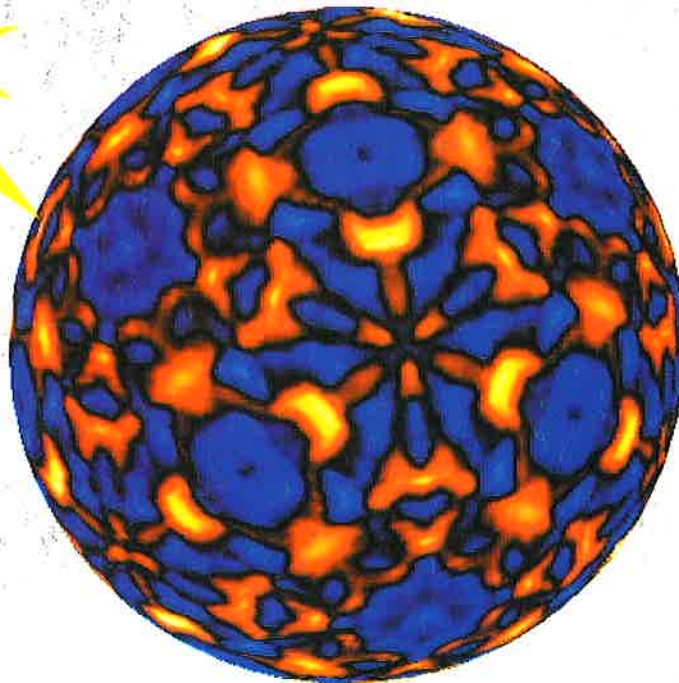


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

11. ÉVFOLYAM
1. SZÁM
2001.



Atomi felbontású röntgen hologram

ALAPÍTVÁ: 1989



TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

ELE International

Paqualab

vízminőség ellenőrző rendszer



az élővizeink

- fizikai,
 - kémiai,
 - mikrobiológiai
- jellemzőinek gyors és megbízható helyszíni vizsgálatához



TESTOR Kft.

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

www.testor.hu · info@testor.hu

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:
dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

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

Kiadja:
TESTOR Kft.

Felelős kiadó:
Szappanos György
ügyvezető igazgató

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

Hirdetések felvétele és kéziratok
leadása a TESTOR Kft. címén.

Nyomda:

Házinyomda Kft.

6000 Kecskemét, Külső Szegedi út 9.
Tel.: (76) 418-930, fax: (76) 413-930
e-mail: hnyomda@mail.matav.hu
Felelős vezető: Fehér Dezső

Előkészítés:

PC-Print Bt.

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

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Beköszöntő

Lapunk 11. évfolyamának első számával tisztelettel köszöntöm az Olvasót – szerkesztőségünk és kiadónk, a Testor Kft. munkatársai nevében is –, kívánom, hogy ez évi tervei sikeresen és eredményesen teljesüljenek. Ehhez szeretnénk a magunk módján hozzájárulni azzal, hogy közreadjuk szakterületünk eredményeit, újdonságait és közérdekű híreit bemutatva mindezek szakmatörténeti gyökereit is.

Szerkesztőségünk törekszik egyensúlyt teremtve tükröztetni

- az anyagtudomány alkalmazásra érett kutatási-fejlesztési eredményeit, azaz bemutatni a fémes és a nemfémes szerkezeti anyagok terén különösen a kompozitok és az ún. gradiens tulajdonságú anyagok, valamint az informatika és mérés technika számára fontos funkcionális anyagok – gyakran mikro- és nanotechnológiával, atomi szintű építkezéssel megvalósuló – tulajdonságait és vizsgálattechnikáját;
- az új vizsgálati és műszeres analitikai eljárásokat és készülékeit;
- a minőségbiztosítás korszerű, rendszerszemléletű elveit, az ehhez szükséges vizsgálattechnikát és az ezekkel szerzett tapasztalatokat;
- a szerkezetek biztonságos működtetéséhez alapul szolgáló állapotellenőrzési rendszereket és módszereket, vizsgálattechnikáját és az ezekkel szerzett tapasztalatokat.

Szerkesztési elveinket jelen lapszámunk tartalma is megjeleníti. Az ez évi 2. számunkban – amely az áprilisi, egri konferenciához kapcsolódik – áttekintjük a roncsolásmentes anyagvizsgálat fejlődési irányait és hazai helyzetét. Lapunk 3. száma – a Charpy-centenárium jegyében – a dinamikus vizsgálatokról ad átfogó képet, míg a 4. számban a műanyagok szerkezete és felhasználási tulajdonságai közti összefüggések bemutatását tervezzük.

Ezúton is megköszönöm cikkíróink önzetlen támogatását, amely nélkül nem tudnánk szakmánk érdekében közkinccsé tenni az új eredményeket és tapasztalatokat. De köszönet illeti olvasóinkat is, akik érdeklődésükkel és véleményeikkel segítik szerkesztői munkánkat. Lapunk megjelenéséhez nyújtott anyagi támogatásért hirdetőinket és nem utolsósorban kiadónkat illeti a köszönet. A jövőben is számítok mindannyiuk támogatására!

Továbbra is szerkesszük együtt az Anyagvizsgálók Lapját!

Tisztelettel:

Dr. Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Faigel Gyula, Tegze Miklós:

Atomi felbontású röntgen holográfia

X-ray holography with atomic resolution

Röntgen-Holographie mit atomische Auflösung 3

Xavier Klébe, Dobránszky János, Alain Vincet:

A termoelektromos erő mérés alkalmazása a fémtani folyamatok vizsgálatban

Investigation of the metal physical processes by measuring of the thermoelectric power

Prüfung der metallphysikalische Prozesse mit Messung der Thermoelektrizität 6

Czoboly Ernő, Gillemot Ferenc:

A K_{Ic} meghatározása kis próbatestekkel: egy új, amerikai szabvány ismertetése

Determination of K_{Ic} with small samples by ASTM E 1921-97

Bestimmung des K_{Ic} mit kleine Probestäbe nach ASTM E 1921-97 10

SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU 12

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Joó Katalin:

A sokoldalúan használható mini-spektrofotométer – The many-sided useful mini-spectrophotometer

– Das vielseitig brauchbar Mini-Spektrophotometer 14

Jakus Judit, Vanyúr Rozália:

A fotodinamikus aktivitás mérése – Measuring of the photodynamic activity – Messung der photodynamische Aktivität

..... 14

Lehofer Kornél:

Vasbeton szerkezetek állapotellenőrzése korrózióra

Condition control of the reinforced concrete structures to corrosion

Zustandkontrolle der Eisenbetonstrukturen an Korrosion 16

ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN

Thamm Frigyes:

Műanyagok vizsgálata és anyagtulajdonságai a felhasználó szempontjából

Investigation and properties of plastics from standpoint of the user

Prüfungen und Eigenschaften der Kunststoffen aus Standpunkt de Benutzer 17

SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMEN

Új, érvényes nemzeti szabványok – New valid national standards – Neue gültige Nationalnormen 29

BESZÁMOLÓK – ACCOUNTS – BERICHTE

Tóth László:

EPERC-közgyűlés a nyomástartó szerkezetek biztonságáért

General meeting of EPERC – Generalversammlung des EPERC

..... 30

A IX. Magyar Minőség Hét – 9th Hungarian Quality Week – IX. Ungarische Qualitätswohe 32

KÖNYVISMERTETÉS – BOOK REVIEW – BUCHBESPRECHUNG 33

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN

Tóth László:

A 100 éves dr. Endre Árpád köszöntése – Congratulation of hundred-year-old dr. Árpád Endre

– Begrüßung des hundertjährig dr. Árpád Endre 35

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 36

Atomi felbontású röntgen holográfia

Faigel Gyula – Tegze Miklós*

Előzmények

Napjainkban az iparban felhasznált anyagok tulajdonságait mind finomabban próbáljuk a felmerülő igényekhez hangolni. Ez akkor válik igazán lehetségessé, ha az egyes technológiai lépésekben kialakuló anyagok szerkezetét jól ismerjük a makroszkopikus szinttől egészen a pontos atomi elrendeződésig. Az alapanyagok és végtermékek mikroszkopikus szerkezetének ismerete ma már elengedhetetlen, a gyógyszergyártástól a félvezető iparon keresztül a repülőgépiparig. Ebből világosan kitűnik a szerkezet-meghatározó módszerek alapvető szerepe. A következőkben az atomi szintű szerkezet vizsgálatára alkalmas technikák közül egy új eljárás, az atomi felbontású röntgen holográfia első lépéseit mutatjuk be.

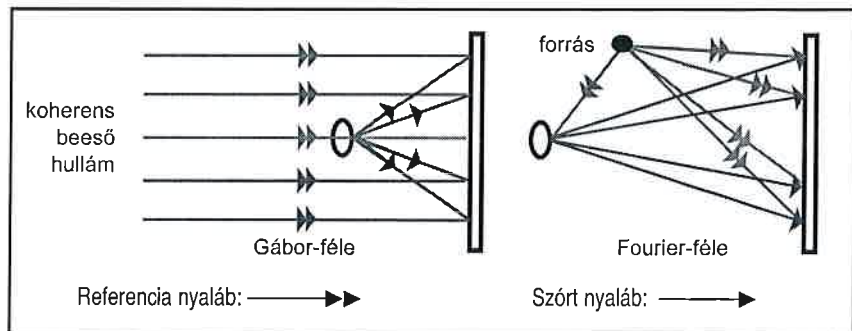
Ahhoz, hogy e módszert jól el tudjuk helyezni a többi atomi szerkezet meghatározására használt hagyományos eljárás között, röviden bemutatjuk a jelenleg használt technikákat. Ezeket két nagy csoportra oszthatjuk:

1. A valós térbeli elhelyezkedés közvetlen nagyított képét szolgáltató módszerek. Ilyen például néhány elektronmikroszkópos eljárás, pásztázó atomerő- és alagútmikroszkópia. Ezek elsősorban a felületről nyújtanak információt, és nem követelik meg az atomok kristályrácsba való rendeződését.

2. Diffrakciós módszerek. Ezek segítségével határozhatjuk meg a kristályos anyagokban uralkodó atomi rendet. Diffrakciós kísérleteket végezhetünk elektronokkal, neutronokkal vagy röntgen fotonokkal. Az utóbbiakkal még arra is lehetőség nyílik, hogy a felület alatti rétegeket, az anyag belsejét tanulmányozzuk. A diffrakciós módszereknek az a hátrányuk, hogy nem szolgáltatnak direkt képet a vizsgált rendszerről. A mért adatokat még transzformálnunk kell, hogy atomi koordinátákat kapjunk. Miért hátrány a transzformálás, hiszen napjainkban nagy teljesítményű számítógépek állnak a kutatók rendelkezésére? Ehhez tudnunk kell, mit mérünk egy diffrakciós kísérlet során. A diffrakciós mérések az egyes atomokról szórt hullámok összegeként létrejövő hullámok térbeli (irány szerinti) eloszlását adják. Egy hullámnak három jellegzetes paramétere van: a frekvenciája, az amplitúdója és a fázisa. A diffrakciós mérések esetén a frekvencia rögzített és ismert. A különböző irányokban terjedő hullámok amplitúdója és fázisa hordozza az atomi rendre vonatkozó információt. Mérőeszközeinkkel azonban csak az amplitúdók abszolút értékének négyzetét (az intenzitást, vagyis részecskeszámot) tudjuk mérni, a hullám fázisát nem. A valós térbeli elrendeződés egyértelmű előállításához azonban szükség van a fázisra is. Ezt a hiányt sok esetben pótolhatjuk valamilyen független mérésekből, vagy elméleti megfontolásokat használva. Persze sokat könnyítene a szerkezet-meghatározásban, és sokkal megbízhatóbb lenne, ha valahogyan egyetlen méréssel meghatározható lenne az intenzitás- és fázisinformáció is.

A holografikus leképezés

Makroszkopikus objektumok alakjának és térbeli elhelyezkedésének rögzítésére már kidolgoztak ilyen módszert, és ez a holográfia, melyet *Gábor Dénes* kb. 50 éve alkotta meg [1]. Miért ne használhatnánk ezt a mikrovilágban is? Mielőtt ezt a kérdést megválaszolnánk, nézzük meg hogyan is működik a holográfia. Korábban azt írtuk, hogy detektorainkkal csak a részecskék számát tudjuk mérni, de a fázisát nem. Akkor a holográfiában hogyan határozuk meg a fázist? A válasz az, hogy a fázisváltozást átkonvertáljuk intenzitásváltozássá. *Gábor Dénes* alapötlete, hogy nem szükséges a hullámok abszolút fázisának ismerete, hanem elég, ha a fázist valamilyen ismert értékhez viszonyítva meg tudjuk határozni. Ezt a következőképpen tehetjük meg: A leképezni kívánt tárgyat megvilágítjuk egy koherens fényforrással. Ekkor a hullámok egy része szóródik az objektumon (tárgy hullám), egy másik része szabadon terjed (referencia hullám) a detektáló felület felé (1. ábra). Itt a két hullám összegét detektáljuk. Az intenzitásvizonyok attól függenek, hogy mekkora a fáziskülönbség a szórt



1. ábra. Hologramok felvételének két leggyakrabban alkalmazott módja: felül a Gábor-féle elrendezés, amikor a referencia nyaláb egy síkhullám, és alul a Fourier-féle elrendezés, amikor a referencia nyaláb egy pontszerű forrásból jövő gömbhullám

és a referencia nyaláb között. Ha a referencia nyalábot ismerjük, akkor ehhez képest már megkaphatjuk a szórt nyaláb fázisviszonyait a detektáló felületen rögzített képből. Tehát egy hologramot úgy képzelhetünk el, mint egy kódolt titkos üzenetet. A kódoló a referencia nyaláb, a kódolt üzenet a hologram és most már csak azt kell kitalálnunk, hogyan dekódoljunk. Megmutatható, hogy a hologramot megvilágítva a referencia nyaláb inverzével visszakapjuk az objektum háromdimenziós képét. Ez a hagyományos fényvel készült hologramok esetén a felvételkor használt forráshoz hasonló koherens fényvel való megvilágítást jelent.

Az atomok holografikus leképezése

A dekódolást matematikailag is egyszerűen leírhatjuk és ekkor a hologramot digitalizálva (a számítógép memóriájába víve) a dekódolást a számítógépre bízva, a tárgy képét a képernyőn vizsgálhatjuk. Nos, ez nagyon egyszerűnek tűnik. Miért nem használjuk ezt a módszert az atomok világában is? Elvben semmi akadálya, de mielőtt ezt megpróbálnánk, meg kell vizsgálni, hogy mi az a legkisebb méret, amelyet adott kísérleti körülmények között még felbont a holografikus leképezés. Részletes elemzés azt mutatja, hogy ezt a megvilágító nyaláb hullámhossza és a detektor- és/vagy forrásméret határozza meg. Minthogy a fény hullámhossza kicsivel a

* MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutató Intézet

mikrométer alá esik, nyilvánvaló, hogy hagyományos holográfiával az angstrom nagyságrendű atomi távolságokat nem vizsgálhatjuk. Ugyan napjainkban megjelentek rövidebb hullámhosszon működő koherens nyalábot biztosító hullámforrások (szinkrotron sugárforrásoknál elhelyezett ún. undulátorok), de a gyakorlatban ezekkel is csak kb. 500 Å felbontás érhető el. Tehát a hagyományos holográfia alkalmazása atomok leképezésére a mai technikai adottságok szerint nem lehetséges.

Ha mégis holografikus típusú leképezést akarunk alkalmazni az atomok világában, valamilyen méroben új ötletre van szükség. Egy ilyen ötletet kb. 10 éve Szőke Ábrahám vetett fel [2]. A megoldás lényege, hogy a vizsgálni kívánt minta saját atomjait kell használnunk mint hullámforrásokat. Ekkor a forrásméret probléma azonnal megoldódik, és amennyiben találunk olyan folyamatot, amelynek eredményeképpen az atomok 1 Å körüli hullámhosszúságú sugárzást bocsátanak ki, az atomi felbontás elérhető. Nem kell sokáig kutatnunk a fizika eszköztárában, hogy több ilyen lehetőségre is leljünk. Az atomok elektronjainak gerjesztése során az így magasabb energiájú állapotban maradt elektronrendszer relaxál, és a többlet energiáját fotonok, vagy elektronok formájában bocsátja ki. Jól megválasztva a kísérleti feltételeket, a kibocsátott részecskék hullámhossza a számunkra megfelelő tartományba esik. Úgy tűnik tehát, hogy ily módon sikerülhet az atomok holografikus leképezése. Ha azonban egy kicsit utána gondolunk, még egy fogas kérdés

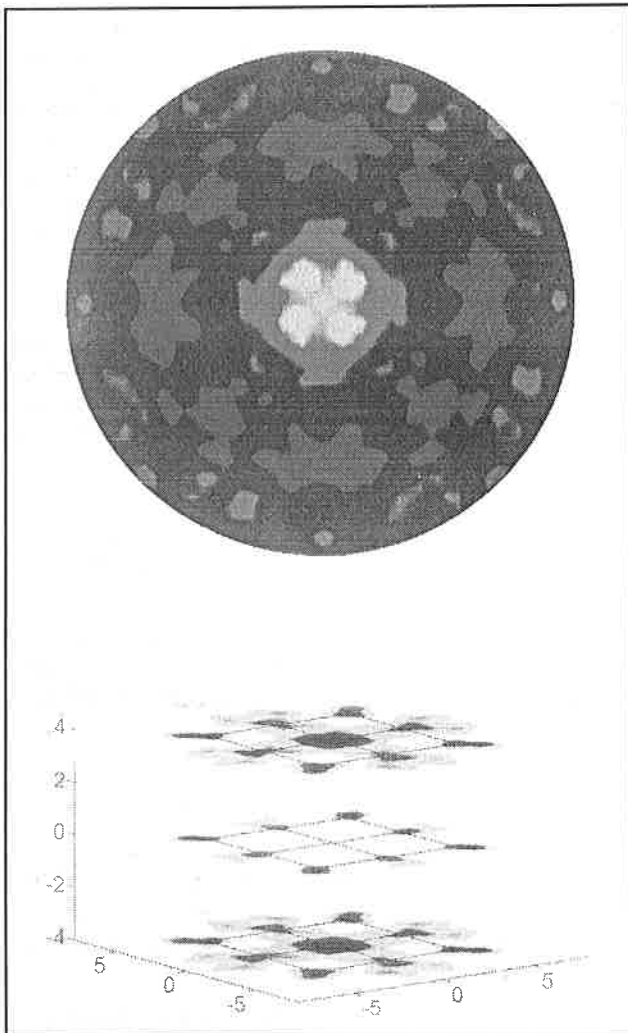
merül fel. Hogyan tudunk kiválasztani a minta igen nagyszámú ($\sim 10^{23}$) atomja közül csak egyet, ami gerjesztődik és utána elektronokat vagy fotonokat bocsát ki. Ez a gyakorlatban nem lehetséges. Mit tehetünk akkor? Megfordíthatjuk a kérdést: tudunk-e olyan mintát készíteni, amelyben minden gerjesztett atomnak ugyanolyan a környezete? Ha igen, akkor minden forrásatom ugyanazt a hologramot fogja létrehozni és ezek összegét mérjük. Így az eredmény nem lesz más, mint az egy atom által létrehozott hologram szorozva a forrásatomok számával. Nos a természet kezünkre játszik, mivel a kristályokban egyes kiválasztott atomok környezete azonos.

Az előzőkben leírtaknak megfelelően 1996-ban el is végeztük az első sikeres atomi felbontású röntgen holografikus kísérletet [3]. Egy SrTiO_3 egykristályban a Sr atomokat gerjesztettük és az ezek által kibocsátott fluoreszcens sugárzást használtuk holografikus leképezésre (2. ábra).

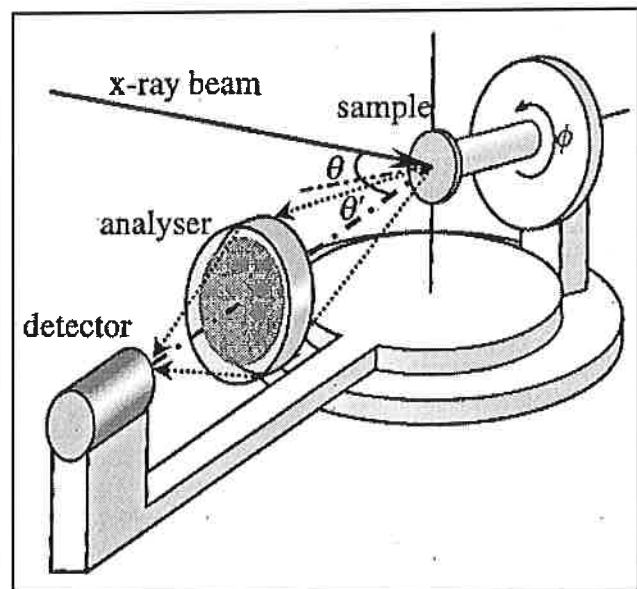
A holografikus leképezés módszerfejlesztése

Természetesen a sikeres méréshez sok technikai problémát meg kellett oldani, amit most nem részletezünk [4]. A módszer működőképességének bizonyítása még nem vezet egyenest a gyakorlati életben való széles körű alkalmazáshoz. Ehhez még további számos problémát kell kiküszöbölni. Az elmúlt négy évben ezen dolgoztunk és napjainkra jutottunk el oda, hogy e technikával olyan kérdéseket válaszolhatunk meg, amely más módszerekkel nehezen elérhető. A következőkben csak nagy vonalakban említjük meg a fejlesztés legfontosabb lépéseit, s végül egy példát mutatunk az alkalmazásra.

