ a pozitív pólus irányába vándorol. Annak érdekében, hogy mindezek ellenére a két krómforma jelét viszonylag rövid időn belül egy elektroferogramon megkapjuk, lamináris áramlást idéztünk elő a negatív pólus irányába. A segédoldat áramlását teljesen leállítva, az interface-szel elérhető maximális lamináris áram (0,9 μ l/min) mellett végeztük a $Cr(III)/Cr(VI)$ elválasztást. A krómformák elektroferogramját a 8. ábrán mutatjuk be. Az előzetes vizsgálatok alapján a módszer kimutatási



8. ábra. 40-40 g/ml $Cr(III)$ és $Cr(VI)$ elektroferogramja. Feszültség: 15 kV, Puffer: 0,05 mol/l $CaCl_2$, pH=6,5, lamináris áramlás 0,9 l/mina katód felé.

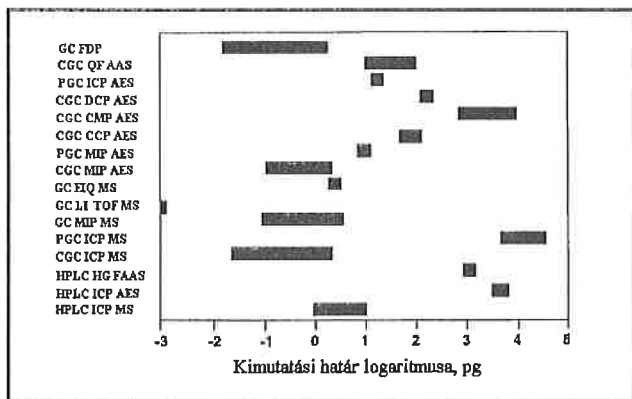
határa (3σ) $Cr(III)$ esetén 10 ng/ml-nek, $Cr(VI)$ esetén pedig 5 ng/ml-nek adódott 50 ml minta felhasználásával. Az elemzés teljes ideje kb. 3,5 perc. Az alkalmazott igen kis (10-50 nl) mintatérfogatok miatt a CE-ICP/MS módszer koncentráció szerinti kimutatási határa elmarad az ICP/MS-nél meg-

A kapcsolt technikák kimutatási határa

A 9. ábrán a speciációs elemzéshez leggyakrabban használt kapcsolt technikák abszolút kimutatási határát hasonlítottuk össze az alkilezett ónvegyületek példáján. Az adatok alapján a gázkromatográfia (GC) kedvezőbb, mint a folyadékkromatográfia (LC), mert nincs kondenzált mozgófázisa. A GC-nél az argon vagy hélium vivőgáz nemcsak a minta kvantitatív anyagtranszportját biztosítja a detektorhoz (nem lévén szükség porlasztásra, porlasztási hatások figyelembevételére), hanem a folyadékokkal ellentétben a detektorban is kis háttérjellet eredményez. A korábban használt GC-kapcsolt rendszerek csak az illékony vegyületekre biztosítottak jó kimutatási határt.

A később kifejlesztett interface-k kiküszöbölték a kevésbé illékony komponensek kondenzációját és az ezzel járó csúcscsúszéledést. Így az abszolút kimutatási határ függetlenné vált a kémiai forma illékonyaságától.

Az összehasonlításhoz kiválasztott ónvegyületekhez hasonló illékony specieszek száma azonban korlátozott. Ezért a gázkromatográf előbb felsorolt előnyös tulajdonságai csak ilyen illékony vegyületek elválasztásánál használható ki. A fémeket kötő biomolekulákra irányuló kutatások miatt a speciációs analitikában a folyadékkromatográfia és a kapilláris zóna elektroferézis fokozatosan átveszi a vezető szerepet.



9. ábra. A leggyakrabban használt kapcsolt technikák abszolút kimutatási határa szerves ónspecieszekre.

(CGC: kapilláris gázkromatográfia, PGC: töltetes oszlop gázkromatográfia, QF: kvarckemence, FAAS: lángatomabszorpció spektrometria, ICP: induktív csatolású plazma, AES: atomemissziós spektrometria, DCP: egyenáramú plazma, CMP: kapacitív csatolású plazma, MIP: mikrohullámú plazma, EI Q: elektron ütközéses ionizációs quadropól, LI TOF: lézer-indukált repülési idő, MS: tömegspektrométer, HG: hidridfejlesztés)

A kimutatási határ fordítottan arányos a rendszer holtterefogatával. Ezért jobb kimutatási határt kapunk, ha elválasztásra kapilláris rendszerű GC-t vagy LC-t, detektálásra pedig kis térfogatú plazmát, azaz ICP helyett, MIP-et alkalmazunk.

Az abszolút kimutatási határ esetén számításba kell venni azt az oldattér fogatot, amit a kombinált módszer az elemzés során felhasznál. Típusos példa erre az 10-50 nl oldattér fogattal működő kapilláris elektroferézis-ICP-MS (CE/ICP-MS) kombinált rendszer, amelynek az abszolút kimutatási határa néhány femtogramm (10^{-15} gramm). Ennek ellenére a koncentrációban kifejezett kimutatási határa néhány ng/ml, amely gyakran túl nagy érték a természetes minták kis nyomelem-koncentrációjához képest.

Összegzés

A természetes mintákban jónéhány nyomelemnek a teljes koncentrációját sem egyszerű meghatározni annak kis (pg/ml – ng/ml) értéke miatt. Ha ez az érték ráadásul több kémiai forma között oszlik meg, akkor az egyes formák koncentrációja még ennél is jóval kisebb lehet. Mindez szükségessé teszi a ma legnagyobb teljesítőképességű nyomelemanalitikai módszerek (atomabszorpció spektrometria (AAS), induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria (ICP-AES), induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS) **teljesítményének további javítását**. A nagy analitikai érzékenységű detektálást kémiai formák hatékony elválasztásának kell megelőznie. Erre a célra több más eljárás mellett a kromatográfiai módszerektől várhatjuk a legszelesebb lehetőségeket. A szerves molekulák elválasztása terén nagy múlttal rendelkező kromatográfiai módszereket azonban **ki kell terjeszteni** az eddig kevésbé vizsgált elem-organikus, fém-organikus és szervesetlen vegyületek, ionok elválasztására, ami az elem-speciációs analitika fő területe. Ha a szeparáló és az elemselektív detektáló rendszerek on-line kombinációját kívánjuk kialakítani, akkor ki kell dolgozni és optimalálni kell a kapcsolódás módszerét, az **interface**. A hagyományos nyomelem-analitikához hasonlóan a speciációs analitikában is a megbízható elemzés feltétele, hogy hiteles anyagminták, **standard referenciaanyagok** álljanak rendelkezésünkre. Ebben az esetben azonban olyan referenciaanyagokra van szükség, amelyekben az adott elem egyes kémiai formái hosszú időn keresztül külön-külön is garantált koncentrációban vannak jelen. Előbbiekhez hasonlóan az eredeti összetétel megőrzése érdekében a körülmények igen gondos megválasztását igényli **a mintavétel, a mintatárolás, a minta-előkészítés** olyan mintáknál, amelyeket speciációs analízisre szánunk. Az előbbi problémák megoldásához valamint magának a speciáció kémiai hátterének a tisztázásához **a kromatográfiai és atomspektrometriás** ismeretek mellett **a szerves, a preparatív szerves, a szervesetlen, a koordinációs, az egyensúlyi és a fizikai kémia** ide vonatkozó tapasztalatainak együttes, **komplex alkalmazására** van és lesz szükség a jövőben

A vizsgálatok az OTKA T020235/1996 és az MKM FKFP 1045/1997 sz. pályázatok, valamint a Soros Alapítvány 1997 támogatásával készültek.

Irodalom

1. S.Caroli (ed): Element Speciation in Bioinorganic Chemistry, Wiley, New York, 1996.
2. A.M.Ure, C.M.Davidson (eds): Chemical Speciation in the Environment, Chapman and Hall, London, 1995.
3. E.Berman: Toxic Metals and Their Analysis, Heyden, London, 1980.
4. O.F.X.Donard, R.Ritsem: Hyphenated Techniques Applied to the Speciation of Organometallic Compounds in the Environment, in Barcelo (ed): Environmental Analysis, Elsevier, Amsterdam, 1993.
5. J.C.Van Loon, Anal. Chem. 51, 1139A (1979)
6. R.Lobinski, W.M.R.Dirks, M.Ceulemans, F.C.Adams, Anal. Chem. 64, 159 (1992)
7. I.S.Krull, K.W.Panaro, L.L.Gershmann, J.Chromatogr. Sci., 21, 460, 1983.
8. J.Posta, A.Alimonti, F.Petrucci, S.Caroli, Anal. Chim. Acta, 325, 185, 1996.
9. A.Gáspár, J.Posta, R.Tóth: J.Anal.At.Spectrom., 11, 1067, 1996.
10. H.Berndt: Fresenius Z.Anal.Chem., 331, 321, 1988.
11. J.Posta, H.Berndt: Spectrochim. Acta, 47(B), 993, 1992.
12. J.Posta, H.Berndt, S.K.Luo, G.Schaldach: Anal.Chem., 65, 2590, 1993.
13. S.F.Y.Li., Capillary Electrophoresis, Elsevier, New York, 1992.
14. R.Kuhn, S.Hoffseter, Capillary Electrophoresis, Springer Verlag, Berlin, 1993.
15. D.R.Baker, Capillary Electrophoresis, Wiley & Sons, New York, 1995.
16. P.G.Righetti, Capillary Electrophoresis in Analytical Biotechnology, CRC Press, Boca Raton, 1996.
17. P.Jandik, G.Bonn, Capillary Electrophoresis of Small Molecules and Ions. VCH Publishers, New York, 1993.
18. J.Posta, M.Braun, J.Rodrigo, R.M.Barnes, ICP Inform Newsletter 23, 615 (1998)
19. J.Posta, M.Braun, J.Rodrigo, R.M.Barnes., ICP Inform Newsletter 23, 757 (1998)
20. J.W.Olesik, J.A.Kinzer, S.V.Olesik, Anal. Chem., 67, 1, (1995).
21. Y.Liu, V.Lopez-Avila, J.J.Zhu, B.R.Wiederin, W.F.Beckert, Anal. Chem., 67, 2020 (1998).
22. E.Med, H.Ichihashi, W.Gu, S.Yamasaki, Anal. Chem., 69, 2187 (1997).