Először a mérési időt csökkentettük. Az első mérés kb. 2 hónapot vett igénybe, jelenleg néhány perc alatt tudunk egy hologramot felvenni. Ezt a sugárforrás cseréjével – a hagyományos röntgengenerátorról szinkrotronra – és a mérőberendezés nagy intenzitásra való átépítésével értük el (3. ábra).



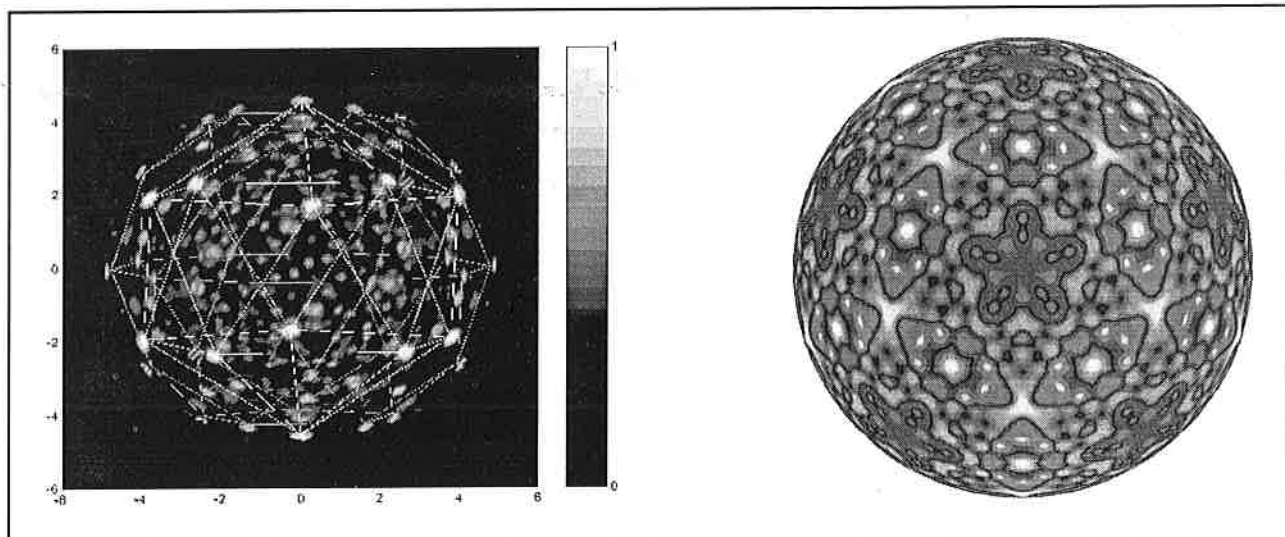
2. ábra. Egy SrTiO_3 kristályban a Sr atomot körülvevő többi Sr atom által létrehozott hologram (felül), és az ebből rekonstruált 3D atomi rend (alul)



3. ábra. Szinkrotron sugárforrásnál használt mérési elrendezés

Másodikként kifejlesztettünk egy olyan kiértékelést, amely az eredetileg erősen anizotrop valós térbeli felbontást megjavította és közel izotroppá tette. Erre mutat példát a címlapon, 4. ábra: CoO kristályban a Co atomok körüli környezet hologramja (felső kép), s az ebből rekonstruált atomi elrendeződés (alsó kép) [5].

Legutóbb pedig azon dolgoztunk, hogy a nehéz atomok mellett a könnyűeket is le tudjuk képezni. Sikerült egy NiO mintában a Ni atomokon kívül az oxigén atomok képét is megkapnunk [6]. Ezzel megnyílt a lehetőség szerves vegyületek vizsgálatára is.



5. ábra. AlPdMn kvázikristály Mn atomokon centrált hologramja (jobb oldalon), az ebből rekonstruált kép (bal oldalon)

Annak illusztrálására, hogy e módszer bizonyos esetekben túl lép az ismert szerkezet-meghatározó eljárásokon, egy kvázikristály holografikus leképezését mutatnánk be. A kvázikristályok olyan anyagok, amelyekben nincs hosszú távú periodikus rend, ugyanakkor mégsem teljesen rendezetlenek. Néhány jól meghatározott alakzatból teljes térkitöltéssel építhetők fel. Ez maga után vonja, hogy van bennük orientációs rend. A röntgendiffrakciós képük éles csúcsokból áll, de mégsem indexelhetők be az ismert 3D tércsoportoknak megfelelően, hanem csak valamilyen magasabb dimenziós periodikus rács segítségével. Így viszont a pontos 3D atomi elrendeződés (amit ilyen anyagoknál atomi dekorációknak szoktak nevezni) sem kapható meg hagyományos diffrakciós mérésekből. Mivel az általunk alkalmazott röntgen holográfia egy kiválasztott atom körüli 3D rendet adja meg, segítségével legalább az adott típusú atom körüli néhány környezet átlaga látható direkt módon. Egy AlPdMn kvázikristályban a Mn körüli atomok hologramját és az abból kapott 3D valós térbeli képet mutatja az (5. ábra) [7].

Végül e szakasz befejezéséeként meg kell említenünk egy tényezőt, amely jelenleg még igencsak leszűkíti a lehetséges alkalmazások területét: megbízható, jó minőségű hologram viszonylag nagy, síkfelületű mintáról készíthető. Ez nem egy elvi, hanem gyakorlati probléma, de jelenleg nem látunk egyszerű utat a megoldására.

A röntgen holográfia alkalmazhatósága

Annak ellenére, hogy még jócskán van teendő a holográfia fejlesztésével kapcsolatban, érdemes néhány szót szólni a lehetséges alkalmazási területekről. A gyakorlat azt mutatja, hogy egy módszer alkalmazási területei akkor jelentkeznek igazán, amikor már viszonylag széles körben kezdik használni. Atomifeltöltésű holografikus méréseket ugyan a világon csak néhány laboratóriumban végeznek, ettől függetlenül a módszer néhány felhasználását már most is megjósolhatjuk. Ilyenek:

- hagyományos diffrakciós mérések kiértékelésénél segítséget nyújthat a fázisok rögzítésére, így meggyorsítva és biztosabbá téve a szerkezet-megoldást;
- alacsony koncentrációban jelenlévő szennyező atomok környezetének vizsgálata;
- félévezetőkben található adalékatomok körüli atomi rend meghatározása;
- biológiai molekulák aktív helyein ülő fématomok környezetének feltérképezése stb.

Ezek a problémák már megoldhatók a jelenleg rendelkezésre álló technikai eszközökkel.

Ha egy kicsit távolabbi jövőbe tekintünk, további érdekes alkalmazásokat láthatunk. Nagyon erős röntgenforrások és gyors detektorok használata, kombinálva gyors számítógépes adatfeldolgozással lehetővé teszi, hogy egy hologramot ms időskálán vegyünk fel, így valós időben követhetjük a lassú atomi mozgásokat. Egy további lehetőség, hogy az atomi fluoreszcencia helyett az atommagokból kibocsátott gammasugárzást használjuk mint „megvilágító” nyalábot. Ez olyan előnyökkel jár, mint kisebb forrásméret és ezáltal jobb térbeli felbontás, érzékenység az anyag belsejében kialakult mágneses és elektromos terekre. Ilyen típusú mérések közül az elsőt már el is végezték [8], de a valódi alkalmazások még hátra vannak.

Reméljük, hogy a fenti rövid áttekintéssel érzékeltettük, hogy a röntgen holográfia belépett az atomi szerkezetet vizsgáló módszerek közé. Azonban az is világos, hogy szélesebb körű felhasználásához még sok technikai és elméleti problémát meg kell oldanunk.

Referenciák

1. D. Gabor: Nature (London) **161** 777-778 (1948).
2. A. Szöke: In Short Wavelength Coherent Radiation: Generation and Applications, ed. by D. T. Attwood and J. Boker: AIP Conference Proceedings No. **147** (American Institute of Physics, New York, N.Y.) 361-367 (1986).
3. M. Tegze and G. Faigel: Nature **380** 49 (1996)
4. G. Faigel, M. Tegze: Reports on Progress in Physics, **62**, (1999), 355-392
5. M. Tegze, G. Faigel, S. Marchesini, M. Belakhovsky, A.I. Chumakov: Phys. Rev.Lett. **82**, (1999), 4847-4851
6. M. Tegze, G. Faigel, S. Marchesini, M. Belakhovsky, O. Ulrich: Nature, **407**, (2000) 38.
7. S. Marchesini, F. Schmithüsen, M. Tegze, G. Faigel, Y. Calvayrac, M. Belakhovsky, J. Chevrier, A. S. Simionovici: Phys. Rev. Lett. **85**, 4723-4727, (2000)
8. P. Korecki, J. Korecki, T. Slezak: Phys. Rev. Lett. **79**, 3518, (1997)

A termoelektromos erő mérés alkalmazása a fémtani folyamatok vizsgálatában

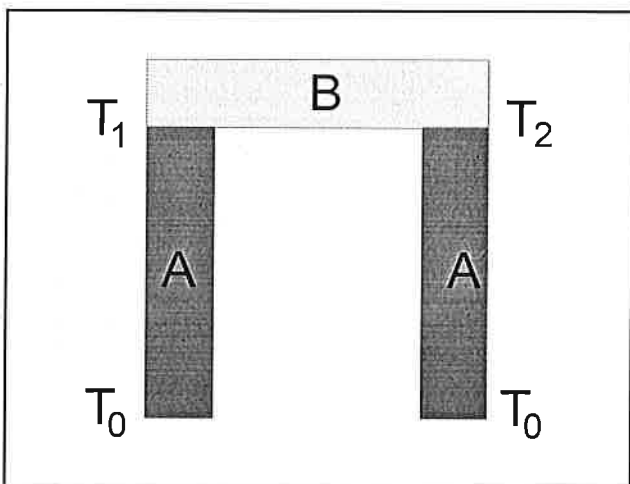
Xavier Kléber¹ – Dobránszky János² – Alain Vincent³

Bevezetés – A termoelektromos erő

A termoelektromosság jelensége jól ismert mindenki által, hiszen eleget arra utalni, hogy az ipari és laboratóriumi hőmérsékletmérő eszközök egyik jelentős csoportja (a termoelemek) működésének ez a jelenség a fizikai alapja. Némi kultúrtörténeti adalékkal is szolgálva, magát a termoelektromos jelenséget három alapjelenség alkotja: az 1826 óta ismert Seebeck-effektus, a Peltier-effektus (1834) és az 1856-ban – a későbbi lord Kelvin által – felfedezett Thomson-effektus.

A Thomson-effektus lényege, hogy az árammal átjárt vezető anyagban – a Joule-hőtől teljesen különállóan – hőelnyelődés illetve hőfelszabadulás megy végbe, ha benne hőmérsékletgradiens alakul ki. A Peltier-effektusnak akkor lehetünk tanúi, ha két, különböző anyagú vezetőt az egyik végeiken összeillesztünk és az ellentétes végeik között potenciálkülönbség alakul ki, illetve villamos áramot vezetve át a közös érintkezési pontjukon, a Joule-hőtől teljesen különálló hőtartalom-változás következik be.

Nagyon röviden és egyszerűen vázolható az említett alapjelenségek közül a jelenlegi téma szempontjából legfontosabb, a Seebeck-effektus is. Ha az 1. ábra szerinti **B** vezető anyagban hőmérsékletgradiens alakul



1. ábra. A Seebeck-effektus vázlata

ki a szintén vezető **A** anyagokkal érintkező, T_1 , illetve T_2 hőmérsékletű csatlakozási pontokon, miközben az **A** anyagok másik végei T_0 hőmérsékletű, közöttük a $T_1 - T_2$ -től függő, $V_2 - V_1$ értékű potenciálkülönbség ébred. S_A -val és S_B -vel jelölve a termoelektromos erőket, a **B** anyag termoelektromos ereje (másképpen: Seebeck-együttható) az **A** anyaghoz viszonyítva, T_2 hőmérsékleten az alábbi formulával írható le:

$$S_{AB} = S_B - S_A = \frac{d(V_1 - V_2)}{d(T_2 - T_1)}$$

A termoelektromos jelenségekről, azok elektronelméleti alapjairól részletes, alapos ismertetés található az *Alkalmazott anyagtudomány* c.

tankönyvben (szerzői: Ginsztler J., Hidasi B., Dévényi L., megjelent a Műegyetemi Kiadónál 2000-ben). Ezeket itt most mellőzve, azt minden esetre jelezni kell, hogy a termoelektromos jelenségek – különös tekintettel a termoelektromos erőre – nem kifejezetten csak az elektronok mozgásvizonyaira függenek össze, de lényeges szerepet játszanak a legelemibb kristályrácshibának tekinthető rácsrezgések, közkeletű nevükön a fononok. Leegyszerűsítve, egy fononfluxus alakul ki a melegebb rácspontból a hidegebb rácspont irányába, és az elektron-fonon kölcsönhatás kihathat az elektronenergiára, módosítja a dinamikus egyensúlyt, s végül egyedileg hozzájárul a potenciálkülönbség létrejöttéhez [1].

Magának a termoelektromos erőnek (jelölése a továbbiakban S^*) tehát két összetevője van: az S_D diffúziós komponens és az S_G rács-komponens, de miután e dolgozat célja egyáltalán nem az elektronelméleti leírás, hanem sokkal inkább az, hogy láthatóvá váljék, milyen kiválóan képes hozzájárulni a termoelektromos erő mérésének módszere a klasszikus mikroszerkezet-vizsgálati módszerekhez, a továbbiakban már ez utóbbiakkal kell foglalkoznunk.

A továbbiakban bemutatott ismeretanyag és kísérleti eredmények túlnyomó része a lyoni műszaki egyetem (INSA de Lyon) Fizikai Metallurgiai és Szilárdtestfizikai Kutatócsoportjának laboratóriumában (GEMPPM = Groupe d'Études de Métallurgie Physique et de Physique des Matériaux) születtek, ahol hosszú évek óta szakmérnök és doktorandusz hallgatóknak, illetve francia és külföldi kutatóknak nyílik lehetőségük a legkorszerűbb mikroszerkezet-vizsgálati módszerekkel kutatni. E módszerek szinte mindegyike megérdemelne egy alapos bemutatást, de itt csak megemlítünk néhányat: nagy felbontású röntgentomográfia, nagyfrekvenciás ultrahangos echográfia, alacsonyfrekvenciás akusztikus mikroszkópia, téremissziós ágyús transzmissziós elektronmikroszkópia (FEG-TEM), akusztikus és mágneses Barkhausen-zaj mérés...

A termoelektromos erő mérése

A termoelektromos erő (franciául pouvoir thermoélectrique, angolul thermoelectric power) mérésére szolgáló berendezés képe a 2. ábrán látható. A külsőre egyszerű, aktatáska méretű készülék 220 V – 50 Hz hálózati feszültségről üzemel, tömege alig több 10 kg-nál. A mérési környezetben nagyon gondosan szabályozott körülmények kívánatosak: a hőmérsékletet és a páratartalmat szabályozó légkondicionálás magától értendő. A T környezeti mérési hőmérséklet és a mérési pontok közötti dT hőmérsékletkülönbség 5-20 °C között változtatható 0,1 °C-os pontossággal. Leginkább a $T=20^\circ\text{C}$, $dT=10^\circ\text{C}$ paraméterekkel végzett mérés a jellemző.

A jó hővezető referencia anyagból (réz, alumínium, speciális esetben vas) készült két mérőblokk egyike elektromosan fűthető, a másik jól szabályozhatóan cirkuláltatott vízzel hűthető. Mind a meleg, mind a hideg mérőblokkba, a próbatest felfekvési vonalába platina hőelem van beágyazva, s mindezeknek köszönhetően a mérési hőmérsékletek gyorsan és pontosan szabályozhatók.

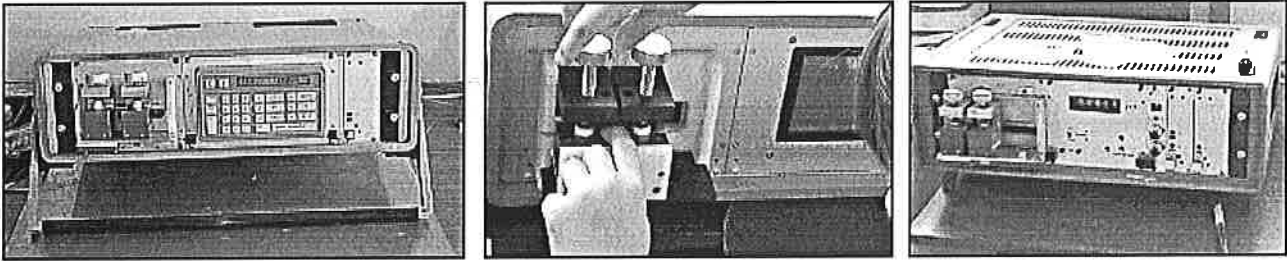
A méréshez vékony (d vagy $s \leq 0,8$ mm) huzal-, illetve lemezpróbatesteket kell készíteni, a felületüket gondosan meg kell tisztítani, a kis felületi érdességet a közepesen finom (pl. 1200-as) csiszolópapírral könnyen el lehet érni. A mérés úgy történik, hogy a próbatestet az egy mástól 70 mm-re elhelyezett mérőblokkra szorítjuk egy-egy szigetelőben végződő csavar segítségével. A tapasztalatok alapján, kb. 1 perc elteltével kellőképpen stabilizálódik a próbatestben a hőmérsékletgradiens, ekkor leolvasható a termoelektromos erő értéke.

A mérési pontosság a régebbi készülékekben kb. 2 nV/K, az új, továbbfejlesztett berendezésekben kisebb 1 nV/K értéknél. A 3. ábrán látható a

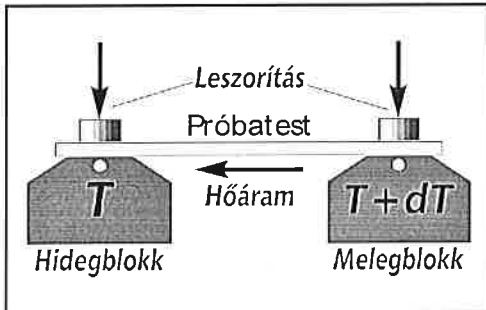
1 egyetemi docens, INSA de Lyon, Groupe d'Études de Métallurgie Physique et de Physique des Matériaux, Lyon, Franciaország

2 tudományos munkatárs, MTA – BME Fémtechnológiai Tanszéki Kutatócsoport, Budapest

3 egyetemi tanár, INSA de Lyon, GEMPPM, Lyon, Franciaország



2. ábra. Termoelektromos erő mérésére szolgáló eszközök



3. ábra. A próbatest rögzítése a vizsgálófejek

mérőblokkokra rögzített próbatest vázlata és fényképe. A próbatest alakja nem befolyásolja a termoelektromos erő mérés eredményét – miként, pl. a fajlagos ellenállást sem. Ám mivel a legfőbb hibát a dT hőmérséklet mérése okozhatja, aminek nehézsége az érintkezési helyhez közel, a mérőblokk és a próbatest között kialakuló hőmérsékletgradiens következménye, ajánlatos az ún. F/λ -viszonyt csökkenteni (F a próbatestben kialakuló hőáram, λ pedig a referencia anyag hővezető képessége), ami leginkább a próbatest vastagságának a csökkentésével érhető el [2].

Maga a mérés kivitelezése – a réz-konstantán huzallal előzetesen kalibrált műszerrel – rendkívül egyszerű. Elég megnyomni egyetlen gombot, az újabb modelleken megérinteni a kijelzőt, és néhány másodperc múlva, hangjelzés is figyelmeztet, leolvasni a termoelektromos erő értékét. A mérés egyszerű és gyors elvégezhetősége miatt célszerű a próbatest egy állapotát négy, megismételt befogást követően mért érték átlagával jellemzi.

A termoelektromos erő mérés alkalmazása

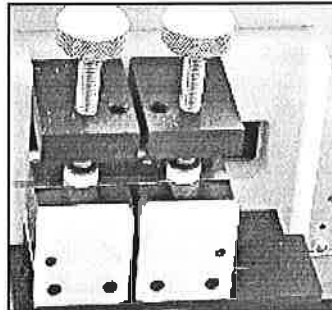
A mikroszerkezet hatása a termoelektromos erőre

Az oldhatóság hatása kis ötvöztartalmú szilárd oldatokban

A szilárd oldatokban oldott atomok, fajtájuktól és a koncentrációjuktól függően egyfelől módosíthatják az S_D diffúziós komponens értékét, másfelől pedig az elektronok diffúziós centrumainak eloszlását. A vasra és más átmeneti fémekre nézve ugyan lehetetlen pontosan elválasztani a termoelektromos erő diffúziós komponensét, az viszont igazolódott, hogy pl. a szerkezeti acélokban, ahol a ferrit oldott C-tartalma nem haladja meg a 0,02 tömeg%-ot, a termoelektromos erő lineáris összefüggést mutat a fajlagos ellenállás reciprokával [2]. Az oldott atomok okozta termoelektromos erő változást az abszolút termoelektromos erőhöz viszonyíthatjuk, amely utóbbinak néhány színtémre jellemző értékét az 1. táblázat tartalmazza [2].