Török Tibor (1914 – 1999)



Nyolc szakember tanácskozik 1952. április 8-án az ELTE Szerveitlen és Analitikai Kémiai Tanszékének színekpelemző laboratóriumában, Török Tibor hívására. Mi ösztönözte ezt a megbeszélést? Hogyan jutott Török Tibor erre a elhatározásra? Egyáltalán, milyen előzmények után került arra a tanszékre? Hadd

hivatkozzam két forrásra: az Anyagvizsgálók Lapjában közölt beszélgetésre (1992. 2. szám, 69-70. old.), valamint a legutolsó, 1996-ban megjelent (alább még idézett) könyvének életrajzi bevezetésére.

Debreceni családban nőtt fel. Édesapja gépészmérnökként korán felkeltette természettudományos érdeklődését, otthonukban diák-laboratóriumot rendezett be számára. A Debreceni Természettudományi Egyetemen 1938-ban kémia-fizika-matematikai szakos tanári diplomát szerzett, 1939-ben vegyészdoktorátust tett. Már hallgató korában gyakornokként dolgozott az Egyetemi Vegytani Intézetben, ahonnan vezetője 1936-ban három havi tanulmányútra küldte ki a müncheni egyetem III. Kísérleti Fizikai Tanszékére. Ott Walther Gerlach már akkor világhírű tudós professzortól tanulta meg a kémiai emissziós színekpelemzés elméleti alapjait és gyakorlati módszereit. Gerlach professzor szaktudása mellett kimagasló emberi tulajdonságai is példamutató erővel hatottak rá, és egész életére ennek a tudományterületnek az elkötelezettjévé, a tudománynak avatott és mélyen emberséges művelőjévé tették. Diplomájának megszerzése után a Debreceni Természettudományi Egyetem Vegytani Intézetében spektrográfias laboratóriumot rendezett be és működtetett. 1940-ben megnősült és Budapestre költözött, ahol felvették a csepeli Weiss Manfréd Repülőgépgyár laboratóriumába azzal a megbízással, hogy az alumíniumötvözetek gyors, megbízható elemzésére alkalmas laboratóriumot hozzon létre. Korbuly László igazgatófőmérnök teljhatalmú megbízása alapján a jól felismert új módszer alkalmazásával egy év alatt megszületett az első hazai üzemi színekpe-laboratórium, amely az akkor már háborús viszonyok között is jól látta el feladatait. Török Tibor képességei és ismeretei kellettek a spektrográfias sorozatvizsgálatokhoz szükséges gerjesztő berendezések, korszerű kiértékelő készülékek és a legkülönbözőbb segédeszközök és anyagok (pl. összehasonlító minták) kitalálásához. Leleményesen megoldott külön feladat volt a háborús viszonyok között összekeveredett nagy mennyiségű ötvözetek gyors, hatékony szétválasztására használható, hordozható, vizuális spektroszkóp megvalósítása a Török-Barabás szabadalom szerint. Ezen érdemeiért Török Tibort a Kossuth-díj bronz fokozatával és a Munka Érdemrend arany fokozatával tüntették ki 1953-ban.

Az eredményes gyakorlati munka mellett természetesen nem maradt abba a tudomány művelése. Már 1939-ben egyetemi magántanár lett a természettudományi karon. A háború után Schulek professzor meghívására 1948-tól előadásokat tartott, majd 1950-ben spektrográfias laboratóriumot rendezett be a Szer-

vetlen és Analitikai Kémiai Tanszéken, Szakács Ottó tanársegéd közreműködésével. A kémiai tudományok doktoraként csak 1952-ben nevezték ki egyetemi docensnek, majd 1963-ban kapta meg az egyetemi tanári címet. A Csepel Művek Központi Anyagvizsgáló Osztályának színekpelemző laboratóriumában 1952 és 1963 között még félállást töltött be, hogy segítségére legyen a hozzá erősen kötődő, kedves munkatársainak, akik még utolsó éveiben is hálásan keresték fel az öregotthonban, ahová hőn szeretett felesége elhunytá után, látása elvesztése és fizikai rokkantsága miatt bevonult.

Tudományos munkásságának régen megérdemelt, de kései elismeréseként az MTA elnöke 1993 novemberében Eötvös József-koszorúval tüntette ki.

A szakmai, elméleti és gyakorlati munkássága mellett Török Tibor kiemelten fontosnak tartotta az egymás önzetlen segítségét szolgáló társadalmi kapcsolatokat. Az első mondatomban említett kis csoport együttműködését annyira előkészítették, hogy 1952. május 9-én már 24 résztvevővel ülésezünk a Budapesti Műszaki Egyetem Általános Kémiai Tanszékén Erdey László professzor vezetésével, majd szeptember 12-én a KFKI Spektroszkópiai Osztályát látogattuk meg. Legfőbb témáink voltak a kutatási programjaink, eredményeink és nehézségeink. Az ismeretterjesztő előadássorozatok mellett nemzetközi szakirodalom-figyelő szolgálatot is szerveztünk. A színekpelemző szakemberek összefogására 1953-ban csatlakoztunk a GTE Anyagvizsgáló Szakosztályához, ahol Színekpelemző Szakbizottságként működünk. Török Tibor mint szakbizottságunk elnöke a maga személyes varázsával teremtette meg azt a baráti, szíves összefogást, amely a szakma baráti légkörébe vonzotta egyetemeink, kutatóintézeink és ipari üzemeink gárdáit. Kitűnően kiegészítette elnökünk munkásságát Zimmer Károly titkári szervezőkészsége, aki Török Tibor 1979. évi nyugalomba vonulásakor az elnökséget tőle átvette. Az országos összefogást nagyban fokozták az 1957-től kezdve évenként más-más városban tartott vándorgyűléseink, ahol időről-időre a külföldi résztvevőktől is bővíthettük szakmai ismereteinket. Személy szerint Török Tibornak köszönhetjük, hogy 1967-ben Debrecenben rendezhettük meg a Colloquium Spectroscopicum Internationale sorozat XIV. nagy sikerű konferenciáját 500 külföldi résztvevővel.