1. táblázat. Egyes elemek abszolút termoelektromos ereje [mV/K]

Hőmérséklet	0 °C	20 °C
Ólom (99,999)	-1,00	-1,04
Réz (99,99)	1,79	1,91
Arany (99,999)	1,94	2,04
Platina	-4,04	-4,70
Alumínium (99,999)	-1,41	-1,40
Vas (99,999)	16,5	15,8



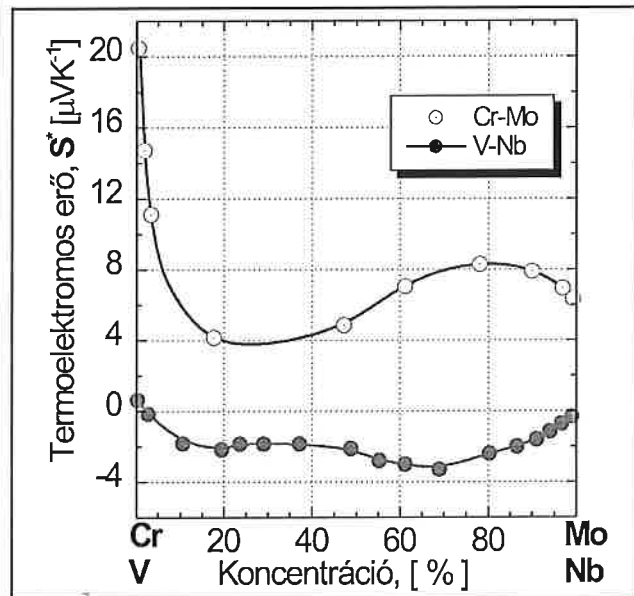
Az oldhatóság hatása nagy ötvöztartalmú szilárd oldatokban

Noha viszonylag kevésbé vizsgált területről van szó, szemléletes példákat lehet találni arra nézve, hogy milyen jelentősen változik a termoelektromos erő értéke a kétalkotós ötvözetek koncentrációjával. A 4. ábra a Cr-Mo és a V-Nb rendszerben mutatja a termoelektromos erő változását az összetétel függvényében. [19]

A kiválások hatása

A kiválásoknak a termoelektromos erőre gyakorolt hatásáról szóló első közleményt 1948-ban közölte Crussard és Aubertin, de az-

óta sem született általános leírás. Mindazonáltal megfogalmazták, hogy a kiválások hatása a termoelektromos erőre csak akkor elhanyagolható, ha a térfogathányaduk csekély, alakjuk masszív, és nem okoznak lényeges rácsztorzulást.



4. ábra. Kétalkotós ötvözetek termoelektromos erejének változása a koncentráció függvényében

A diszlokációk hatása

A hidegalakítás okozta diszlokációsűrűség-növekedés ugyanolyan hatású a termoelektromos erőre, mint az ötvöző a szilárd oldatban: mérsékelten módosítja a diffúziós komponensét, csökkenti a rácskomponensét [2].

Nyomottvízes reaktorok primerköri duplex acélöntvényeiben lezajló

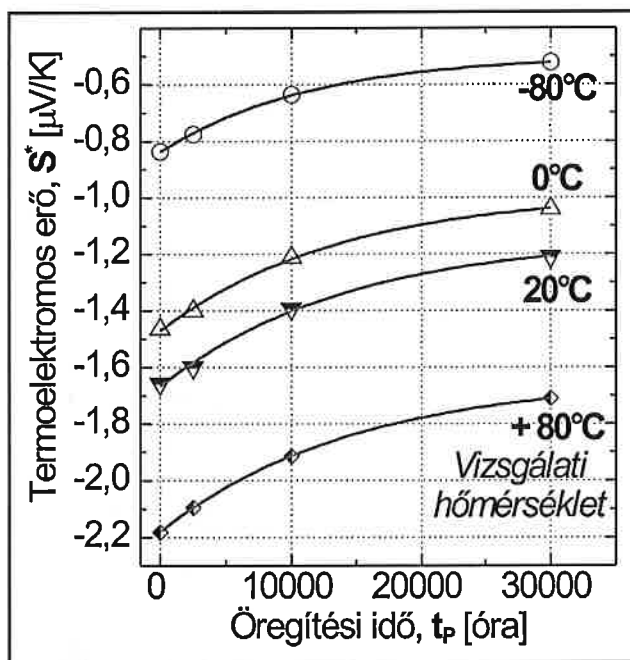
termikus öregedési és elridegedési folyamatok ellenőrzése

A 2. táblázat határértékeinek megfelelő kémiai összetételű, különböző típusú, duplex rozsdamentes acélokból készültek az atomerőművek primerköri vezetékeinek 1000 mm átmérőjű, $s_{max}=140$ mm falvastagságú, öntött patentívei. Maguk az ívek és a velük együtt készült, 100-150-300 mm-es öntvényminták is, 400 °C hőmérsékleten 30 000 óras öregítésnek voltak kitéve.

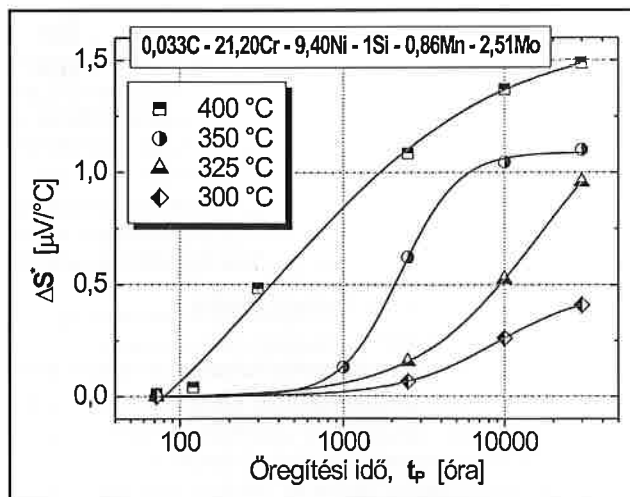
2. táblázat

C	0,033 – 0,039 %
Cr	19,15 – 21,20 %
Ni	9,29 – 10,00 %
Si	1,01 – 1,22 %
Mn	0,60 – 0,86 %
Mo	2,43 – 2,56 %
FN (ferritszám)	15 – 30

A termoelektromos erő méréseket különböző ideig, különböző hőmérsékleten öregített mintákon és különböző vizsgálati hőmérsékleteken végezték el. A vizsgálati hőmérséklet növekedésével közel lineárisan csökken az azonos öregítési hőmérsékletű minták termoelektromos erő értéke minden egyes öregítési időre nézve. Az 5. ábrán látható, hogy a $T_p = 400^\circ\text{C}$ -on különböző ideig öregített minták termoelektromos ereje miként növekszik az öregítési idővel, és hogyan csökken a mérési hőmérséklettel. A termikus öregedési folyamat számos részfolyamatból tevődik össze, amelyek elsősorban a duplex szövét



5. ábra. Duplex acél $T_p=400^\circ\text{C}$ -os öregítését befolyásoló tényezők hatása



6. ábra. Az öregítési hőmérséklet változásának hatása a duplex acél öregedési folyamatának sebességére

ferrites fázisát érintik: a ferrit spinodális illetve eutektoidos bomlása, és ezek eredményeképpen intremetallikus vegyületek képződése. Mindezek termikusan aktivált folyamatok, ahogyan ez a 6. ábrán is jól megfigyelhető, amely a különböző hőmérsékleteken lezajlott öregítések nyomán mérhető termoelektromos erő változást mutatja. A folyamatok az időben Avrami-típusú szigmoid görbék szerint haladnak, melyek általános alakja:

$$\Delta PTE = 1 - \exp(-k \cdot t^n)$$

A vizsgálati adatokból kitűnik, hogy a termoelektromos erő mérése érzékenyen követi a ferrit bomlási folyamatait, különösen érzékeny a G-fázis evolúciójára, emellett szoros korrelációba hozható a mikroanalitikai mérésekkel és a Charpy-féle ütőpróbatesteken végzett elrepedései vizsgálatokkal [3], [4].

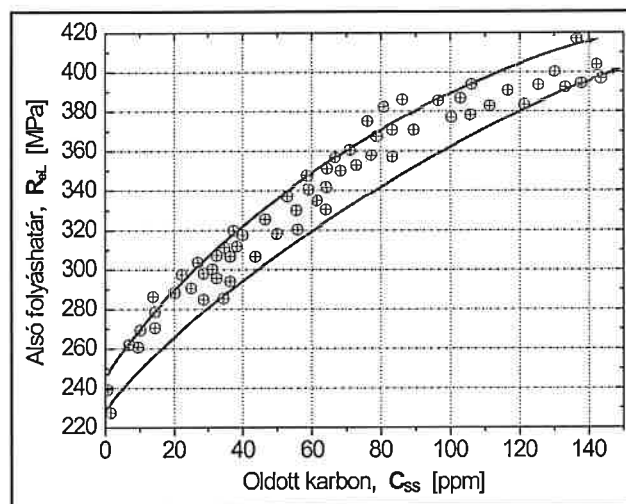
A BH-acélok gyorslágyítását befolyásoló tényezők vizsgálata

A BH-acélok (teljes nevükön: *Bake Hardening Steels*, vagyis a lakkbeégetésre keményedő acélok) az autógyártás súlycsökkentési és passzív biztonságnövelési irányzatával jelentek meg kb. 20 évvel ezelőtt. A belőlük készült 0,7–0,8 mm vastag karosszérialemezekben a kb. negyedórás lakkbeégetés $170\text{--}200^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletén 40–60 MPa folyáshatár-növekedés érhető el, amit számos, itt nem részletezhető fémtani körülmény befolyásol. A legfontosabbnak ezek közül az oldott karbontartalom nevezhető. A tapasztalatok szerint, kb. 40 MPa BH-effektus eléréséhez 10 ppm oldott karbon szükséges a ferritben, amelynek egyensúlyi C-tartalma szobahőmérsékleten 1 ppm alatti.

A termoelektromos erő mérésével nagy pontossággal meghatározható a szilárd oldat C_{SS} karbon tartalma, ugyanis az említett anyagra vonatkozóan elvégzett vizsgálatokból az fogalmazódott meg, hogy a mért jellemző, a ΔS_{SS} változása és a C_i oldott ötvözőtartalom közel lineáris kapcsolatban állnak, azaz

$$\Delta S_{SS} = \sum k_i \cdot C_i \text{ és a karbonra a } k_C \text{ értéke: } k_C \cong 0,0045 \frac{\mu\text{V}}{\text{K} \cdot \text{ppm}}$$

A kísérleti eredmények alapján a 7. ábra illusztrálja a BH-keményedési folyamatra jellemző folyáshatár-növekedést a szilárd oldatnak a termoelektromos erő mérésekből meghatározott C_{SS} karbon tartalmától függően [4].



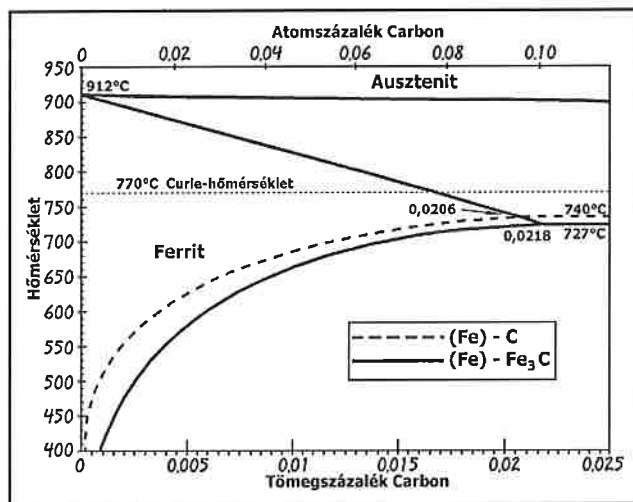
7. ábra. A BH-acélok szilárdságának növekedése a szilárd oldat karbon tartalmától függően

Tercier cementit kiválásának vizsgálata kis széntartalmú, ötvözetlen acélban

Kísérleti programot dolgoztunk ki az NF-A35 szabványnak megfelelő, XC10 jelű ötvözetlen szerkezeti acél mikroszerkezeti változásainak vizsgálatára és modellezésére. A vizsgálatok egyrészt a mágneses tulajdonságok mérésére irányultak, nevezetesen a mágneses és a magneto-mechanikus Barkhausen-zaj mérésére, melyekkel párhuzamosan termoelektromos erő méréseket, illetve transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatokat is beiktattunk a vizsgálati programba.

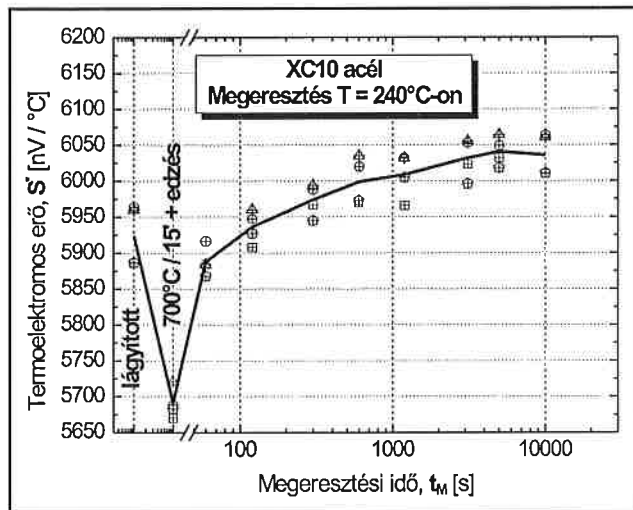
A termoelektromos erő méréséhez 110-5-1,0 mm-es próbatesteket készítettünk, amelyeket a forgácsolást és vágótárcsás darabolást követően sikköszörüléssel munkáltunk készre. A kísérletek kiindulási állapotának elérésére teljes lágyítást hajtottunk végre, mely 930°C-os ausztenítésből és kemencében való lehűtésből állt. A felületi dekarbonizáció minimalizálása érdekében a hőkezelést vákuumkemencében végeztük, s az így kialakult állapotot a továbbiakban lágyított állapotnak nevezzük.

A továbbiakban olyan állapot elérése volt a célunk, amelyre a szilárd oldat (a ferrit) karbonban való minél nagyobb mértékű túltelítettsége a jellemző, és amely állapotot fázisátalakulás nélkül érhetjük el. Nyilvánvaló, hogy az $\alpha \rightarrow \gamma$ fázisátalakulás elkerülése az A_1 -nél nagyobb hőmérsékletre hevítést nem tesz lehetővé, ugyanakkor nagyon közel kell ehhez a hőmérséklethez kerülni, hiszen a Fe-C állapotábra tercier cementit kiválási vonala a ferrit C-oldóképességének nagyon gyors csökkenését mutatja (8. ábra). Végül 700°C-on 20 percen át végeztük a „telítő” izzítást sófürdős kemencében. A sófürdőből kivett próbatesteket vízben edzettük, majd mélyhűtőbe helyeztük, konzerválódó az említett módon létrehozott túltelített szilárd oldatot.



8. ábra. Az Fe-C állapotábra részlete

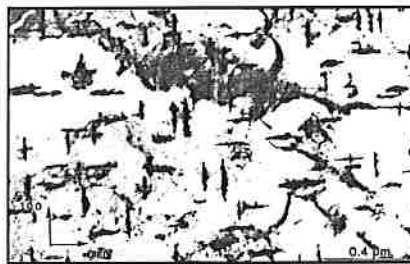
Az edzéssel létrejött túltelített szilárd oldatban $T_M=240^\circ\text{C}$ -on különböző idejű megeresztéseket végeztünk, s minden megeresztést követően megmértük ugyanannak a próbatestnek a termoelektromos erejét. A mérési eredményeket a 9. ábra tartalmazza. A próbatest forgatásával négy különféle mérési pozícióba hozható a próbatest, ezeket rendre megmérve tehát egy megeresztési időhöz négy mérési pont tartozik. Végeredményben ezek átlagát célszerű figyelemmel kísérni. Jól



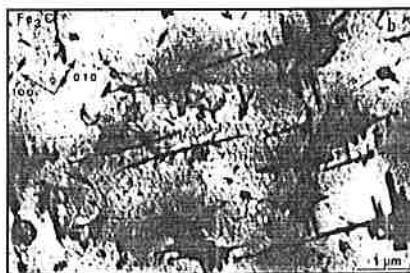
9. ábra. Ötvöztelen acél 240°C-os megeresztésének hatása a termoelektromos erőre

látható a 9. ábrán, hogy az egyensúlyi, lágyított állapothoz képest számottevően lecsökken a termoelektromos erő értéke, ami viszont már egészen rövid idejű (1 perc) megeresztés után is dinamikus növekedésbe vált át, ami lassuló ütemben tovább folytatódik a megeresztési idő növekedésével, s végül, a növekedés gyakorlatilag leáll.

Az ábrán látható jelenség természetesen szorosan összefügg



10. ábra. ϵ -karbidok kiválása túltelített ferritből az (100) síkok mentén



11. ábra. Fe_3C kiválások az (110) síkok mentén

az intrakristallin karbidszerkezet változásával, hasonlóan ahhoz, ami a martenzit megeresztésekor is észlelhető. Az első szakaszban a ferrit rácsában főleg mennyiségben lévő karbon ϵ -karbidokat formál, melyek a transzmissziós elektronmikroszkópi mérések tanúsága szerint az (100) síkokkal párhuzamos lemezeket alkotnak. A második szakaszban alakulnak ki a tercier cementit (Fe_3C) lemezekéi, amelyekre viszont inkább jellemző az (110) síkokkal való párhuzamosság (10-11. ábra) [5].

Összegzés

Bemutattuk a termoelektromos erő mérésén alapuló vizsgálati módszer néhány jellegzetes alkalmazását olyan kutatási feladatok megoldásában, amelyek mindegyike a mikroszerkezet finom változásaiból kiinduló jelentős anyagtulajdonság-változással járt együtt. Mindez ékesen bizonyítja azt, hogy az anyagvizsgálatnak a mikroszerkezeti folyamatokra koncentrálni kell, hiszen milyen komoly szerepe lehet ennek a korszerű módszereknek. Bizunk benne, hogy a bemutatott példák számos magyarországi szakember érdeklődését felkeltik, és mindez a módszer szélesebb elterjedéséhez és ezáltal az anyagtulajdonságok alaposabb megismeréséhez vezet.

Az itt ismertetett kutatási tapasztalatok mindegyike Franciaországban, az INSA de Lyon kutatói és a Techlab, ill. a Techmetal cégek által kidolgozott berendezések és mérés technika alkalmazásával született meg. A mérőeszközt a Techlab jelenleg is gyártja és forgalmazza. Természetesen létezik számos más mérőeszköz és annak megfelelő mérés technika is, amelyek mindegyike a Seebeck-effektuson alapul, és a termoelektromos erő alapján ad valamilyen információt az anyag bizonyos tulajdonságaira vonatkozóan. Ezekről már olvashattak az Anyagvizsgálók Lapja olvasói, amikor a termoelektromos mérés érdekes alkalmazásait – szövetszerkezet-vizsgálat, felületi rétegvastagság mérés, mikrokeménységgel való összefüggés – mutatta be dolgozatában Kajdi Gyula [6].

Felhasznált szakirodalom

- [1] R. Borrelly, J. L. Bouvier-Volaille: Appareil de mesure de pouvoir thermoélectrique, 1990
- [2] J.-M. Leborgne: Appareil de mesure locale du PTE et l'application au contrôle du vieillissement thermique des aciers inoxydables austénoferritiques moulés des réacteurs à eau pressurisée, doktori értekezés, 1996, INSA de Lyon
- [3] J.P. Massoud, O. Grisol, R. Borrelly, J.M. Leborgne: Evaluation of thermal ageing of cast duplex stainless steel by thermoelectrical measurement, Proc. 10. Int. Conf. on Degradation Processes and their Nondestructive Testing, St. Étienne, Nov. 1995.
- [4] M. Soler: Étude du vieillissement d'un acier à bake hardening, doktori értekezés, 1998, INSA de Lyon
- [5] Ali Brahmî: Étude de la précipitation des carbures de fer en présence du Mn et du AlN dans les aciers extra-doux par mesure du PTE, doktori értekezés, 1993, INSA de Lyon
- [6] Kajdi Gy.: Anyagvizsgálat hőelektromossággal, Anyagvizsgálók Lapja, 1993/2.

A K_{Ic} meghatározása kis próbatestekkel: egy új amerikai szabvány ismertetése

Czoboly Ernő – Gillemot Ferenc

Előzmények

A reaktortartályok biztonsága, a tervezett élettartamok ellenőrzése szükségessé teszi a tartályanyagok törési szívósságának napra kész ismeretét, azaz a törési szívósság változásának figyelését a sugárzás okozta károsodás függvényében. E cél érdekében a reaktorokban próbatest láncokat helyeznek el, amelyek időszakos vizsgálatával meghatározható a sugárzás okozta elrögzedés mértéke.

A probléma abból adódik, hogy a reaktorban a rendelkezésre álló hely korlátozott és ezért, valamint egyéb okok miatt is a próbatestek mérete kicsi kell, hogy legyen. Szokásosak a Charpy-méretű (10x10x55 mm) darabok. A K_{Ic} meghatározásához azonban a vonatkozó szabványok szerint az anyagok szívósságának megfelelő – a reaktoracélok esetében nagyméretű – próbatestekre volna szükség. Az eddigi gyakorlat szerint [1] ezt a nehézséget úgy hidalják át, hogy különböző, de nem besugárzott reaktoranyagokon végzett mérésekkel meghatározzák a törési szívósságot a hőmérséklet függvényében ($K_{Ic}(T)$ görbe), majd a méréspontok statisztikus szórását figyelembe véve a 95%-os biztonsághoz (5% törési valószínűséghez) tartozó görbét tekintik mérhetőnek. A hőmérséklet függvényében Charpy-vizsgálatokat végeznek és kijelölnek egy kritikus hőmérsékletet, amely valamilyen célszerűen (de önkényesen) választott energiaszinthez tartozik. A besugárzott próbatesteken azonos módon végeznek ütőmunka méréseket és meghatározzák az ehhez az energiaszinthez tartozó kritikus hőmérséklet eltolódását, ΔT -t. Feltételezik, hogy a $K_{Ic}(T)$ görbe azonos módon tolik el a magasabb hőmérsékletek felé.