1987-ben a jubileumi 30. Magyar Színekpelemző Vándorgyűlésen összehívott Szeniorok Tanácsán Török Tibort a „magyar színekpelemzők atyjaként” köszöntötték, ahol Ő a személyes érdemeit szerényen elhárítva, élete négy alappilléret állította szemünk elé: a szakma, a család, a kollégák-barátok szeretetét és az Istenbe vetett hitet. Ezt a szeretetet és hitet hangsúlyozta személyes és szakmai kapcsolataiban egyaránt, mindhalálíg. Fizikai megpróbáltatásai során földi vigaszát három jó gyermekében, hat kedves unokájában, rokonaiban is istenhívó jó barátai-ban találta meg. (Utolsó könyve: Dr. Török Tibor: Istenhit és természettudomány – Egy öreg tanár hitvallása – Kálvin János Kiadó, Budapest, 1996.)

Török Tibor továbbra is él mindannyiunkban, amíg emlékezünk rá.

Gegus Ernő

ESEMÉNYNAPTÁR

Tanfolyamok 1999-ben

A Magyar Minőség Társaság és a Minőség Oktatásért Alapítvány a következő vizsgaköteles tanfolyamokat szervezi:

I. Az Országos Szakmai Képzési Jegyzék alapján (feltétel: szakközépiskolai érettségi és két év szakmai gyakorlat) 1999 áprilisában 120 órás tanfolyamok:

1. Minőségellenőr;
2. Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító.

Jelentkezés: 1999. március

II. Minőségbiztosítási tanfolyamok a TÜV Rheinland Akadémia licence alapján. A hallgatók a TAR-ZERT Személytanúsító hely nemzetközileg elismert oklevelét kapják.

1. Minőségügyl munkatárs, 4 nap + vizsga
2. Minőségügyl megbízott, 12 nap + vizsga
3. Minőségügyl menedzser, 13 nap + vizsga
4. Minőségügyl oktató, 3 nap + vizsga
5. Metrológiál megbízott, 8 nap + vizsga
6. TÜV CERT auditor, 11 nap + vizsga + gyakorlat

Feltétel: az 1-3-hoz legalább középiskolai, a 4-6-hoz felsőfokú végzettség.

Szaktanfolyamok, az utolsó napon vizsgával:

1. Mérőeszköz felügyelő, 3 nap
2. Terméktörtékesítési folyamatirányító, 2 nap
3. Anyagbeszerzési folyamatirányító, 2 nap
4. Karbantartási folyamatirányító, 2 nap
5. Vállalati auditor, 3 nap

6. Vevőszolgálati vezető, 2 nap
7. Logisztikai megbízott, 2 nap
8. Raktározás vezető, 2 nap
9. Idegenáru megbízott, 2 nap
10. Dokumentáció megbízott, 2 nap
11. Műszaki fejlesztési folyamatirányító, 2 nap
12. Statisztikai folyamatgazda, 3 nap
13. Értékelemző szakember, 4 nap
14. Orvosi eszközgyártó megbízott, 3 nap

Feltétel: legalább középiskolai végzettség.
A tanfolyamokról felvilágosítást ad a Magyar Minőség Társaság, Somogyi Miklós, Turos Tarjánna,
 tel.: 215-6061, fax: 218-0267.



AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. Szakképesítő tanfolyamok!

A TANFOLYAM TÍPUSA	ÓRASZÁM	TERVEZETT KEZDÉS
ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ ÉS MINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK		
ULTRAHANGOS ANYAGVIZSGÁLÓ (UT1)	90	1999. 03. 29.
RADIOLÓGIAI ANYAGVIZSGÁLÓ (RT1)	134	1999. 04. 06.
ÖRVÉNÁRAMOS ANYAGVIZSGÁLÓ 1. (ET1)	58	1999. II. FÉLÉV
ÖRVÉNÁRAMOS ANYAGVIZSGÁLÓ 2. (ET2)	80	1999. II. FÉLÉV
ULTRAHANGOS ANYAGVIZSGÁLÓ 2. (UT2)	118	1999. 02. 08.
MECHANIKAI ANYAGVIZSGÁLÓ 1.	94	1999. 03. 22.
MÁGNESES, PENETRÁCIÓS, VIZUÁLIS ANYAGVIZSGÁLÓ 1. (MPV1) EGYÜTT ÉS KÜLÖN-KÜLÖN	80	1999. 03. 22.
RADIOLÓGIAI ANYAGVIZSGÁLÓ 2. (RT2)	148	1999. 04. 26.
MECHANIKAI ANYAGVIZSGÁLÓ 2.	118	1999. II. FÉLÉV
MÁGNESES, PENETRÁCIÓS, VIZUÁLIS ANYAGVIZSGÁLÓ 2. (MPV2) EGYÜTT ÉS KÜLÖN-KÜLÖN	120	1999. 04. 12.
METALLOGRÁFIAI ANYAGVIZSGÁLÓ 1.	58	1999. 03. 01.
METALLOGRÁFIAI ANYAGVIZSGÁLÓ 2.	78	1999. 04. 12.
TÖMÖRSÉGI ANYAGVIZSGÁLÓ 1. ÉS 2. (LT1, LT2)	60/84	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
REZGÉSELEMZŐ 1. ÉS 2. (VAT1, VAT2)	58/76	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
SZINKÉPELEMZŐ 1. ÉS 2.	56/56	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK		
TARTÁLYVIZSGÁLÓ	80	1999. 02. 01. 1999. 05. 10.
TARTÁLYVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTÉST KIEGÉSZÍTŐ („C” MODUL)	24	1999. 02. 08. 1999. 05. 17.
NYOMÁSTARTÓEGYHÉNY-GÉPÉSZ	120	1999. 04. 12.
NYOMÁSTARTÓBEREHEZÉS-KEZELŐ	80	JELENTKEZÉSFÜGGŐ
EGYÉB TANFOLYAMOK		
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI FELÜLVIZSGÁLÓ ÉS TANUSÍTÓ		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
MINŐSÉGELLENŐR		1999. 05. 22.
KÖRNYEZETVEDELMI LABORÁNS		1999. II. FÉLÉV
KÖRNYEZETVEDELMI SZAKELŐDŐ		1999. II. FÉLÉV
TELEPÜLSÉGI HULLADÉKGYŰJTŐ ÉS SZÁLLÍTÓ		1999. II. FÉLÉV
SUGÁRVEDELMI TANFOLYAM		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
EMELŐGÉP-ÜGYINTÉZŐ		JELENTKEZÉSFÜGGŐ
SZÖVEGSZERKESZTŐ (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN
TÁBLÁZATKEZELŐ (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN
ÁUTÓCAD (KEZDŐ ÉS HALADÓ)		FOLYAMATOSAN

A tanfolyamok helye: AGMI Rt., Budapest XXI. ker. Gyepsor u. 1. – Szállást és étkeztést igény szerint biztosítunk. Igény szerint kihelyezett tanfolyamokat is szervezünk.
 Érdeklődni lehet: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály,
 Gáspár Anita, Mikus Erzsébet oktatásszervezők
 1750 Budapest, Pf. 114, Tel./Fax: 425-0761
 Szeretettel várjuk tanfolyamainkon!

Zubonyai Edit
 Zubonyai Edit
 osztályvezető



ORSZAK BT.

1752 Budapest, Pf. 101. Fax: 277-6226, Mobil: 06-20/582-659

Az ORSZAK BT. az 1999. tavaszi időszakban a roncsolásmentes anyagvizsgáló eljárások (RmAv) széles skáláján szervez mind az OKJ, mind az MSZ EN 473 követelményeit kielégítő tematikájú tanfolyamokat. Lényeges változás 1998. óta, hogy az RmAv tanfolyamok előtt külön oktatjuk az alapozó tárgyakat (anyagvizsgálat, anyag- és gyártásismeret), azaz ezt a tanfolyamot előzetesen el kell végezni, vagy a mentességet igazolni kell. Továbbá, az MPV-tanfolyamokat eljárásenként külön tanfolyamokként szervezzük. A jelentkezés feltételeiről, a szakterület megválasztásáról, a tanfolyamokról, illetve az étkeztetés és a szállás lehetőségeiről részletes tájékoztatást adunk.

Alapozó tanfolyam a 2. fokozatú RmAv-hoz:	1999. 03. 01-02.
Rezgéselemző (VAT-1) – az SKF Rt.-vel együttműködve:	1999. 03. 01-12.
Rezgéselemző (VAT-2) – az SKF Rt.-vel együttműködve:	1999. 05. 03-14.
Szinképelemző (SPT-1, SPT-2)	1999. február végén
Akusztilikus emissziós (AET-1, AET-2) és újramínősítő	1999. április elején

Tartályvizsgáló szakképesítést adó, 80 órás tanfolyamot szervezünk a Magyar Tartálytechnikai Szövetséggel együttműködve a vonatkozó 44/1995.(X.15.) IKM rendelettel módosított 11/1994. (III. 25.) IKM rendelet követelményei szerint, vállalatokhoz kihelyezve is.

Tömörsgvizsgáló (LT-1):	1999. 02. 15-26.
Vizuális (VT-2):	1999. 03. 03-05., vizsga: 03. 16-17.
Folyadékbehatolásos (PT-1):	1999. 03. 08-10., vizsga: 03. 17-18.
Mágneseshető poros (MT-2):	1999. 03. 11-15., vizsga: 03. 18-19.

Ultrahangos (UT-1)
 – a KE-TECH Kft-vel együttműködve: 1999. 03. 22-04. 09., vizsga: 04. 13-14.

Tömörsgvizsgáló (LT-2): 1999. 04. 12-23.

Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál *Dénes Gábor*
 Szűcs Pál Dénes Gábor

Nemzetközi rendezvények 1999-ben és 2000-ben

NDT methods for monitoring degradation, Petten, Hollandia. 1999. március 10-12. Cím: Mrs. P. Lejuste, JRC, PO Box 2, NL-1755 ZG Petten, The Netherlands. Tel.: +(31) 22 456 5118; Fax: +(31) 22 456 1432; e-mail: lejuste@jrc.nl.

5th Int. conf. on deformation and fracture of composites, London, 1999. március 18-19. Cím: Angela Douglas, Institute of Materials, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB. Tel.: 0171 451 7304; Fax: 0171 839 2289.