Ez az eljárás több kifogásolható elhanyagolást tartalmaz. Így például nem biztos, hogy a törési szívósság teljesen azonos mértékben tolik el a hőmérséklet függvényében, mint a Charpy-ütőmunka. Ezért a számításoknál nagyon konzervatívan járnak el és a pesszimista számítások miatt az atomerőművek élettartamát feleslegesen rövidre korlátozzák. Ez ösztönözte az ASTM E-8 Fáradás és Törés Bizottságot 1997-ben egy módosított eljárás kidolgozására, amit az ASTM E 1921-97 jelű szabványban [2] tettek közzé. A szabvány erősen támaszkodott K. Wallin finn kutató munkásságára [3-5]. A szabványt a felhasználók tapasztalatai alapján több ízben kismértékben módosították, utoljára 2000-ben, de ezek a módosítások a lényegét nem érintették. Az ajánlott módszer minden esetben a *kérdéses anyagon végzett törésmechanikai mérésekre* alapoz, ezért kerül a túlzott konzervatizmust, ugyanakkor biztonságosabb, mint elődje.

Eljárás az ASTM E 1921-97 szerint

A szabvány kidolgozását igen sok kísérleti munka előzte meg. Ezekről szóló beszámolókat a szabványhoz mellékelt lista szakcikkei tartalmazták. Azokat a feltételezéseket, amelyeket az egyszerűbb kivitelezhetőség érdekében tesznek, és amelyek sok esetben önkényesnek tűnhetnek, a kísérleti eredmények támasztják alá.

A szabvány meglehetősen részletes és emiatt elég hosszú. Ezért itt csak a fontosabb jellegzetességeire térhetünk ki. Az Atomenergiakutató Intézetben azonban a magyar fordítás is rendelkezésre áll és ezt az érdeklődők megtekinthetik.

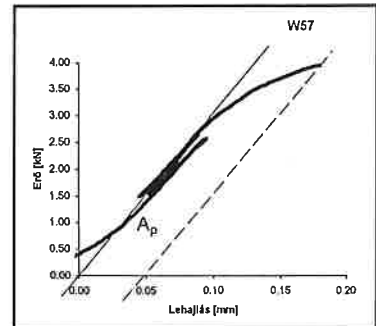
Lényeges vonása az itt ajánlott eljárásnak, amiben legalább formailag hasonlít a korábbi módszerhez, hogy itt is szerepel egy összefüggés a törési szívósság és a hőmérséklet között és ezt a görbét kell a kérdéses anyagra vonatkozó méréseknek megfelelően a hőmérséklet tengely mentén jobbra-balra tologatni. Fontos különbség azonban, hogy míg a korábbi eljárásnál ez a „tologatás” a Charpy-vizsgálat eredményei szerint történt, addig itt most valóban *törési szívósságot* mérnek.

A legrégebbi eljárásnál a legrosszabb eredményekhez igazodó burkoló görbét vették alapul, később azonban már itt is figyelembe vették a

mérendő anyag eredményeinek szórását (5% törési valószínűség). Ezt az itt ajánlott eljárásnál is megtartották. Az ún. *mestergörbe* ugyanis az adatokból számított *medián* értékeket (ez az érték tartozik az 50%-os törési valószínűséghez) foglalja össze, míg a számításokhoz egy ebből származtatott, tetszőlegesen alacsony törési valószínűséghez (általában 5%) tartozó görbét használnak. Fontos megemlíteni továbbá, hogy az új eljárásnál a próbatestek méretét is figyelembe veszik az eredmények értékelésénél, mégpedig a matematikai statisztikában használatos *leggyengébb tag* elve alapján.

A vizsgálat menete

A szabvány szerinti vizsgálatot a következőképpen kell elvégezni: Mindenek előtt ellenőrizni kell, hogy a vizsgálandó anyag megfelel-e az előírásoknak, a szabvány ugyanis csak a meghatározott szilárdsági csoportba tartozó ferrit-perlit acélokra vonatkozik. A mérésekhez törésmechanikai (bemetszett és befárasztott hajlító, vagy kompakt húzó) próbatesteket kell készíteni, de ezek mérete lehet kisebb, mint a szokásos, azaz a törésmechanikai szabványokban előírt. A darabokat olyan hőmérsékleten kell vizsgálni, hogy azok ridegen törjenek ugyan, de egy kevés képlékeny alakváltozás után, vagyis a mérés a képlékeny-rideg tartományban történjen. Ez a szokásos reaktoranyagoknál a besugárzás előtti állapotban $-50 \div -90$ °C hőmérsékletet is jelenthet. A vizsgálati hőmérséklet kiválasztásához korábbi tapasztalatok, vagy a hőmérséklet függvényében végzett Charpy-mérések adhatnak útmutatást. Az erőt és a próbatest alakváltozását megfelelő műszerezettséggel mérni és regisztrálni kell. Egy ilyen regisztrátumot mutat az 1. ábra. A méréskor felvett terhelési görbe alapján először a J-integrált kell számítani, majd ebből adódik a K_{Ic} . A J-integrál a rugalmas és a képlékeny komponensek összege:



1. ábra. Egy varratfémről kivágott, 10x10x55 mm méretű hajlító próbatest erő-lehajlás görbéje. Repedés mélysége kb. 5 mm, vizsgálati hőmérséklet -65 °C. Az előírás szerint a próbatestet többször fel-le kell terhelni.

$$J_c = J_e + J_p \quad [\text{N/mm}] \quad (1)$$

A számításokhoz használt képleteket egy oldalbemetszett, hajlító próbatest esetére adjuk meg. Más alakú, vagy oldalbemetszés nélküli próbatesteknél a képletek kissé módosulnak, de a lényeg nem változik. A rugalmas komponenset a következőképpen számítjuk:

$$J_e = (K_e)^2/E \quad [\text{N/mm}] \quad (2)$$

ahol

$$K_e = [P/(BB_N W^{1/2})] f(a_0/W) \quad [\text{N/mm}^{3/2}]$$

$$f(a_0/W) = (2 + a_0/W) \{0.886 + 4.64(a_0/W) - 13.32(a_0/W)^2 + 14.72(a_0/W)^3 - 5.6(a_0/W)^4\} / (1 - a_0/W)^{3/2}$$

a_0 = kezdeti repedés mérete [mm]

P = a törésnél mért erő [N]

B = a próbatest teljes vastagsága [mm]

B_N = az oldalbemetszések közötti távolság [mm]

W = a próbatest szélessége [mm]

A J-integrál képlékeny komponense:

$$J_p = \frac{\eta A_p}{B_N(W - a_0)} \quad [\text{N/mm}] \quad (3)$$

ahol

η = a próbatesttől függő tényező, esetünkben 2

A_p = a terhelési görbe alatti terület képlékeny része (lásd az 1. ábrát) [N.mm]

* Atomenergiakutató Intézet, KFKI, MTA, Budapest, 1121 Konkoly-Thege út 29-33.

A J-integrál ismeretében számítható a K_{Jc} :

$$K_{Jc} = (J_c E / 1000)^{1/2} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (4)$$

ahol

E = rugalmassági modulus [N/mm²]

A továbbiakban meg kell vizsgálni, hogy az eredmény „érvényes”-e vagy sem, azaz sikerült-e a vizsgálati hőmérséklettel a kellő intervallumot eltalálni. Ez az anyag folyáshatára és a darab mérete alapján döntendő el. Követelmény, hogy

$$K_{Jc} \leq K_{Jc(\text{limit})} \equiv \left[\frac{E(W - a_0)R_{p0.2}}{30} \right]^{1/2} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (5)$$

ahol

$R_{p0.2}$ = az egyezményes folyáshatár [N/mm²]

A statisztikus kiértékeléshez általában hat, esetenként egy-két darabban több érvényes mérésre van szükség. Azonban azokat az eredményeket, amelyek kívül esnek az érvényességi határon, sem lehet elfelejteni, hanem megfelelően módosított formában a kiértékeléshez fel kell használni. Így a teljes adathalmazból kell a statisztikus jellemzőket, elsősorban a K_{Jc} értékek mediánját, $K_{Jc(\text{med})}$ -t kiszámítani. Az említett ellenőrző mérések alapján ugyanis azt állapították meg, hogy az adatok Weibull-eloszlást követnek. A számítását két lépésben végezzük. Először a K_o értéket határozzuk meg, ahol a törési valószínűség 63,2%, majd ebből számítjuk át a $K_{Jc(\text{med})}$ -t. A törési valószínűsége vonatkozó Weibull-eloszlást a következő összefüggés írja le:

$$p_f = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{K_{Jc} - K_{\min}}{K_o - K_{\min}}\right]^b\right\} \quad (6)$$

Az is bebizonyosodott, hogy az érintett acéloknál a három Weibull-paraméter közül kettőnek az értékét fel lehet venni és csak a harmadik paraméter kell a mérési eredményekből számítani. Így $K_{\min} = 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ és $b = 4$. A K_o kiszámítása előtt azonban célszerű a mérési eredményeket átszámítani 1T, azaz 25,4 mm vastagságú próbatestekre, hiszen a próbatestek méretével változik annak valószínűsége, hogy egy törést okozó hiba éppen előfordul-e a vizsgált darabban. Ez a következő képletel lehetséges:

$$K_{Jc(1T)} = K_{\min} + (K_{Jc} - K_{\min}) (B / 25,4)^{1/4} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (7)$$

Most már számítható a K_o attól függően, hogy az adathalmaz csak érvényes méréseket tartalmaz-e, vagy sem. Az előbbi esetben a

$$K_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (K_{Jc(i)} - K_{\min})^4}{N} \right]^{1/4} + K_{\min} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (8)$$

képlet használható, ahol

N = a vizsgált próbatestek száma

Amennyiben az adathalmazban érvénytelen mérések is vannak, akkor az eljárás a következő: Az érvénytelen mérések helyett (ahol tehát a mért K_{Jc} nagyobb, mint a $K_{Jc(\text{limit})}$) a $K_{Jc(\text{limit})}$ -t helyettesítjük be. A (8) képlet pedig az alábbiak szerint módosul:

$$K_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (K_{Jc(i)} - K_{\min})^4}{r} \right]^{1/4} + K_{\min} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (9)$$

ahol

r = az érvényes adatok száma

A K_o -ból a $K_{Jc(\text{med})}$ -t a következőképpen kapjuk:

$$K_{Jc(\text{med})} = K_{\min} + (K_o - K_{\min}) [\ln(2)]^{1/4} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (10)$$

Ilyen módon megkaptuk a $K_{Jc(\text{med})}(T)$ görbe, azaz a mestergörbe egyetlen pontját, vagyis a $K_{Jc(\text{med})}$ értékét a vizsgálati hőmérsékleten. A teljes görbét a

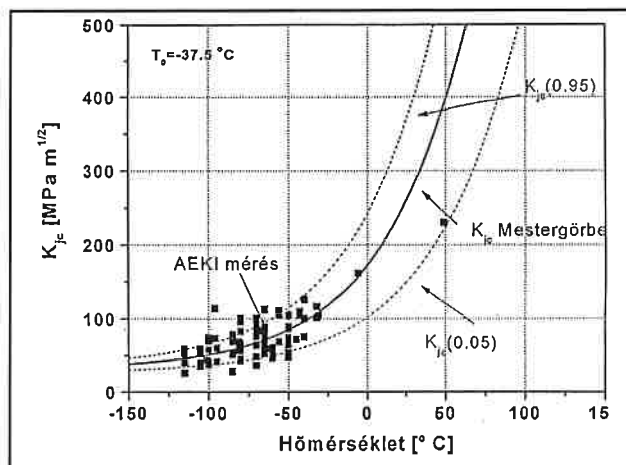
$$K_{Jc(\text{med})} = 30 + 70 \exp[0.019(T - T_o)] \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (11)$$

képlet írja le. Itt a T_o az ún. referencia hőmérsékletet jelenti. Ez az a hőmérséklet ahol a $K_{Jc(\text{med})}$ értéke = 100 [MPa·m^{1/2}]. Mivel a mestergörbe egy pontját már meghatároztuk, a (11) egyenletben csak a T_o az ismeretlen. Ezért az egyenlet átrendezésével ezt fejezzük ki és ezt számoljuk:

$$T_o = T - \frac{1}{0.019} \ln \left[\frac{K_{Jc(\text{med})} - 30}{70} \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad (12)$$

Természetesen, mivel a mester görbét matematikai statisztikával határoztuk meg, számíthatjuk bármely törési valószínűséghez tartozó K_{Jc} értékeket is a hőmérséklet függvényében. Szokásos az 5 és a 95%-hoz tartozó értékek megadása. Ezt a 2. ábrán szaggatott vonalakkal jelezzük.

A szabvány lehetővé teszi olyan mérések kiértékelését is, amelyeket különböző hőmérsékleteken végeztek. Ilyenkor a kiértékelés kissé bonyolultabb, a T_o meghatározása iterációval történik. Általánosságban



2. ábra. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által szervezett közös vizsgálatban résztvevő laboratóriumok összesített eredményei a varratfém mestergörbéjére. A T_o hőmérsékleten (-37,5 °C) a $K_{Jc} = 100 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

igaz, hogy nem szerencsés, ha a vizsgálati hőmérséklet túlságosan eltér a T_o -tól. Ez a követelmény az eltérő hőmérsékleten végzett mérések esetére is igaz. Célszerű, ha a felhasznált mérések vizsgálati hőmérséklete $T_o - 14^\circ\text{C}$ és $T_o + 50^\circ\text{C}$ között marad.

Az Atomenergiakutató Intézetben különféle reaktoracél vizsgáltunk besugárzott és eredeti állapotban. Az egyik acélfajta egy közös vizsgálatok céljára készített, viszonylag sok kén- és rézszennyezőt tartalmazó és ezért sugárkárosodásra érzékeny A533B típusú acél volt (jele: JRQ), a másik egy mai minőségű, A533B típusú acélnak felelt meg (jele: JFL), a harmadik a Paksi Atomerőműben is használatos 15H2MFA jelű orosz acél és végül a negyedik, a VVER-440 reaktorok tartályainál alkalmazott hegesztési technológiával készült, de több szennyezőt tartalmazó varrat anyaga volt (jele: W). A referencia hőmérsékletre vonatkozó eredményeket a táblázat foglalja össze:

Anyag	Allapot	$T_{\text{vizsgálat}} [^\circ\text{C}]$	$T_o [^\circ\text{C}]$
JRQ (23.sz. lömb)	Eredeti	-70	-62,8
JRQ (23.sz. lömb)	Eredeti	-65	-68,4
JRQ (31.sz. lömb)	Eredeti	-70	-52,7
JRQ (31.sz. lömb, 10x20x90 mm pr.test)	Eredeti	-50	-64,7
JRQ (23.sz. lömb)	Besugárzás: $3,5 \cdot 10^{19} \text{ n/cm}^2$	21	53,2
JFL (10x20x90 mm pr.test)	Eredeti	-90	-109,4
15H2MFA	Eredeti	-105	-96,4
Varrat, W	Eredeti	-65	-44,1
Varrat, W	Besugárzás: $3,5 \cdot 10^{19} \text{ n/cm}^2$	39	33,1
Varrat, W	Besugárzás után hőkezelve: 470°C/ 100 óra	-50	-48,5
Varrat, W	Hőkezelés után újra besugárrozva, $3,5 \cdot 10^{19} \text{ n/cm}^2$	34-48	59,6

Az eredmények, valamint azok összehasonlítása az azonos anyagokon végzett külföldi mérések adataival azt bizonyítják, hogy ez a módszer jól beválik, az eredmények jól reprodukálhatók és érzékenyen reagálnak az anyagok tulajdonságaiban beálló változásokra. Ennek ellenére a szabványt ma még csak inkább egy ajánlásnak kell tekinteni, a hatósági előírások még nem vették át annak használatát és a szakirodalomban is tovább folyik még a vita, amennyiben további ajánlások jelennek meg [6-7].

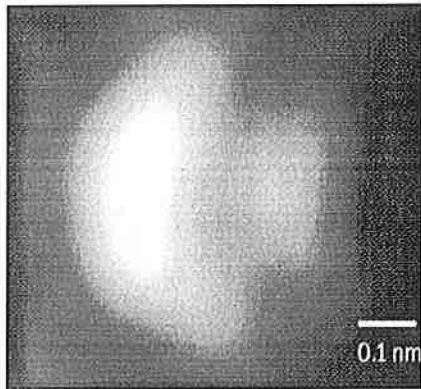
Irodalom

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX. New York, American Society of Mechanical Engineers, 1968.
- ASTM E1921-97 Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, T_o , for Ferritic Steels in the Transition Range.
- Wallin, K.: Recommendations for the Application of Fracture Toughness Data for Structural Integrity Assessments. Proceedings of the Joint IAEA/CSNI Specialists Meeting on Fracture Mechanics Verification by Large-Scale Testing, NUREG/CP-0131 (ORNL/TM-12413), October 1993, pp. 465-494.
- Wallin, K.: Validity of Small Specimen Fracture Toughness Estimates Neglecting Constraint Corrections. In: Constraint Effects in Fracture: Theory and Applications, ASTM STP 1244, M.Kirk and A.Bakker, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1994, pp.519-537.
- Wallin, K.: Master Curve Analysis of Ductile to Brittle Transition Region Fracture Toughness Round Robin Data (The Euro Fracture Toughness Curve), VTT Technical Document 367.58P, Espoo, Finland, 1998.
- Margolin, B.Z., Gulenko, A.G., Shvetsova, V.A.: Probabilistic model for fracture toughness prediction based on the new local fracture criteria. Int. J.Pressure Vessel & Piping, 1998, vol.75, 307-320.
- Margolin, B.Z., Gulenko, A.G., Shvetsova, V.A.: Improved probabilistic model for fracture toughness prediction based for nuclear pressure vessel steels. Int. J.Pressure Vessel & Piping, 1998, vol.75, 843-855.

TUDOMÁNYOS ÚJDONSÁGOK

Atomok mikroszkóp alatt

A németországi Augsburgban a kutatók előállították az atom egyedülálló képét. A rendkívül érzékeny AFM (atomic force microscope) atomerő mikroszkóppal, amelynek felbontó képességét megnövelték,



láthatóvá tették a szilícium atomon belüli elektronfelhőt, és azt az elmélet által megjósolt alakúnak találták. Az ábrán, az AFM-mel készített felvételen, a szilícium atomon belüli elektronpályák láthatók. (A mesterségesen színezett felvétel fekete-fehér változatán a „vese alakú” fehér és a tö-

le jobbra lévő sötétebb folt körül kifelé növekvő tónus az eredetén a szalmasárgából a narancssárgán át vörösbe változik.)

Az AFM mikroszkóppal ugyanis láthatóvá tehető a tárgy és egy hegyes volfrámtű között mérhető erő. Az augsburgi kutatók a mikroszkóp felbontó képességét azáltal növelték meg, hogy kvarcból egy speciális „hangvillát” terveztek, amely a volfrámsúcs tartókarjaként működik. Vizsgálat közben a tartókar sajátfrekvenciával rezeg, és amint a tárgy fölött mozogva a volfrámsúcs és a szilícium atomon belüli elektronok között kovalens kötés képződik, a rezgés frekvenciája eltolódik.

Az atomok belső szerkezetének leképezésére alkalmas új megoldás elősegíti a szilárd testekben lévő elektronok tulajdonságainak a megértését.

(Forrás: a CERN Courier 2000. novemberi száma a Science-re hivatkozva)

Szupravezető 77 K-en

Egy új módszer növeli a szupravezető huzal teljesítményét a folyékony nitrogén hőmérsékletén.

Mintegy öt év óta előnybe részesítik az ittrium-bárium-réz-oxid (YBCO) anyaggal filmszerűen bevont huzalokat. Azonban az anyagon áthaladó szuperáramot korlátozza a film-huzal határfelület mentén tökéletlenül illeszkedő kristályszerkezet, mivel ezek szemcsehatárai szigetelhetik az ún. Josephson-kapcsolatokat, a töltést vezető lyukak lemerülnek, a vezetési sáv szerkezete a kristályhatárokon meggörbül.

A korábbi kísérletek tanúsága szerint a kalciummal célzottan mikroszennyezett (dópol) YBCO-filmben több üres hely keletkezik, ami segíti – igaz 77 K-nél sokkal kisebb hőmérsékleten – az áramvezetést. Az együttműködő holland és német fizikusok azonban megtalálták a szemcsehatárok „túlszennyezésének” a módját. A 25 nm vastag, kalciummal mikroszennyezett YBCO-rétegre nem szennyezett YBCO-réteget növesztettek és azt találták, hogy a kalcium egy része a szemcsehatárookra vándorolva áthidalja a gyenge helyeket. Így a határfelületen átfolyó szuperáram a korábbi hatszorosára növekedett, miközben a szupravezetés kritikus hőmérséklete (T_c) nem változott.

Az US Electric Power Institute-ban Paul Grant üdvözölte ezt a felfedezést mondván: „ez jelentős hatással lehet a nagy T_c -technológia kifejlesztésére.”

(Forrás: a CERN Courier 2000. novemberi száma a Nature-re hivatkozva)

ANYAGOK

A „hangkristályok” csendesítik a zajt

Hon Kong-i fizikusok új anyagot vetettek be a zaj ellen. Az ún. hangkristályokat kb. 1 cm átmérőjű ólomgolyókból készítik, amelyeket szilikonumival vonnak be, majd epoxigyantába ágyazzák azokat. Az ilyen anyagú, 2 cm vastag panel már kiszűri a mindennapos zajt. Ha periodikusan változtatják a kristályok sűrűségét, akkor az anyag bizonyos hangfrekvenciák számára áthatolhatatlanná válik. A kutatók olyan rendezetlen kompozitokat építettek a kristályokból, amelyeknek a helyi rezonancia tulajdonságai – kis anyagvastagság mellett – még a hosszú hanghullámú környezeti zajokat is kiszűrik.

(Forrás: CERN Courier 2000. november)

Acél - másként

A luxemburgi Galvalange cég 1982 óta foglalkozik speciális korrózió- és hőálló acélszalagok gyártásával.

Az Aluzin 55% Al, 43,4% Zn és 1,6% Si összetételű ötvözetel galvanikusan bevont, 0,2–0,3 mm vastag, korrózióálló acélszalaggal a horganyzott acélt helyettesítik az építőiparban, a háztartásigépgyártásban (pl. mosógépekhez). Az Aluzin hajlítható, formálható és – érdesítő kezelést követően – festhető is.

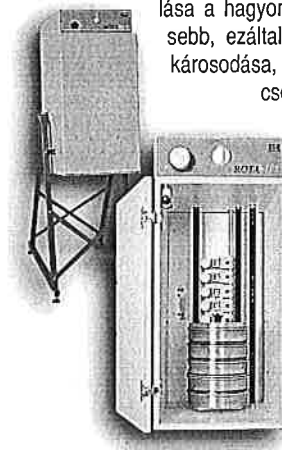
Az Alugal acélszalag, amelynek galvanizált bevonata 90% Al és 10% Si összetételű, korrózió- és 700 °C-ig hőálló, ezért például kipufogók, gázégők, főzők és vízmelegítők gyártásához használják. Az Augal ALT jelű változata – a speciális kezelés eredményeként – 800 °C-ig hőálló.

(Forrás: Evolution 2000/2. p. 7.)

VIZSGÁLÓESZKÖZÖK

Új szitarázó gép: a Rotasift™

Az ELE tervezőmérnökeinek ez az új, laboratóriumi készüléke a hagyományos kézi szitalás előnyeit megtartva gépesíti a szitalást. A hagyományos szitarázókkal ellentétben, ebben a készülékben a sziták megdőntve forognak, így a vizsgálati minták szemcséi egyenletesen szétterülve szóródnak át a szitákon. A Rotasift™ szitalása a hagyományos szitarázókhöz képest kíméletesebb, ezáltal egyrészt csökken a minta porlódása, károsodása, másrészt csökken a szita-eltömődés, és csökken a vibráció a laboratóriumban.



A készülék kezelése nagyon egyszerű. Behelyezzük a szitákat a rázóterbe, majd a készülék ajtájának bezárása után a szitaméretet és a rázási időt megadva kezdődik maga a rázási folyamat. A hagyományos készülékekkel ellentétben itt nincs szükség a sziták keretes leszorítására. Az állványra szerelt készülék kezelését az is könnyíti, hogy munkatere derékmagasságban van, nem kell hajolgatni a sziták behelyezésekor.

A rázógépre vagy 10 db 200 mm átmérőjű, vagy 6 db 300 mm átmérőjű szita helyezhető be. A gép befoglaló mérete: 505 x 780 x 1500 mm, tömege: 80 kg.

A Rotasift™ szitarázó gép használata különösen előnyös a talajokat, a betont és egyéb építőanyagokat, a műanyag porokat vizsgáló laboratóriumoknak.

Porszórással készült műanyag bevonatok mérése

A fémtárgyak felületét védő-dekoráló műanyag bevonatok egyenletes vastagságú és jó minőségű elkészítéséhez nélkülözhetetlen a közbenső művelet, az elektrosztatikus felvitt porréteg vastagságának az ellenőrzése mérésrel. Ehhez eddig legfeljebb a hozzávetőleges értéket adó – közismert – fésűs rétegvastagság-mérőt használhatták, amely viszont roncsolásos módszer.

A Sheen cég olyan *kéziműszerrel* jelent meg a piacon, amely még a kikeményítés előtt *lehetővé teszi a porréteg vastagságának roncsolásmentes megmérését*. Ennek lényege, hogy a fóliával és három, a szubsztrátumig hatoló túvel ellátott szondafej mérőereje 0,1 N értékre csökkenthető a beépített állítócsavar segítségével. A kéziműszerrel mind a ferromágneses (pl. acél), mind a paramágneses (pl. alumínium és egyéb fémek) szubsztrátumon megmérhető a porréteg vastagsága a 0 – 1600 μm tartományban.

A gyártásközi ellenőrzéskor megfelelően vastag és egyenletes porréteg a felmelegítés és kikeményítés munkafázisban jó minőségű műanyag bevonattá szilárdul. Ennek megméréséhez, a végellenőrzéshez jól használhatók a Sheen cég továbbfejlesztett digitális kéziműszerei.

Az **Ecotest Plus SE 1000 FN** bevonatvastagság-mérő kéziműszer (képünk) a mérőfej cseréje nélkül egyaránt alkalmas a ferromágneses szubsztrátumra felvitt fém- (kivéve a nikelt) és nemfémbevonatok, illetve a paramágneses szubsztrátumra felvitt minden villamosan nem vezető anyagú bevonat vastagságának a megmérésére a 0 – 2000 μm tartományban. A mérés pontossága: $\pm 2 \mu\text{m}$ vagy 3%. Percenként 45 mérés végezhető. A kéziműszer megfelel a DIN EN ISO 2178 és 2360 szabványok előírásainak.



Vizsgáló folyadék a felületi feszültség gyors meghatározásához

A műanyagok és a fémek felületi energiájától (mN/m) függ alapvetően az, hogy felületükön megtapadjon a nyomdafesték, a lakk, a ragasztó vagy bármely más hasonló anyag. Minél nagyobb a felületi energia, annál jobban tapadnak ezek az anyagok.

Mivel számos műanyag felületi energiája kicsi, ezért felületüket kémiai vagy fizikai módszerekkel előkezelik, hogy a felületre felviendő anyag (pl. nyomdafesték) könnyen tapadjon. Az előkezelés eredményességének, és általában a felületi feszültségnek a gyors ellenőrzésére fejlesztették ki a **Testinten**, illetve **Teststifte** és **Quicktest 38** néven forgalomba hozott vizsgáló folyadék készletet, illetve az ilyen folyadékokat tartalmazó ceruzákat. Alkalmazásuk gyors és egyszerű. Ugyanis, ha a célszerűen megválasztott, vagy az előírt értéknek megfelelő felületi feszültségű Testintennel vagy Teststifttel a felületre húzott csík 2 s után összehúzódás nélkül a felületen marad, akkor a vizsgált anyag felületi feszültsége a vizsgáló folyadékéval megegyező vagy nagyobb. A gyostesztet mindaddig kell egy nagyobb felületi feszültségű vizsgáló folyadékkal megismételni, amíg a felvitt folyadékcík (2 s elteltével) össze nem húzódik. A vizsgált anyag felületi feszültsége ezen és az ezt megelőzően alkalmazott vizsgáló folyadékokra jellemző értékek között van.

A vizsgáló folyadékkal $\pm 1 \text{ mN/m}$ pontosan is megállapítható a felületi feszültség, mivel a készlet egyes tagjai között 2 mN/m különbség is beállítható a Testinten 18,4 – 105, illetve a Teststifte 30 – 44 mN/m mérőstartományán belül. A Quicktest 38 márkanévű ceruzát – amelyhez 38 mN/m érték tartozik – kifejezetten a poliolefin (polipropilén, polietilén, polibutilén) anyagok felületi feszültségére leggyakrabban előírt minimális érték gyors, szűrőpróbaszerű ellenőrzésére fejlesztették ki.

(Forrás: prospektusok)

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS – ÉLETTARTAM-NÖVELÉS

Japán atomerőművek élettartam-növelése akár 120 évre?

A NEW – Nuclear Europe Workshop folyóirat 2000. 11–12. száma ad hírt a japánok eredményeiről, többek között a címben kérdőjellel megfogalmazott lehetőség tanulmányozásáról.

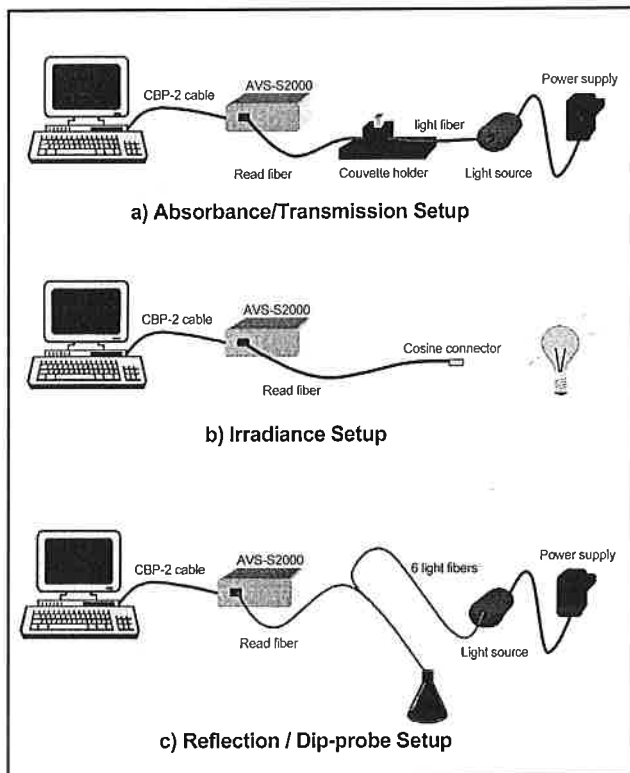
Az EX-PLEX ajánlás elemzi az országok természetes energiaforrásainak korlátjait, az új atomerőművek létesítésére alkalmas helyszínek korlátozott számát és az új beruházások megtérülését. Az ajánlást összefoglalóan a Swiss Nuclear Society (SGK/SOSIN) zürichi szemináriumán ismertették *Az erőmű élettartam-növelésének lehetősége Japánban* címmel. Az előadás társszerzői, Hideo Hariyama (Mitsubishi Corporation) és Hartwig Henicke (Swiss Colenco) azt mondták: „Általában lehetséges 120 évre kiterjeszteni az atomerőművek épületeinek és szerkezetének üzemi élettartamát”. A fő szerkezeti elemeket – természetesen – fel kell újítani, az ellenőrző és vezérlő rendszert többször cserélni kell. A reaktortartályt, élettartamának növelése céljából, hőkezelni kell. Különböző felújítási fogatókönyvek készültek a szerkezetek és az épületek részleges, illetve teljes felújítására, a régi erőmű telepelyén esetleg egy új erőmű létesítésére, ám – mint hangsúlyozták – a részletek kidolgozásához még további tanulmányok szükségesek.

A már üzemelő erőművek élettartamának kiterjesztése 60 évre nem áll példa nélkül. Az USA-ban két erőmű kapott erre engedélyt. Hasonló törekvés van Japánban is, ahol már vizsgálják két BWR típusú (Daiichi-1 és Tsuruga-1) és egy PWR típusú (Mihama-1) erőmű állapotát és élettartamát kiterjesztésének lehetőségét. A Mihama-1 erőműre vonatkozó megállapítások már olvashatók a cikkben.

Az ajánlás részletei iránt érdeklődők forduljanak a szerzőkhöz a hartwig.henicke@colenco.ch e-mail, illetve a +41 56 493 7357 fax címen.

Megjegyezzük, hogy a hazai atomerőmű 15–20 éves élettartam-hosszabbítást eredményező teljes rekonstrukciójára műszakilag minden feltétel adott a Paksi Atomerőmű Rt-ben. A politikai döntést követően a mintegy tíz milliárd forintba kerülő beruházási munkák előkészítése 2–3 évet igényel. Ezzel szemben az erőmű 8–10 éven belüli esetleges végleges leállítására és az ezzel kapcsolatos munkálatokra 700 milliárd forintot kellene költeni – mutatott rá dr. Mészáros György, a PA Rt. igazgatójának elnöke, az erőmű huszonöt éves fennállása alkalmából, január 17-én rendezett budapesti sajtótájékoztatón. Nagy Sándor vezérigazgató az energiatermelési jellemzőket ismertette. Tavaly az atomerőmű az országos villamosenergia-szükségletünk 40,6%-át fedezte a legolcsóbban, 5,62 Ft/kWh áron. Kiemelten szövelt az 1996 óta folyamatban lévő biztonságnövelő beruházásokról, melyeknek eredményeként a paksi erőműblokkok az üzemvitel és a biztonság tekintetében továbbra is mindenben megfelelnek a világviszonylatban szigorodó követelményeknek. Egy finn beruházás megvalósításával a 440 megawattos blokkok teljesítménye 512 megawatt-ra növelhető. Erre szükség is van, mivel a fokozatos növekvő energiaigényünket a megszigorított környezetvédelmi előírások és károsanyag-kibocsátási határértékek mellett a legolcsóbban az atomenergia fedezheti a jövőben is.

A sokoldalúan használható mini-spektrófotométer



A száloptikás spektrófotométer rendkívül sokoldalú felhasználási lehetőséget rejt magában. Adódik ez méretéből, mobilitásából és flexibilitásából.

Mivel maga a spektróméter nem tartalmaz nagyméretű forgó alkatrészt, mindössze két homorú tükör és egy diffrakciós rács van beépítve, tenyérnyi méretű. Ehhez a felhasználó igényei szerint több száz, különböző kiegészítő kapcsolható, amely a fényt a mintára, illetve róla a spektróméterbe irányítja. Az összeállítást az analóg-digitál kártya, illetve a számítógép teszi teljessé. Az ábra az AVS-S2000 spektróméter néhány jellemző kiépítettségét szemlélteti, mégpedig: a fény elnyelődés/áteresztés (a), a sugárzás (b) és a reflexió (merülő szondával) mérését (c).

Lényegében mindenfajta, a fénnel kapcsolatos jelenség vizsgálatára alkalmas a spektróméter. Csak ízelítő az európai országokban megismert alkalmazásokból:

Svájcban bankjegy nyomda színmérésre használja, Németországban a Philipsnél fénycsövek kisugárzását méri, Angliában vízanalitikát végeznek vele, a Shellnél a foszfát-koncentráció meghatározására használják, a Groningeni Egyetem pedig a bőr UV-megkötésének vizsgálatára fejlesztette ki módszert. Amszterdam legnagyobb drágakő vizsgálói, nemzetközi intézetek a természetes és a mesterséges gyémántokat azonosítják vele.

Itthon legalább ennyire szerteágazó a felhasználók köre. Példaként most az MTA kémiai kutatóintézetének munkatársai mutatják be tevékenységüket.

Joó Katalin
Testor Kft.

A fotodinamikus aktivitás mérése

A Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Kutatóközpont Kémiai Intézetének biooxidációs csoportjában fotoszenzibilizátor molekulák fotodinamikus aktivitását, illetve egészséges és rákos szövetekben való szelektív felhalmozódását vizsgáljuk.

A fotoszenzibilizátor vegyületek egyik fontos felhasználási területe a fotodinamikus terápia, amit eredményesen alkalmaznak daganatos megbetegedések, valamint vakságot okozó időskori makuladegeneráció kezelésére, de baktérium- és rovarölő hatás kiváltására is alkalmas.

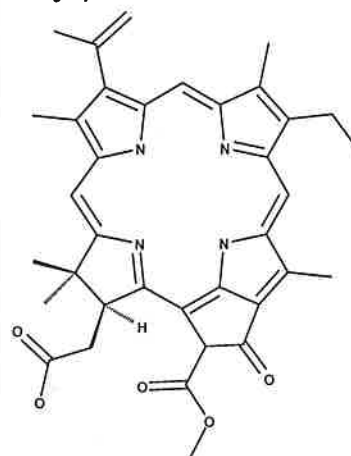
A fotodinamikus terápia (nemzetközi rövidítése PDT) egy olyan, a daganatos sejtek elpusztítására kifejlesztett kezelés, melynek során egy szelektíven felhalmozódott szenzibilizátor vegyület és a szöveten áthatoló fény együttes alkalmazása hatékony fotodinamikus reakciót vált ki. A terápia első lépéseként a szenzibilizátort intravénásan beadják a betegnek. A szer a véráramon keresztül eljut minden szövetbe, majd néhány óra elteltével az egészséges szövetekből kiürül, míg a daganatos szövetekben többé-kevésbé szelektíven felhalmozódik. Egy bizonyos idő elteltével – ez vegyületenként más és más – a daganatot látható vagy vörös fényel bevilágítják, minek hatására a szenzibilizátor gerjesztett állapotba kerül. A gerjesztett molekulák több módon veszíthetik el a többletenergiajukat, miközben olyan biokémiai folyamatokat indukálnak, amelyek a rákos sejtek pusztulásához vezetnek. A terápia hatékonysága szempontjából fontos, hogy a bevilágítás olyan időpillanatban történjen meg, amikor a szenzibilizátor koncentráció aránya a daganatos és az egészséges szövetek között optimális. Ezért elengedhetetlen a szenzibilizátor koncentráció változásának folyamatos követése a szervezetben.

A felhalmozódott hatóanyag koncentrációját a kibocsátott fluoreszcenciás fény intenzitása alapján határozzuk meg. Az egyik módszer szerint a spektrófotometriás mérés előtt a szenzibilizátorral beoltott kísérleti állatok szöveteit feltárjuk, majd a vegyületet extraháljuk. Ez a

módszer meglehetősen nehézkes és a reprodukálhatósága sem megbízható, ezért a bizonytalanságok csökkentésére igen nagy számú állaton kell a megfelelő méréseket elvégezni.

A Testor Kft. által forgalmazott Ocean Optics S-2000 FL fluorométerhez csatlakozó szonda segítségével ma már extrahálás nélkül, közvetlenül a szövetekben vehetjük fel a szenzibilizátor vegyület fluoreszcenciás spektrumát, s ezzel kevesebb állat és rövidebb idő elegendő az aktuális hatóanyag koncentráció meghatározásához.

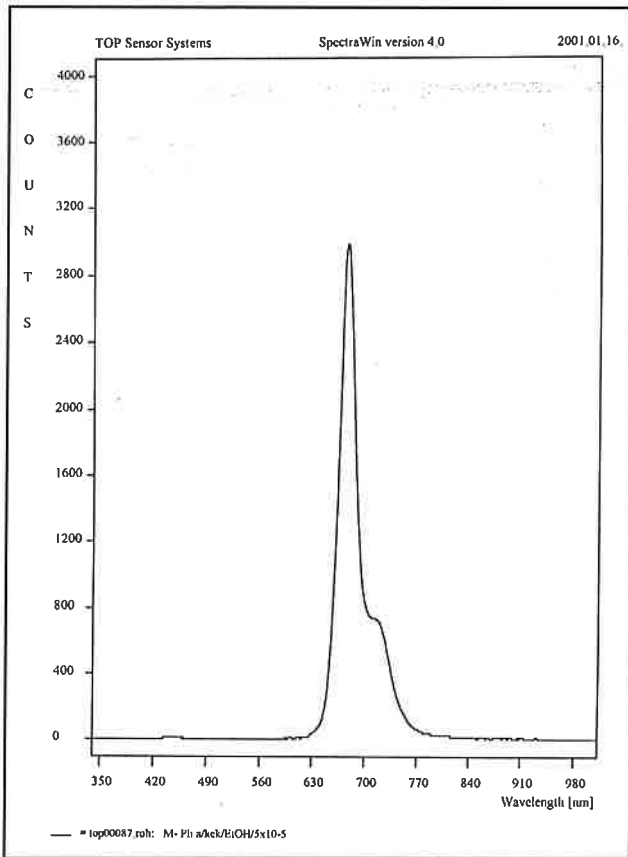
A különböző szövetekben felhalmozódott szenzibilizátor koncentrációját kb. 20 grammos NMRI fehér egereken vizsgáljuk. A hatóanyagot beadjuk az altatott egér farki vénájába, majd különböző időpontokban felvesszük az egyes szervek fluoreszcenciás spektrumát. A Spektrawin szoftver segítségével a szervekből kijutó háttér fényel korrigált spektrum csak a beadott vegyületre jellemző csúcsok jelennek meg. A program lehetőséget ad arra, hogy a spektrumot már közvetlenül mérés után kiintegruáljuk.



A példaként bemutatott szenzibilizátor egy klorofillból előállított származék, a *feoforbid* a.