CMT 99 – 2nd Int. Conf. on Computation Methods and Testing for Engineering Integrity, Lexington, Kentucky, USA, 1999. április 12-14. Cím: Liz Ker, Conf. Secretariat CMT 99, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA, UK. Tel.: 44(0)1703 293223, fax: 44(0)1703 292853, e-mail: liz@wessex.ac.uk.

CEM 99 – Computational Methods and Experimental Measurements, Sorrento, Olaszország, 1999. április 27-29. Cím: mint a CMT 99-nél, de CEM 99 megjelöléssel Sally Radford-nak címezve. E-mail: sradford@wessex.ac.uk.

Certification '99 - NDT in the new millennium, Meriden, Coventry, Anglia. 1999. április 28-29. Cím: John Thompson, Certification Services, The British Institute of NDT, 1 Spencer Parade, Northampton NN1 5AA, England. Tel.: +44(0)1604 259056; Fax: +44(0) 1604 231489; e-mail: John_Thompson@compuserve.com.

Nuclear Technology 99, Karlsruhe, Németország. 1999. május 18-21. A 12. szekció foglalkozik az anyagvizsgálattal és az állapotellenőrzéssel. Cím: Congress Office, Inforum GmbH, Heussallee 10, D53113 Bonn, Germany. Tel.: +49(0)228 507223, fax: +49(0) 228 507262, e-mail: inforum - GmbH@compuserve.com.

ISOPE-EUROMS-99 Int. pipeline symposium, Moszkva, Oroszország. 1999. június 7-9. Cím: Prof. Jin S. Chung, ISOPE, PO Box 1107, Golden, Colorado 80402-1107, USA. Tel.: +(1) 303 420 8114; Fax: +(1) 303 420 3760.

Int. chemical and petroleum industry inspection technology (ICPIIT) Topical VI. Houston, Texas, USA. 1999. június 7-10. Cím: ASNT, 1711 Arlington Lane, Columbus, Ohio 43228-0518, USA. Tel.: +(1) 614 274-6003; Fax: +(1) 614 274-6899; Web: www.asnt.org.

6th ICTP-Int. Conf. on Technology of Plasticity, Nürnberg, Németország. 1999. augusztus 19-23. Cím: PD Dr.-Ing. U. Engel, Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Egerlandstr. 11. 91058 Erlangen, Germany. Tel.: +49/913185-8866, fax: +49/9131/36403, E-mail: ictp@ift.uni-erlangen.de.

2nd ESIS TC4 Conf. on Fracture of Polymers, Composites and Adhesives. Les Diablerets, Svájc. 1999. szeptember 13-15. Cím: Amy Richardson, Elsevier Science Hte Boulevard Langford Lane Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. Tel.: +44(0)1865 843643, fax: +44(0)1865 84395, e-mail: a.richardson@elsevier.co.uk

Surface Treatment 99. - Computer Methods and Experimental Measurements in Surface Treatment. Assisi, Olaszország. 1999. szeptember 20-22. Cím: mint a CMT 99-nél, de SURF 99 megjelöléssel Paula Doughty-Young-nak címezve. E-mail: paula@wessex.ac.uk.

The non-destructive testing of rope, Krakko, Lengyelország, 1999. szeptember 23-24. Cím: Prof. C.R.Chaplin, Department of Engineering, University of Reading, Reading RG6 6AY. Fax: +(44) (0)118 931 3327; e-mail: c.r.chaplin@reading.ac.uk.

II. Országos anyagtudományi, anyagvizsgáló és anyaginformatikai konferencia és kiállítás, Balatonfüred, 1999. október 10-13. Konferencia-titkarság: Dunaferr Kutatóintézet, OAAAKK2, Dunaújváros, Vasmű tér 1-3. Tel.: 25-481-092, fax: 25-482-856. E-mail: OAAAKK2@rt.dunaferr.hu.

3. Thermografie-Kolloquium, Stuttgart, Németország. 1999. szeptember 25.

Szervező: DGZIP/VDI/THETA/VET/VTD
 Int. Conf. on Case Historien on Integrity and Failures in Industry, Milánó, Olaszország. 1999. szeptember 27. - október 1. Jelentkezés előadással: azonnal. Cím: V. Bicego, ENEL SRI Polo Diagnostica e Materiali, Via Reggio Emilia 39. I-20090 Segrate Milan, fax: +39 2 2167 2620, e-mail: 0727bice@s1.cise.it.

Zerströrungsfreie Materialcharakterisierung, Saarbrücken, Németország. 2000 márciusában. Szervező: DGZIP