Spektróscópiai adatok:

Abszorpció λ [nm]	Fluoreszcencia λ [nm]
409	675
507	720
537	
608	
667	

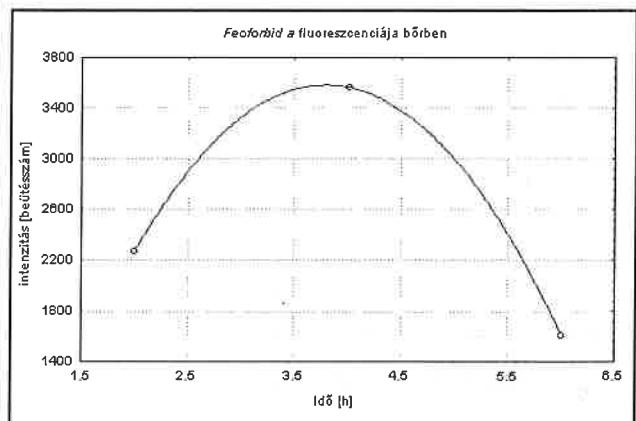


1. ábra. Az etanolba oldott, $5 \cdot 10^{-5}$ M koncentrációjú feoforbid a fluoreszcenciás spektruma

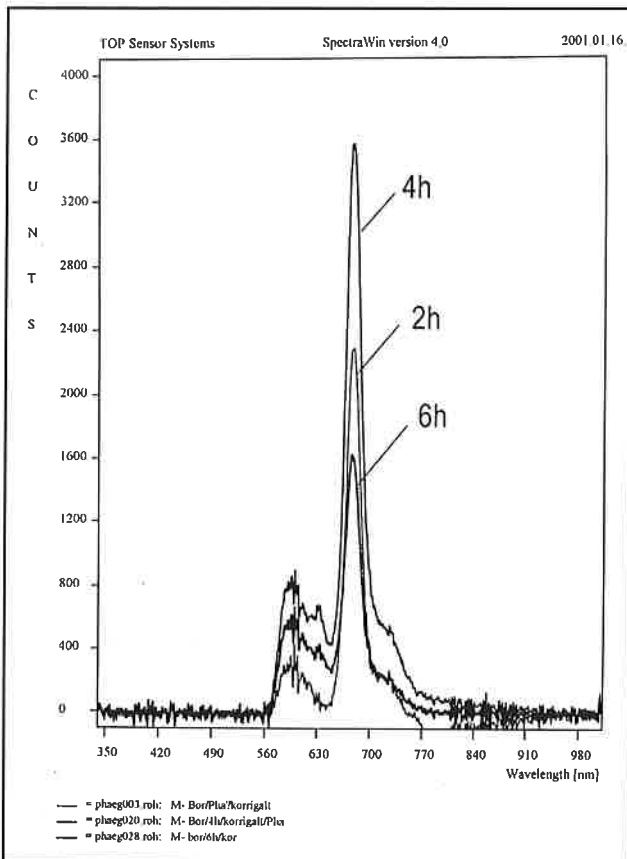
A molekulát 420 nm-nél maximális intenzitású kék fényvel gerjesztjük. Csoportunk a holland Avantes céggel és a hazai képviselőjével, a Testor Kft-vel közösen fejlesztett, reflexiós elven működő fluoreszcens szonda 12 db $100 \mu\text{m}$ átmérőjű üvegszálon át vezeteli a megvilágító fényt a mérendő felületre, s onnan 1 db $600 \mu\text{m}$ átmérőjű leolvasó szál viszi a jelet a detektorba. A reflektált gerjesztő elektromágneses sugarakat egy 560 nm-es főlüláteresztő szűrővel a detektorba érkezés előtt kiszűrjük. A kapott jelet egy kezeletlen vagyis szenzibilizátormentes egér azonos szervéből felvett háttérsugárzással korrigáljuk.

Az 1. ábra az $5 \cdot 10^{-5}$ M koncentrációjú, etanolban oldott feoforbid a küvetében mért fluoreszcenciás spektrumát mutatja be. A nagyobb intenzitású csúcs 676 nm-nél, míg a kisebb intenzitású csúcs 718 nm-nél jelentkezett.

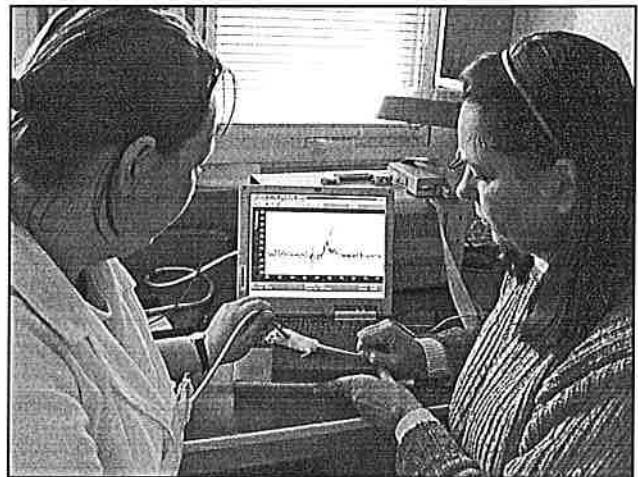
A 2. ábra a bőr – szondával mért – feoforbid a-tartalmának változását mutatja a hatóanyag beoltásától eltelt idő függvényében. A középső jelet 2 órával, a legnagyobb jelet 4 órával, míg a legalacsonyabb jelet 6 órával a szenzibilizátor injektálása után regisztráltuk. A 3. ábrán a jelmagasságot ábrázoltuk az idő függvényében. A 4. ábra az élő egér bőrén át közvetlenül történő mérést szemlélteti.



3. ábra. A jelmagasság változása az idő függvényében



2. ábra. A bőr feoforbid a-tartalmának változása az idő függvényében



4. ábra. Közvetlen mérés az élő egér bőrén

Ezzel a módszerrel bőrben, májban, vesében, tüdőben, lépben, vérben, szívben, agyban és beoltott tumorban mérjük a szenzibilizátor-koncentráció változását, hogy a PDT kezelés szempontjából fontos, az egészséges és a tumoros szövet közötti optimális szenzibilizátor megoszlás időpontját meghatározzuk.

Dr. Jakus Judit – Vanyúr Rozália

Vasbeton szerkezetek állapotellenőrzése korrózióra

A környezeti szennyező és időjárási hatásoknak kitett, nagy felületű, például közúti felüljáró, vasbeton szerkezetek károsodásának egyik alaptomos folyamata a betonba ágyazott és a teherviselésben meghatározó szerepet betöltő vas korróziója. Ez alapvetően elektrokémiai folyamat, hiszen a betonvas szilárd elektrolitba (a betonba) van beágyazva, amely pórusain és finom repedésein keresztül időről időre még át is nedvesedik. A betonvas-háló korróziós állapotának ismerete ezért mind a teherviselő szerkezet biztonsága, mind az állapotellenőrzésen alapuló karbantartás szempontjából fontos.

A betonvas korróziós károsodása a szerkezet szabad felülete mentén nem egyenletesen megy végbe, mivel a folyamat szempontjából kedvező zónák helyzetét nemcsak az szerkezet igénybevétele, hanem már a kivitelezés helytől függő minősége is befolyásolja. Ezért az időszakonkénti állapotellenőrzést a szerkezet egész szabad felületére ki kell terjeszteni, hogy időben felismerjük a korrózióra hajlamos zónákat, és ahol a kiegészítő vizsgálatokat – például ultrahangos repedésvizsgálat, a felületi betonréteg szilárdságvizsgálata – követően a szükséges, a további károsodást lassító javítások, költségkímélően, elvégezhetők. A korróziós zónák korai felismeréshez az egyszerű szemrevételezés nem elegendő, műszeres vizsgálatra van szükség.

A Canin korrózióelemző műszer

A svájci Poceq SA cégnél kifejlesztett Canin (corrosion analysing instrument) műszer (1. ábra) lényegében egy intelligens, digitális millivolt-mérő, mellyel megmérhető az elektrokémiai korróziós folyamat intenzitására, sebességére jellemző villamos potenciál, azaz a betonba ágyazott korrodáló vas felülete és a felszíni betonfelületre helyezett összehasonlító elektróda közötti feszültség. Segítségével nagy felületeken gyorsan és roncsolásmentesen végezhetünk méréseket, és feltérképezhetjük a beágyazott vasháló korróziós állapotát, mielőtt az már a felszínen is látható, visszafordíthatatlan károsodást okozna.

Az összehasonlító elektród rézszulfát telített vizes oldatába merülő réz. A kézi rúdelektrod felépítését vázlatosan a 2. ábra szemlélteti. A helyes méréshez a betonfelületet nedvesíteni kell. Ezt a mérés előtt vízzel telített fa- és habgumi dugóban végződő elektród automatikusan biztosítja. A műszerhez csatlakoztatható kerékelektroddal a mérés folyamatos. A felület nedvesítéséről – a vízzel telített dugókon kívül – az ún. nedvesítő kerék is gondos-

kodik. A műszerhez egy, de legfeljebb nyolc darab rúd- vagy kerékelektrod csatlakoztatható (3. és 4. ábra), mégpedig a letapogatandó felület alakjától és helyzetétől függően cserélhető és az elektródák mozgását, illetve a jó érintkezést segítő, teleszkópos rudazat alkalmazásával. A rúdelektroddal a szerkezet felületén előre megválasztott osztásközü hálópontokon, míg a kerékelektroddal az előre kijelölt nyomvonalon végezhetünk méréseket. A mérőhelyek, a hálópontok, illetve a nyomvonal geometriai adatai, valamely kiinduló ponthoz viszonyítva a mérés megkezdése előtt betáplálható az egyszerű menütechnikával kezelhető műszer memóriájába. A kerékelektrodra szerelt útmérő a kerék mérési helyzetbe fordulásának a kiindulási ponttól mért távolságát (felbontás: 3 mm) folyamatosan továbbítja a memóriába. A mérés sebessége 1, 2, 4, illetve 8 kerékelektrod alkalmazásakor rendre 1,0; 0,6; 0,3; 0,15 m/s, míg a rúdelektroddal egy-egy mérés legfeljebb fél másodpercig tart.

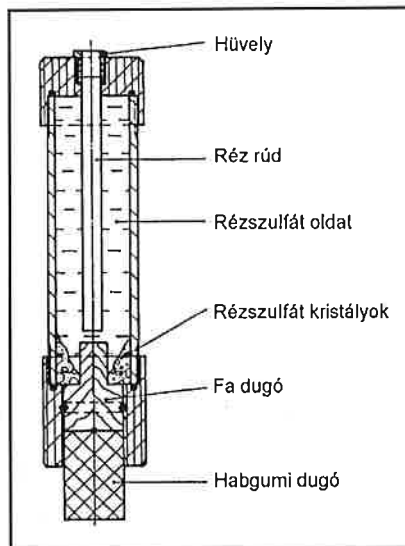
A műszer méréstartománya ± 999 mV egyenfeszültség, a mérés pontossága: ± 3 mV. Az adott mérési feladatokhoz az előzetes tájékozódó mérések figyelembevételével célszerűen kijelölhető az a kilenc szűrési fokozat, illetve kilenc színre felosztható mérési tartomány, amelyen belül az egyes fokozatok az egyenértékű potenciálú területeket jellemzik.

A nyakba akasztható műszer nagyméretű LCD megjelenítőjén menet közben is jól leolvashatók a kijelzések. A műszer intelligens tárolója 120 ezer mérési adat befogadására alkalmas, amelyből a kijelzőn – a beépített szoftverrel – 240 mérési adatblokkként megjeleníthető a potenciáltérkép, amely a műszerhez csatlakoztatható fekete-fehér, illetve színes nyomtatóval közvetlenül kinyomtatható. Mód van a mért adatok számértékeinek tépékszerű megjelenítésére is.

A mérőműszer elemmel működik, amely 60 óra kapacitású. A műszer -10 és $+60$ °C környezeti hőmérséklet-tartományban üzembiztos. Tömege: 1,8 kg.

A műszerben tárolt adatok RS 232 C kimeneten át PC-re átvihetők, feldolgozhatók, archiválhatók. Így, többek között mód van arra is, hogy a következő időszakos ellenőrzés adataival összevetve a vasbeton szerkezet állapotváltozását, vagy a korábban alkalmazott javítási technológia hatékonyságát tárgyilagosan megítéljük.

Lehofer Kornél



2. ábra. Rúdelektrod felépítése



1. ábra. A műszer



3. ábra. Mérés rúdelektrodos fejfel



4. ábra. Mérés kerékes elektródból álló mérőfejfel

Műanyagok vizsgálata és anyagtulajdonságai a felhasználó szemszögéből

Dr. Thamm Frigyes*

Bevezetés

Napjainkban a műanyagok felhasználása egyre jobban terjed az erősen igénybevett szerkezetekben is (tartályok, fogaskerekek, járművek). A megnövekedett igényeknek megfelelően a műanyagipar már jó ideje kialakította saját anyagvizsgálási módszereit és az ezekhez szükséges berendezéseket. A nagy műanyaggyártó cégek műszaki célú műanyagok tulajdonságait különböző szintű ismeretekben részletesen tárgyalják. Ennek ellenére – ha egyre ritkábban is – előfordulnak alkalmazási hibák, melyek az egyes műanyagfajták (főleg mechanikai) tulajdonságainak félreértelmezéséből adódnak. Az ilyen félreértelmezéseknek két oka lehet:

a.) A műanyagok anyagvizsgálata, különösen kezdetben, a fémek testére szabott hagyományos anyagvizsgálási módszereket követte. Az alapvető vizsgálati módok (húzó- és hajlítókísérlet, ütőhajlító vizsgálat) mind a mai napig használatosak műanyagok minősítésére is. A vizsgálat eredményeit is hasonlóképpen adják meg mint a fémeknél. Ugyanakkor a rugalmas és szilárdsági alapadatok (folyáshatár, szakítószilárdság, rugalmassági modulus stb.) jelentősége műanyagoknál messze nem olyan egyértelmű, érvényességi körük lényegesen szűkebb mint a fémeknél.

b.) A műanyagok sajátos tulajdonságaira (kúszás, a molekularendeződés hatása, a tulajdonságok igen erős hőfokfüggése) alapozva megjelentek és elterjedtek a fémeknél nem szokásos – részben fizikai-kémiai jellegű – vizsgálati módok, melyekkel a fémekhez szokott tervező nemigen tud mit kezdeni.

A következőkben a fenti két csoport néhány jellemző módszerét kívánjuk tárgyalni a teherviselő szerkezeti elemként szóba jöhető műanyagcsoportokat figyelembe véve. Jelenleg teherviselő szerkezeti anyagként két műanyagcsoport használatos:

1. A hőre lágyuló műanyagok csoportja (pl. polietilén, polipropilén, poliamid, acetálglyanta).
2. Szálvázal erősített, hőre keményedő műanyagok (teltetlen poliészter, epoxigyanta).

A hőre keményedő, töltött vagy töltetlen gyanták (fenolgyanta, melamingyanta) jelentősége erősen csökkent.

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A hagyományos anyagvizsgálási módok műanyagipari alkalmazásai

Szakítókísérlet

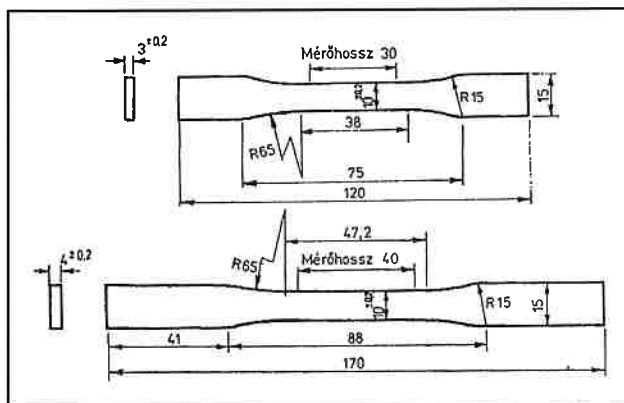
Ennek végrehajtása nagyban hasonló a fémek vizsgálatakor alkalmazott eljáráshoz. Két, régebbi DIN és MSZ szabvány szerinti próbatest-alakot az 1. ábra mutat. A szakítóvizsgálat alapján műanyagoknál is a folyási határt, a szakítószilárdságot és a rugalmassági moduluszt szokás meghatározni, de ezek értékei erősen függnek a vizsgált műanyag típusától és a kísérlet lefolytatásának körülményeitől. Az egyes műanyagcsoportok szakítódiaagramjai a 2. ábrán bemutatott jellegzetes alakot mutatják.

A homogén vagy töltött, hőre keményedő műanyagok gyakorlatilag teljesen ridegen viselkednek (2a. ábra), szilárdságukat a vizsgálat hőfoka és az alkalmazott vázanyag milyensége befolyásolja. Mint már említettük, jelentőségük erősen lecsökkent, főleg villamos szigetelő anyagként alkalmazták őket.

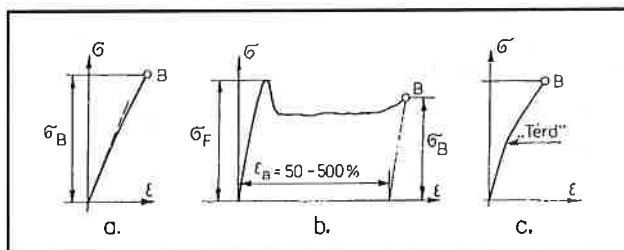
A szivós, hőre lágyuló műanyagok szakítódiaagramjának görbéje a folyási határ elérése után erősen lesik (2b. ábra). Ez a *nyújtási feszültségnek* is nevezett lecsökkent feszültségérték esetenként nagy, (100–300%-ig terjedő) nyúlásértékig fennmarad, többekébe állandó értéken, majd a próbatest lassan növekvő feszültségértéken szakad el. A szakítódiaagram alakját és jellemző értékeit a szakítás sebessége (3. ábra), hőmérséklete (4. ábra) és a próbatestnek a kísérletet megelőző kondicionálása (poliamidok esetén a nedvességfelvétele: 5. ábra) befolyásolja. A szakítási sebesség hatását a különböző anyagvizsgálási szabványok különböző módon igyekeznek figyelembe venni. Vagy előírják a szakítógépj húzópofáinak a sebességét (pl. $v = 5$ cm/min), vagy megadják a terhelés kezdetétől

a próbatest elszakadásáig tartó időtartamot (pl. 1 min).

Ezeknek a műanyagoknak az anyag-szerkezetét a meleg alakítás (fröccsöntés, extrudálás) károsítja. Ez a szakítószilárdságot nem nagyon, de a szivósságra jellemző szakadási nyúlást annál jobban befolyásolja. Ezt a hatást a 6. ábra mutatja be.

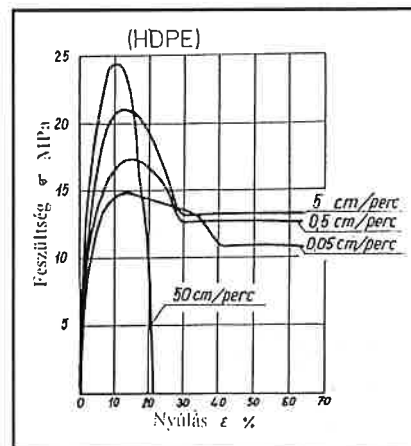


1. ábra. Két gyakrabban alkalmazott alakú szakítópróbatest műanyagok számára

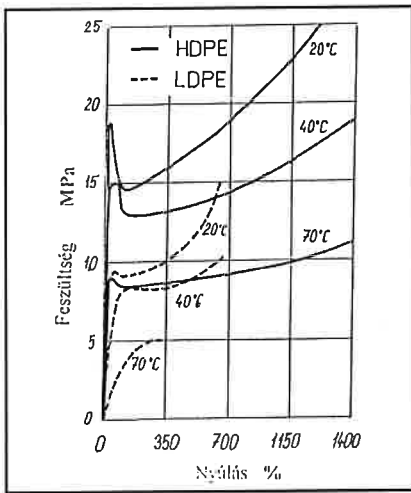


2. ábra. Műanyagokra jellemző szakítódiaagramok

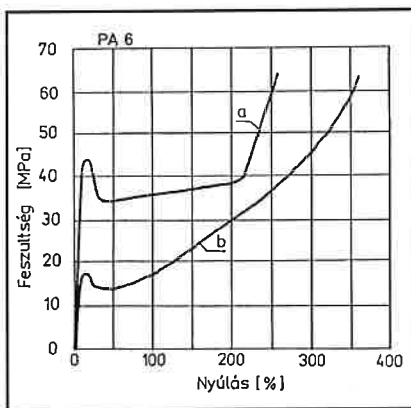
- a. Hőre keményedő műanyagok (fenolgyanta, melamingyanta, epoxigyanta)
- b. Szivós, hőre lágyuló műanyagok (polietilén, PVC stb.)
- c. Laminátok (szálvázal műanyagok)



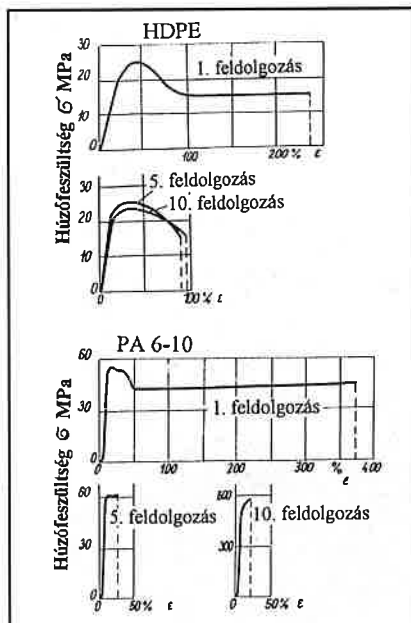
3. ábra. A szakítási sebesség hatása a szakítódiaagram alakjára szivós, hőre lágyuló műanyag esetén (nagy sűrűségű polietilén, HDPE példáján bemutatva)



4. ábra. A hőmérséklet hatása nagy sűrűségű (HDPE) és kis sűrűségű, lágy (LDPE) polietilén szakítódigramjára

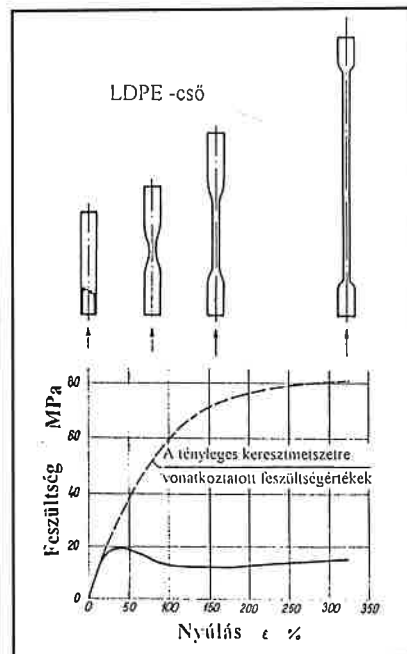


5. ábra. A feldolgozás utáni tárolás körülményeinek (a nedvességfelvételnek) hatása a technikai poliamid (PA 6) szakítódigramjára.
a. 24 órán át 90°C-on levegőben tárolva
b. 24 órán át 20°C-on 70% relatív nedvesség-tartalmú levegőben tárolva



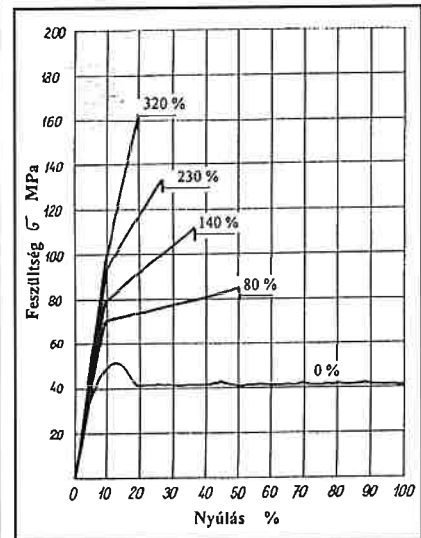
6. ábra. A többszöri feldolgozás káros hatása a hőre lágyuló műanyagok szakítódigramjára: az anyag elveszti szívósságát. HDPE: nagy sűrűségű polietilén, PA 6-10: ipari poliamid.