15. WCNDT – roncsolásmentes világkonferencia, Róma, Olaszország. 2000. október 15-21. Szervező: AIPnD.



VIZSGÁLÓBERENDEZÉSEK

a műanyagok mechanikai és fizikai jellemzőinek a meghatározásához

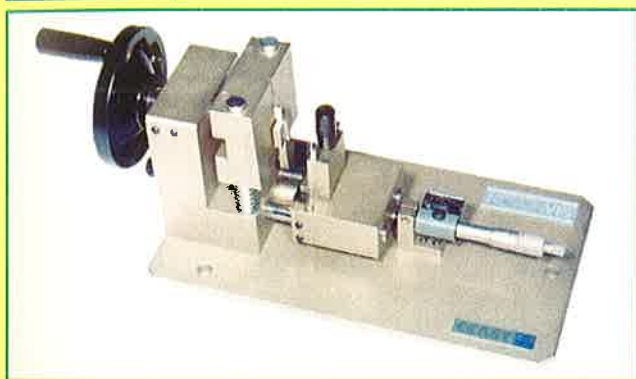
MINTA-ELŐKÉSZÍTŐ KISGÉPEK



másoló marógép, konturkivágók
CNC mini-forgácsológép



bemetsző és berepesztő kisgépek
ütőpróbák készítéséhez

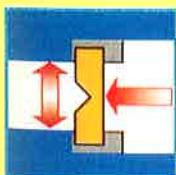


INGÁS ÜTŐMŰVEK (5,5 J, 25 J, 50 J)