A feszültség értékének a folyási határ lépése utáni erős lecsökkenése a valóságban csak látszólagos, mert az anyagvizsgálati gyakorlat a feszültséget mindig mint a próbatestre ható erőnek a próbatest eredeti keresztmetszetére vonatkozó hányadosaként értelmezi. (A mindenkor keresztmetszetre vonatkoztatott, ún. valódi feszültség viszont folyamatosan nő, csakúgy, mint a fémeknél – a szerkesztő.) A hőre lágyuló műanyagok próbatestjei a folyási határ elérésekor kontrahálódnak, de a próbatest a kontraháció bekövetkezésekor nem szakad el, hanem a kontraháció tovább terjed a próbatest egyre hosszabb szakaszán. Ezt a 7. ábrán mutatjuk be műanyag cső húzókísérletén.



7. ábra. Nyakképződés a szívós, hőre lágyuló műanyag (LDPE) húzókísérletekor. A meginduló kontraháció nem vezet azonnali tönkremenetelhez, hanem a kontrahált szakasz tovább terjed és ott a nyújtás irányában a molekulaszervezet rendeződik, megnövelve a tényleges (kontrahált) keresztmetszetre vonatkoztatott szilárdságot.

A – nagyjából állandó térfogaton lefolyó – képlékeny nyúlás a tényleges keresztmetszetre vonatkoztatott szilárdságot megnöveli, ami az anyagnak melegen való előnyújtásával szimulálható. Erre egy példát a 8. ábra mutat. Ezt a szilárdságnövekedést a műanyag molekulaszervezetének a terhelő erő irányába rendeződése okozza, ami a meleg alakítás során is hasonló módon végbe megy. A szakítódigram alakja és jellemző értékei a próbatest előállításának is függvényei. Teljesen rendezetlen molekulaszervezetű anyag csak úgy állítható elő, hogy a granulátum formájában rendelkezésre álló alapanyagot melegített lapok között lemezekké préselik. Az ezekből a lemezekből kivágott próbatesteken végzett szakítóvizsgálat eredményei szolgáltatják az anyag ún. *alapszilárdságát*, ami azonban az említettek alapján nem jellemzi hűven a fröccstárgyak

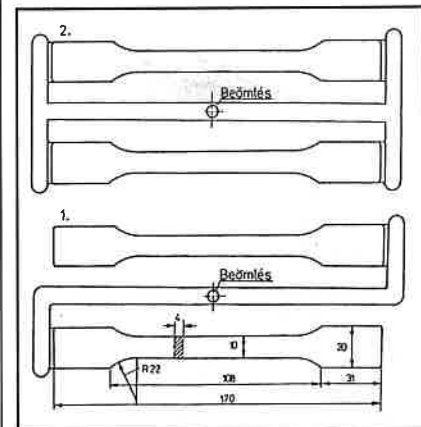


8. ábra. Különböző mértékben melegen nyújtott kemény PVC szakítódigramjai (az egyes görbék mellé írt számok: a nyújtás mértéke)

valódi szilárdsági viselkedését. A próbatest kimunkálása a préselt lemezből – különösen sorozatvizsgálatok alkalmával – munkaigényes. A gyakorlat ezért – kényszerűségből – fröccsöntött próbatesteken végzi vizsgálatait, és az eredmények összehasonlíthatósága érdekében a fröccs-szerszám beömlő nyílása egységesen a próbatest egyik végére van helyezve. Egy ilyen próbatest-kettőt, a fröccs-szerszám beömlő csatornáit is feltüntetve, a 9. ábra 1. része mutat.

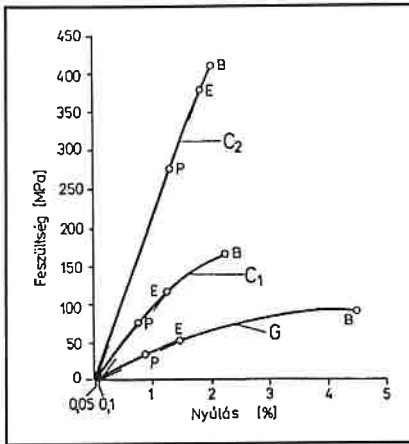
Fröccstárgyak gyenge keresztmetszetei az ún. *hegedési* vagy *összecsapási helyei*, ahol (pl. a nyílások körülfolyása után) a különállóan áramló fröccsanyag frontjai összetalálkoznak. Az ilyen helyek viselkedésének szimulálására szolgálnak az olyan fröccsöntött próbatestek, melyeknek mindkét végén egy-egy beömlési nyílás (garat) van (9. ábra 2. része).

Szálvázás műanyagok (laminátok) szilárdsági viselkedését a bennük levő szálváz anyaga, irányítottasága és mennyisége határozza



9. ábra. Szakítópróbatest-kettős hőre lágyuló műanyagból fröccsöntve az egyik végükről (1), ill. mindkét végükről (2). Ez utóbbinál a kétoldali beömlés hatására a próbatestek közepén „hegedési (összecsapási) hely” keletkezik

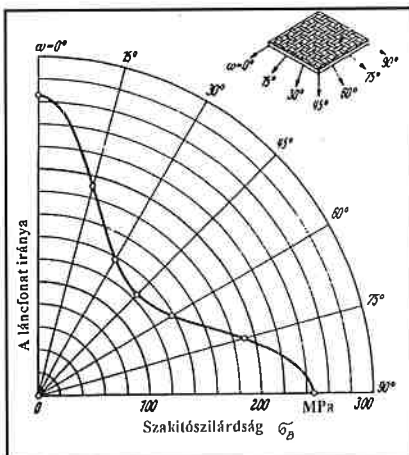
meg. Nincs képlékeny viselkedésük és folyási határjuk, a lineárishoz közel álló feszültség-nyúlás görbe végén ridegen törnek. Viselkedésük jellemzésére szükséges megadni a szálváz típusán kívül a vizsgálatkor uralkodó hőfokot és a fajlagos (tömegre, vagy térfogatra vonatkoztatott) szálváztartalmat (10. ábra).



10. ábra. A szálerősítés hatása hőre keményedő, telítetlen poliészter gyanta (UP) szakítódiagramjára. G: tiszta (erősítetlen) gyanta. C₁: ua. 40 súly-% üveggaplannal töltve. C₂: 60 súly-% rovingszövetrel töltve. P: arányossági határ. E: rugalmassági határ. B: szakítószilárdság

Szövet, vagy keresztezett rovingszál-erősítésű laminátok viselkedésére jellemző lehet a 2c. ábrán bemutatott térd: a feszültség-nyúlás görbe irányváltozása. Ez azt a feszültségszintet jelzi, amelynél a húzás irányára merőleges szálak már leválnak az őket körülvevő ún. mátrixról, de a húzófeszültség irányában elhelyezkedő szálak továbbra is viselik a terhelést.

A szakítódiagram alakja függ a próbatestnek a szálírányhoz képest elfoglalt helyzetétől is. Ezt régebben polárdiagramban ábrázolták (11. ábra). A diagram szögkoordinátája adja meg a próbatest hosszirányának helyzetét az erősítő szövet lánc- vagy vetülékirányához, illetőleg rovingerősítés esetén annak valamelyik



11. ábra. Mindkét irányban egyforma mennyiségű üvegszövetrel erősített laminát szakítószilárdsága a szövetnek a szálírányával bezárt szöge függvényében

szimmetriatengelyéhez képest. A sugárkoordináta pedig megadja a szakítószilárdság értékét. Ma már ilyen vizsgálatot ritkán végeznek, mert az általános laminálási elmélet alapján megbízhatóan számítható a szilárdság a szálváz szálírányához képest ferde irányban is – amennyiben a szálelrendezés és a mátrix mennyisége megbízhatóan betartható a laminálás során. Szakítókéísérletet ezért csak a szálváz főirányában kivágott próbatesteken szokás végezni.

Paplanerősítésű laminátoknál is előfordul a húzóerőre merőleges szálak idő előtti elválása, de ez a jelenség ott a terhelés növekedésével fokozatosan növekszik és térd helyett a feszültség-nyúlás görbének a lineáristól való eltéréseben jelentkeznek. Az ilyen laminátok szilárdsága nagyjából független a próbatestnek a helyzetétől, de értéke általában jóval kisebb a szövet- vagy rovingszövet erősítésű laminátokénál.

A rugalmassági modulus értelmezése. Tekintve, hogy többé-kevésbé mindegyik műanyagfajta szakítódigramjának már a kezdeti szakasza is eltér a lineáristól, a rugalmassági modulus megszűnik olyan mértékben anyagállandó lenni, mint a fémeknél. Emiatt műanyagoknál eleve kétféle rugalmassági modulus használatos. A 12. ábra Q pontjához rendelhető értékek:

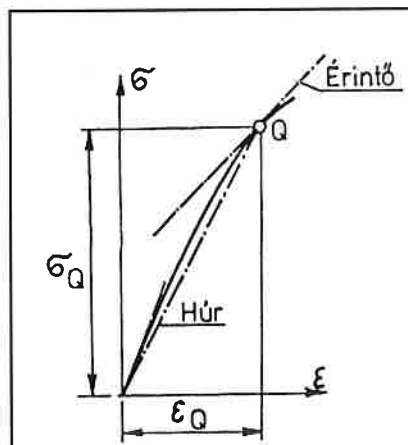
a.) az ún. *húrmodulus* (E_s). Ez a Q pontot a koordináta-rendszer kezdőpontjával összekötő húr meredeksége

$$E_s = \frac{\sigma_Q}{\epsilon_Q}$$

b.) az ún. *érintőmodulus* (E_t). Ez a s = f(ε) görbéhez a Q pontban húzható érintő meredeksége:

$$E_t = \left. \frac{d\sigma}{d\epsilon} \right|_Q$$

Természetesen mindkét rugalmassági modulus értéke függ a Q pontnak a feszültség-nyúlás görbén felvett helyétől. Műanyag alkat-



12. ábra. A rugalmassági modulus különböző értelmezése a lineáristól eltérő feszültség-nyúlás görbe Q pontjában

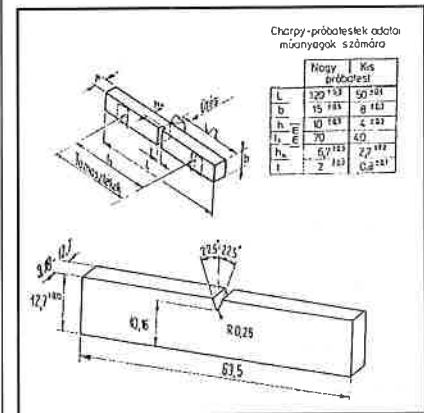
részek alakváltozásának számításakor célszerű a *húrmodulust*, horpadási problémák vizsgálatok a várható feszültségszinthez tartozó *érintőmodulust* alapul venni.

A műanyagok vizsgálatánál alkalmazott viszonylag kisméretű próbatestek és a – különösen a hőre lágyuló műanyagok – kis szilárdsága miatt az ilyen anyagok vizsgálatára általában kis mérés-határú (kb. 1000 N) szakítógépek terjedtek el.

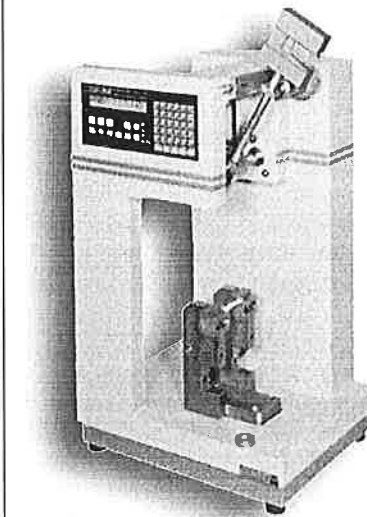
Az elmondottak alapján a szokásos szakítóvizsgálatok eredményei csak a különböző típusú és eredetű műanyagok összehasonlítására alkalmasak és csak *igen korlátozott mértékben* képezhetik a szilárdsági méretezés alapját, különösen tartós terhelés esetén.

Ütőhajlító vizsgálat

Ennek a vizsgálati módnak a végrehajtása is a fémeknél szokásoshoz hasonló. Mind a Charpy-, mind az Izod-módszer használatos. A műanyag szerkezetek szokásos kis méreteire való tekintettel a fémeknél általában szokásosnál kisebb méretű próbatestek használatosak (13. ábra), amelyekhez kisebb méretű ütőművek készültek (14. ábra). A vizsgálatok gyenge



13. ábra. Műanyagok ütőhajlító vizsgálatához használt Charpy- és Izod-próbatestek szokásos méretei (DIN 53453 szerint)



14. ábra. Korszerű, kisméretű asztali ütőmű műanyagok ütőhajlító vizsgálatához (CEAST)

pontja a próbatetek bemetszésének pontos elkészítése. A bemetszést a próbatest fröccsöntésekor a fröccs-szerszám megfelelő kialakítása útján előre elkészíteni nem célszerű, mert a fröccsöntéskor lefolyó anyagáramlás eleve megváltoztatja az anyag szerkezetét éppen a várható törés helyén. A bemetszés utólagos elkészítése fémfűrészsel nem ajánlatos, mert a horonyalak erősen függ az azt készítő szakmunkás ügyességétől. Megbízhatóbb, jobban összehasonlítható mérési eredmények csak akkor érhetőek el, ha a próbatest bemetszését marással állítják elő, amihez precíziós készülékek állnak rendelkezésre. Ezek a húzóüske elvén működnek, ezért a bemetszés méretpontos, és alkalmazásukkal elkerülhető a próbatestnek a megmunkálás közbeni felmelegedése is, ami már viszonylag alacsony hőfokon az anyag helyi megolvadását és ezzel a bemetszés felszíne tulajdonságainak a megváltozását eredményezheti. Egy ilyen készüléket mutat a 15. ábra.

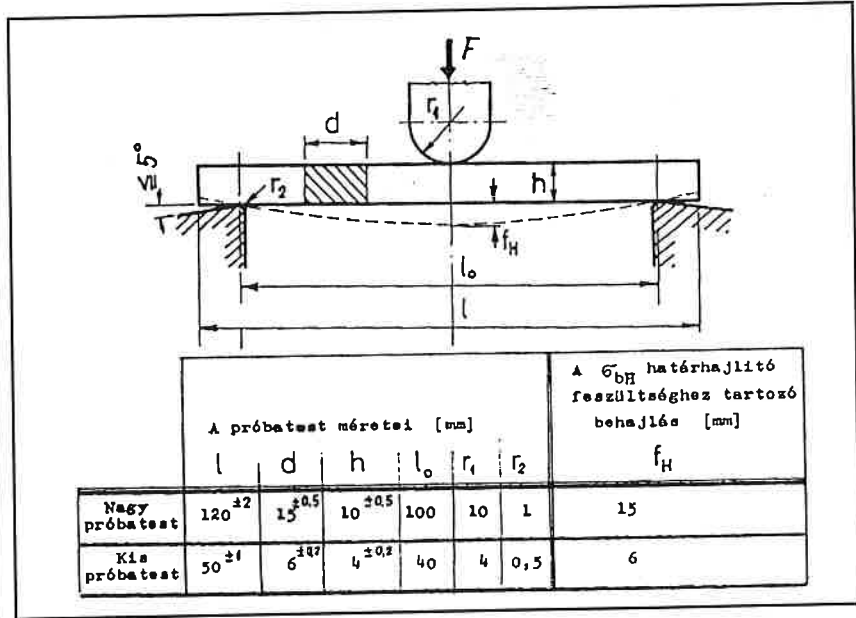


15. ábra. Készülék ütőhajlító próbatetek bemetszésének szabatos elkészítésére

Ejtőművek is kaphatók, ezek azonban kevésbé a tulajdonképpeni anyagvizsgálat céljait szolgálják, inkább egyes, gyakrabban előforduló termékek (csövek, membránok) minősítésére szolgálnak. Alkalmazásuk mindenestre a hagyományos vizsgálati módok iránti bizalmatlanságra mutat.

Szálvázaz mőanyagok vizsgálatok a bemetszés átvágná a szálbetétek egy részét, ezáltal a tényleges szerkezetben ritkán előforduló gyengítést eredményezne. Ezért az ütőhajlító vizsgálat helyett különleges nyíróvizsgálatok terjedtek el az egyes szálbetét-rétegek közötti elválás vizsgálatára.

Az utóbbi időben kezd elterjedni a műszerezett ütőhajlító vizsgálat, ami lehetővé teszi az ütés folyamán fellépő erő-idő vagy erő-út függvény felrajzolását. Mőanyagok esetén ennek a vizsgálatnak az alkalmazásakor az a nehézség jelentkezik, hogy a kalapács sebessége közel esik a hangnak a mőanyagban való terjedési sebességéhez, így a próbatestben lökéshullámok keletkeznek, melyek megzavarják a tulajdonképpeni erő-görbét. Ennek elkerülésére a kalapácsba rugalmas mőanyag-

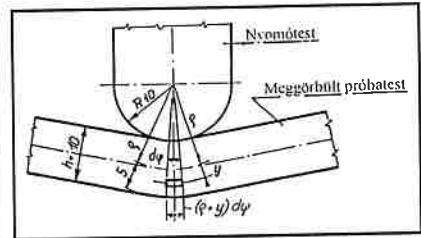


16. ábra. Mőanyagok hajlítóvizsgálatához használatos próbatetek méretei

testet helyeznek, ami szintén bonyolítja a mérési eredmények értelmezését.