termokamrával is

igény szerint felszerszámozva, műszerezve

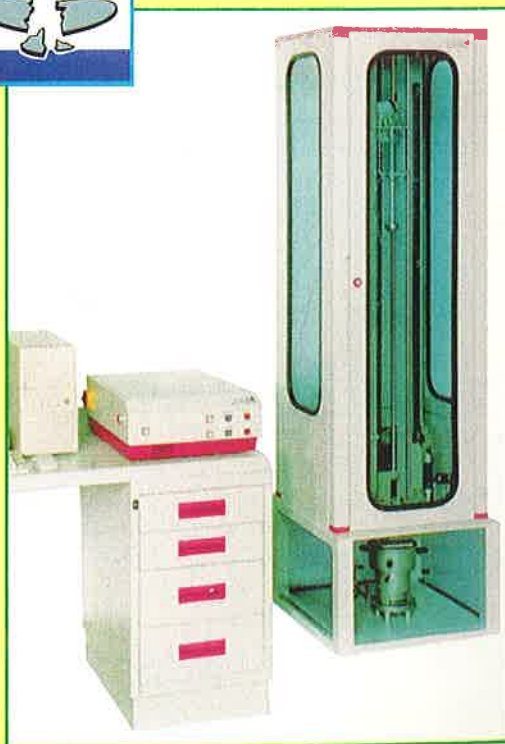


a Charpy- vagy
az Izod-vizsgálathoz

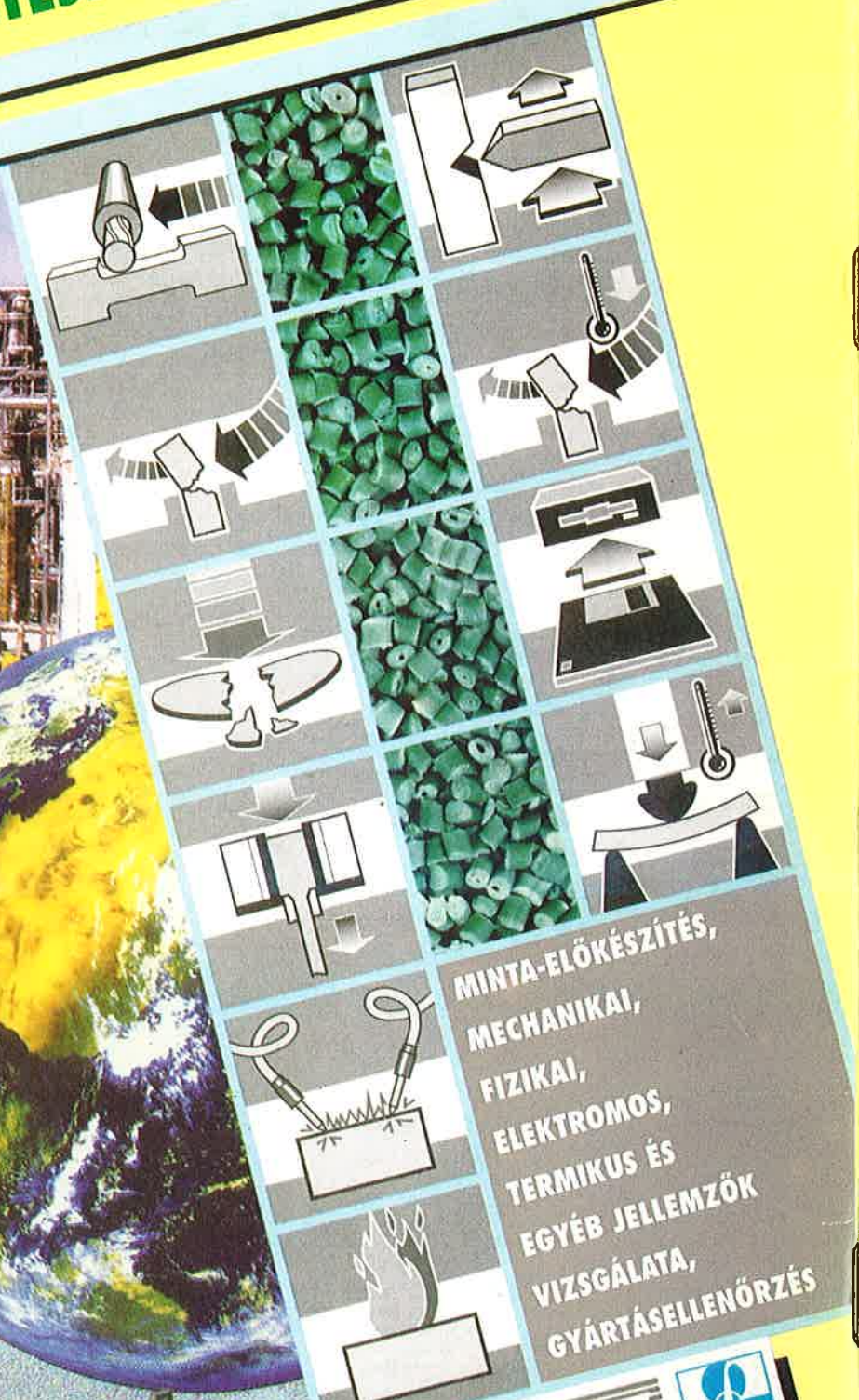
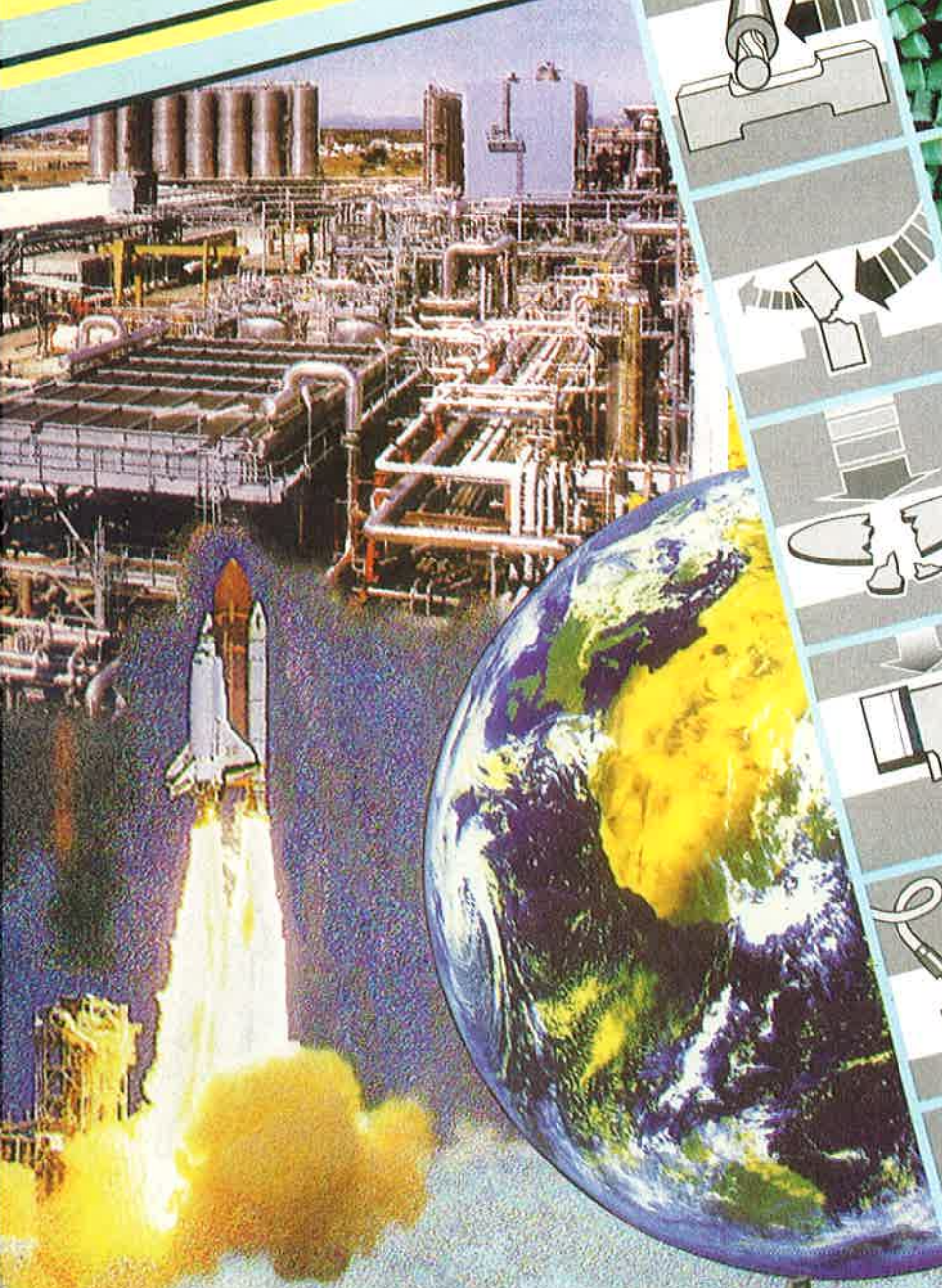


az ütve szakító vizsgálatokhoz

EJTŐSÚLYOS ÜTŐMŰ



VIZSGÁLÓBERENDEZÉSEK MŰANYAGOK MINŐSÉG-ELLENŐRZÉSÉHEZ ÉS FEJLESZTÉSÉHEZ



MINTA-ELŐKÉSZÍTÉS,
MECHANIKAI,
FIZIKAI,
ELEKTROMOS,
TERMIKUS ÉS
EGYÉB JELLEMZŐK
VIZSGÁLATA,
GYÁRTÁSELLENŐRZÉS

CEAST 

BERENDEZÉSEKEL
HAZAI FORGALMAZÓ:
TESTOR

Tel.: 319-1-319 • Fax: 319-2284

These instruments are made in compliance
with EEC health and safety requirements.
Directives 89/392 EEC - 93/68 EEC