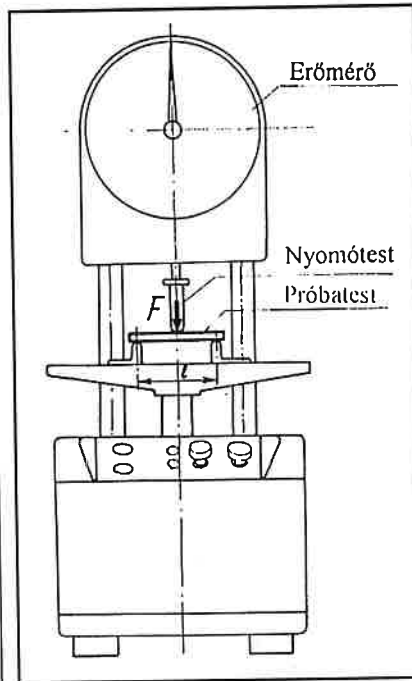
Hajlítóvizsgálat

Az eddigieknél megbízhatóbbnak tartja a gyakorlat a hajlítóvizsgálat eredményeit. Ezt a próbatestnek a kísérlet során elszervedett alakváltozásának jellege indokolja. A vizsgálatokhoz előírt próbatest-alakokat a 16. ábrán foglaltuk össze, a berendezés egy kiviteli formáját vázlatosan a 17. ábra, míg a nagyobb próbatestnek a nyomótest alatti szakaszát – már deformált állapotban – a 18. ábra mutatja. A próbatest mintegy ráfekszik a nyomótest hengeres felszínére, miáltal a semleges szálról y távolságra levő szál nyúlása $\epsilon = y/\rho$ értéknel

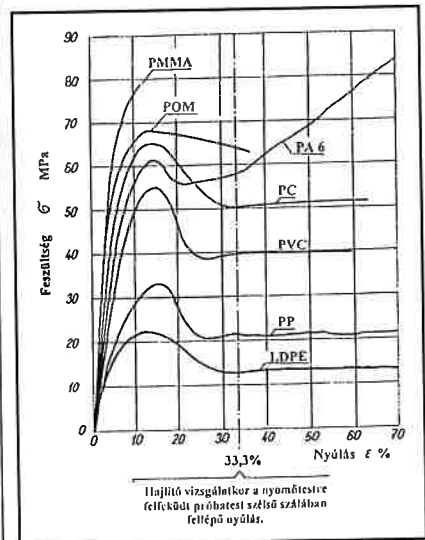


18. ábra. A hajlítóvizsgálat alkalmával a próbatest „ráfekszik” a nyomótestre, amelynek sugara behatárolja a próbatestben fellépő legnagyobb nyúlást, függetlenül a próbatest besüllyedésének mértékétől

nem lehet nagyobb. Az ábra adatai alapján a próbatest semleges szálának görbületi sugara $\rho = 15$ mm, a szélső szál távolsága $y = 5$ mm. Ezzel a nyúlás ott $\epsilon = 5/15 = 1/3 = 33,3\%$. Ugyanez adódik a kis próbatest esetén is. Ezt a nyúlásértéket berajzoltuk több mőanyagfajta szakítódiagramjába a 19. ábrán. A hajlítóvizs-



17. ábra. Hajlító gép mőanyagok vizsgálatához



19. ábra. A hajlítóvizsgálat során lehetséges legnagyobb nyúlás a különböző hőre lágyuló mőanyagok szakítódiagramjába berajzolva

gálat tehát kiküszöböli a legtöbb hőre lágyuló műanyag bizonytalan kúszási szakaszát és, minthogy a hajlítókísérlet alkalmazásával nem tud kialakulni a húzókísérletkor jelentkező nyakképződés, amint azt a 7. ábra mutatta, a kísérlet jobban közelíti az anyag valódi szilárdságát (pontosabban folyási határát), mint a húzókísérlet, annak ellenére, hogy a kísérlet kiértékelésekor csak a rugalmas alakváltozást feltételezve a hajlítószilárdságot a 16. ábra jelöléseivel az alábbi összefüggéssel számítjuk:

$$\sigma = \frac{M_h}{K} = \frac{F \cdot l}{4} \cdot \frac{6}{dh^2}$$

Hogy a próbatestnek a nyomótestre való felfekvése ne torzítsa el (nagyon) a feltételezett feszültegeloszlást és egyben „beletaláljanak” a mért legnagyobb feszültségértékbe, a hajlítószilárdságot a 16. ábra táblázatában megadott f besüllyedés elérésekor mért nyomaték-ból számítják. Ezt *határhajlító feszültségnek* nevezik.

A hajlítókísérletet mintegy a szakítóvizsgálat ellenőrzésére is felhasználják, azzal párhuzamosan végezve. Lehetőleg azonos

próbatésten ekkor fellépő legnagyobb nyúlás nem haladhatja meg az $\epsilon_{max} = 0,005 = 0,5\%$ értéket. Ehhez a nagy próbatésten $f_{max} = 0,833$ mm, a kis próbatésten pedig $f_{max} = 0,75$ mm besüllyedés tartozik a nyomótest alatti próbatésteresztmetszetben, ami a besüllyedés igen pontos mérését teszi szükségessé.

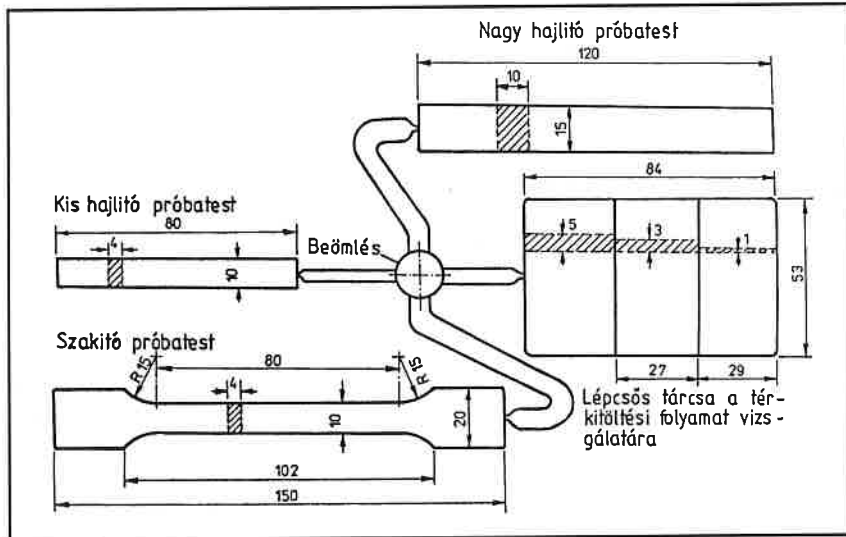
Teherbíró szerkezetek számára alkalmas műanyagok esetén a gyártók általában megadják a hajlítókísérlet alapján kiadódó rugalmassági modult (németül Biege-E-modul), de megadják azt is, hogy milyen szabvány előírásainak alapján határozták meg azt, ezzel mintegy figyelmeztelve a felhasználót, hogy a vizsgálat körülményeitől erősen eltérő körülmények között a mért adat félreértelmezhető lehet.

Fárasztóvizsgálat

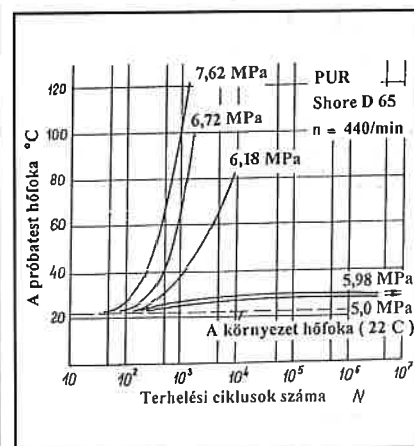
Ennek a vizsgálati módnak a lefolytatása szintén a fémeknél szokásos módszert követi és az eredmények megadása is hasonló azokéhoz. A vizsgálati eredményeket műanyagoknál két szempontból kell kritikával fogadni:

- a.) A műanyagok a fémeknél sokkal nagyobb hiszterézist mutatnak.
- b.) A műanyagok a fémeknél rosszabb hővezetők, tehát a hiszterézis miatt a próbatésten keletkezett hő nem tudván elfolyni, a próbatésten felmelegszik, miáltal rugalmas tulajdonságai is megváltoznak.

Mivel a hiszterézis keltette felmelegedés a fárasztás frekvenciájától is függ, a vizsgálat eredményei is függenek a terhelési frekvenciától. A próbatésten hőfoknövekedését poliuretán elasztomer forgóhajtogatása esetén a 21. ábra mutatja. A felmelegedés mértéke „kemény” műanyagok esetén kisebb mértékű ugyan, de a kapott eredmények csak a környezet hőfokát és a terhelés frekvenciáját megadva tekinthetők irányadónak. A különböző műanyag típusokra vonatkozó Wöhler-görbéket a 22. ábrába, Smith-diagramokat a 23. ábrába gyűjtöttük össze. Ezek azért is óvatosan kezelendők, mert a műanyagok módifikálása („ütésállóvá tétele”) még azonos típusú műanyagok esetén is erősen befolyásolja kifáradási tulajdonságukat.



20. ábra. Hajlító- és szakítópróbatéstenek előállítására közös fröccs-szerszámban



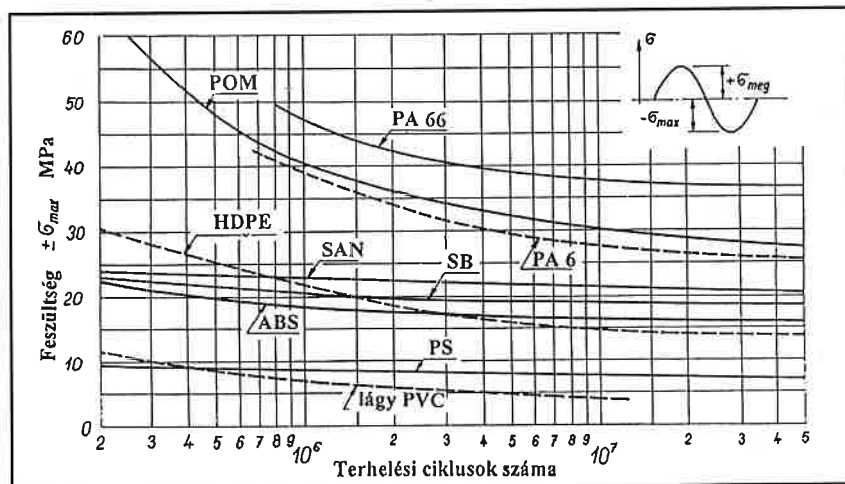
21. ábra. A próbatésten felmelegedése forgóhajtogatás hatására

anyagtulajdonság biztosítására a hajlító- és a húzópróbatéstenet közös fröccs-szerszámban is készítik, amire egy példát a 20. ábra mutat.

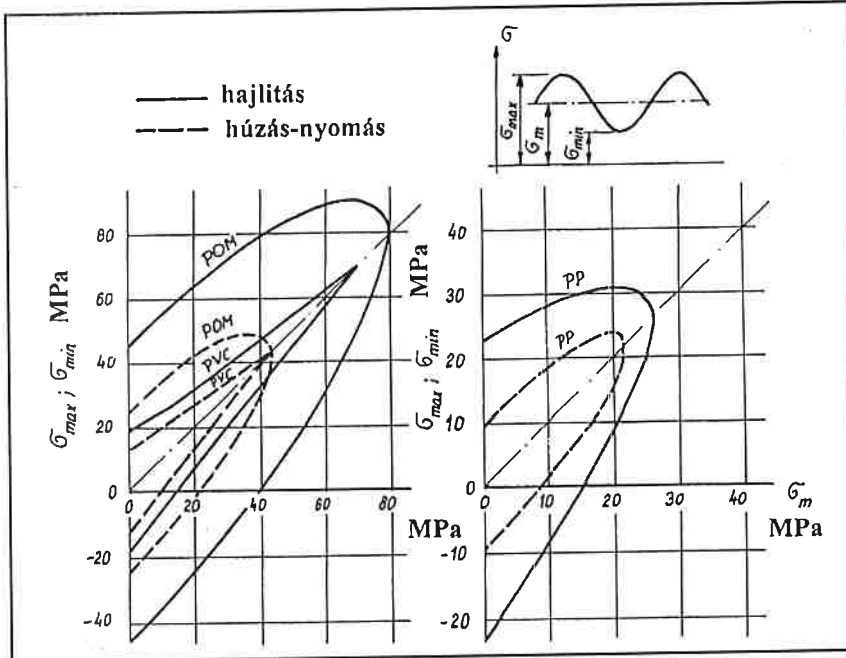
A próbatésten „ráfekvése” a teherátadó testre ugyanakkor nehézséget jelent a rugalmassági modulus meghatározásakor. Ezért, ha a rugalmassági modulus az ismert járulékképletre alapozott

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot I \cdot E}$$

képletből akarjuk meghatározni (ahol a 16. ábra jelöléseivel $l = d \cdot h^3 / 12$), a próbatéstennek csak olyan kis besüllyedésénél szabad az F erőt mérni, amikor a „ráfekvés” még nem torzítsa el a próbatésten nyomótest alatti keresztmetszetének feszültegeloszlását. Ezért írja elő a DIN 53452 és az MSZ 1422 szabvány azt, hogy a



22. ábra. Különböző hőre lágyuló műanyagok Wöhler-görbéje 20 °C-on, 10 Hz frekvenciával terhelve (forgóhajtogatás)



23. ábra. Különböző hőre lágyuló műanyagok Smith-diagramja 20 °C-on, 10 Hz frekvenciával terhelve (forgóhajtogatás)

Műanyagok különleges anyagvizsgálati módszerei

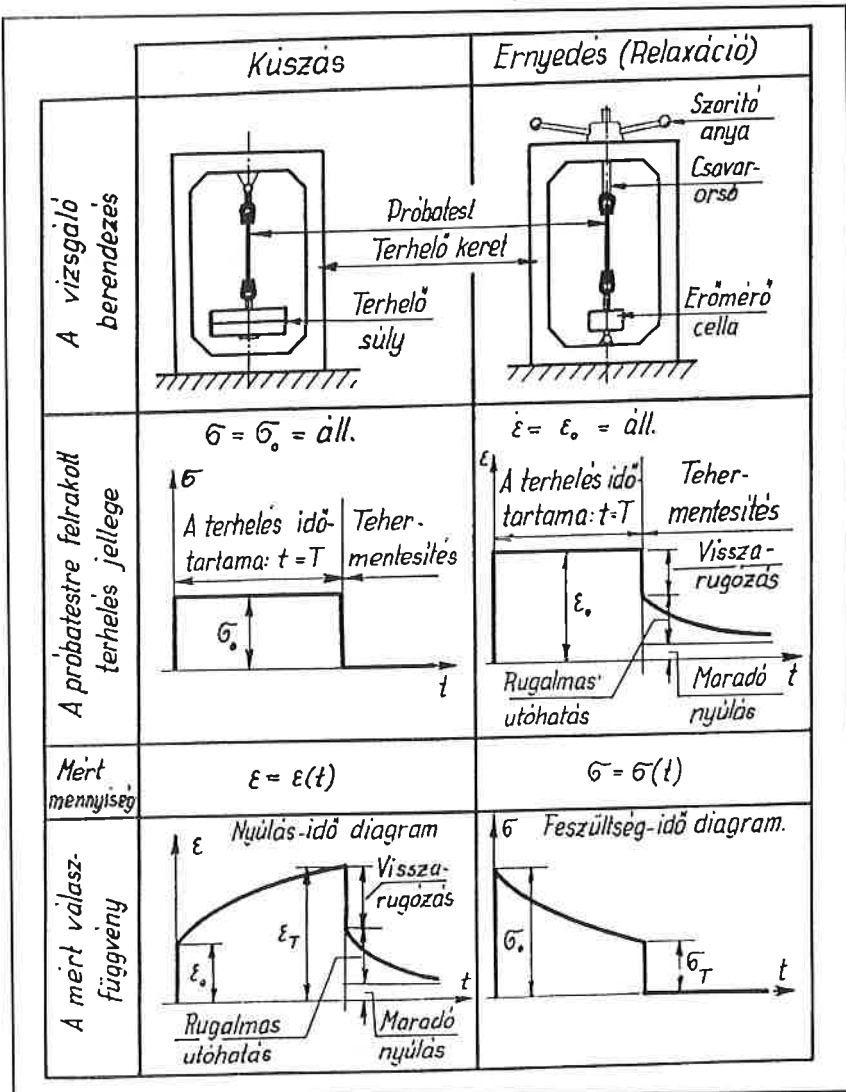
Amint azt az eddigiekben bemutattuk, a hagyományos anyagvizsgálati módszerek egyike sem írja le a műanyagok tulajdonságait olyan megbízhatóan, mint a fémekét. Ez a műanyagok tulajdonságaira vezethető vissza, nevezetesen:

- a.) A műanyagok viselkedése – a legtöbb fémtől eltérően – már szobahőmérsékleten is függ a statikus terhelés időtartamától. Hosszantartó állandó terhelés hatására alakváltozásuk növekszik (kúszás), illetve a tartósan állandó mértékű összenyomott vagy nyújtott állapotok fenntartásához szükséges kényszerítő erő nagysága idővel csökken (ernyedés). Mindkét esetben a terhelés időtartamával csökken az anyag rugalmassági modulusa.
- b.) A műanyagok anyagszerkezete rendeződésre hajlamos, amit hőre lágyuló anyagok esetén a molekulaláncoknak a meleg alakításra (fröccsöntés, extrudálás) jellemző anyagáramlás irányába való beállása („kifésülődése”) okoz. Ennek a rendeződésnek a hatására rugalmassági modulusuk és szilárdságuk a rendeződés irányában megnövekszik, arra merőlegesen lecsökken. Anizotróppá válik hőtágulási együtthatójuk is. A rendeződés mértéke egyazon alkatrészben helyről helyre változhat, esetenként igen nagy mértékben. Emiatt külső terhelés hatására egészen váratlan tönkremeneteli formák léphetnek fel. A tulajdonságok helyről helyre való változása egészen kis próbatesten végzendő vizsgálatokat igényel, a tulajdonságok elemzése szükségessé tesz a fémeknél ismeretlen fizikai-kémiai vizsgálati módszereket is.

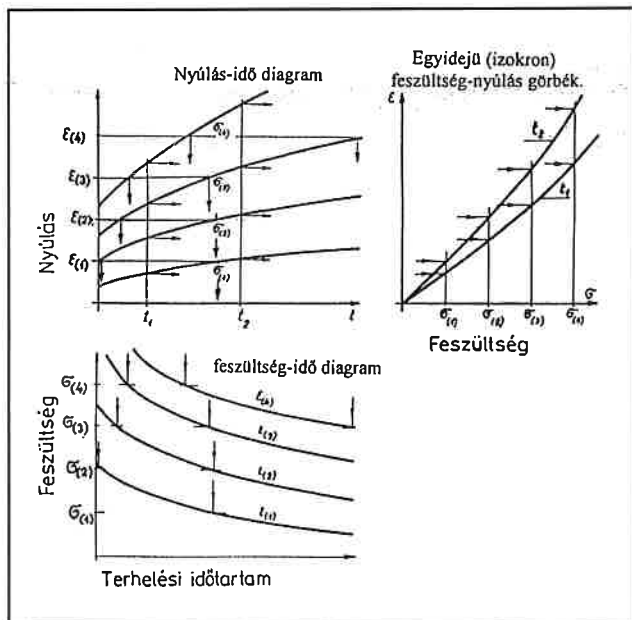
Kúszás- és ernyedésvizsgálata

Mindkét vizsgálati mód nagyon időigényes, sok próbatesten párhuzamosan végzendő, hosszan tartó kísérleteket tesz szükségessé. A vizsgálóberendezések elvét és egy-egy próbatesten észlelt feszültség-idő illetve nyúlás-idő diagram jellegét a 24. ábrán állítottuk össze. A vizsgálat nagy hely- és időigénye miatt üzemi laboratóriumok ilyen vizsgálatokra általában nem tudnak berendezkedni, így a felhasználók a műanyaggyártók adataira, illetve kutatóintézetek eredményeire vannak ráutalva.

Kúszásvizsgálatokat a legtöbb műszaki célú műanyagon végeztek, ezek a szakirodalomban illetve a gyártók termékismertetőiben rendelkezésre állnak. Ernyedésvizsgálata ezzel szemben kevés adat található, amit valószínűleg az okoz, hogy a vizsgálat igen merev terhelő berendezést és merev erőmérő cellákat igényel. Különböző feszültség-szinten elvégzett kúszásvizsgálatok kiértékelése és összefoglalása a 25. ábrán bemu-



24. ábra. A kúszás és az ernyedés vizsgálatához használt berendezések elvi vázlata, a próbatestre ható terhelés időbeli változása és a terhelés hatására jelentkező válaszfüggvény



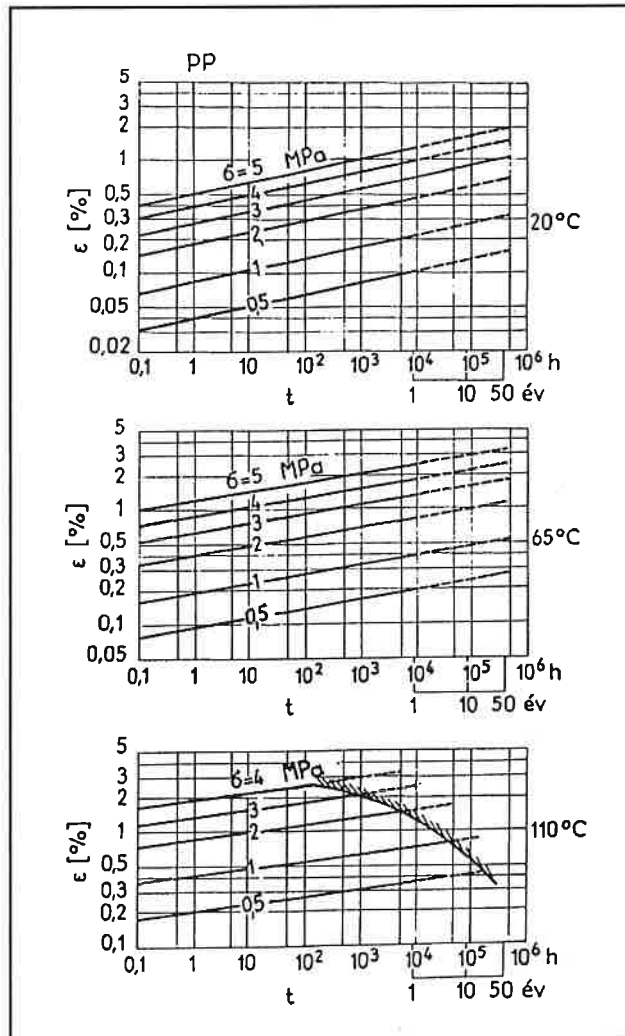
25. ábra. A különböző feszültszinteken elvégzett kúszásvizsgálat kiértékelése alapján kiadódó nyúlás-ido diagram és az ebből átszerkeszthető egyidejű (izokron) feszültség-nyúlás görbék, valamint a feszültség-ido diagram

tatott nyúlás-ido diagramot eredményezi. A vizsgálat lefolytatásának körülményeit szabványok rögzítik (pl. DIN 53444, ISO DR 748). Logaritmikus nyúlás- és időskálát alkalmazva az egyes feszültszintekhez tartozó nyúlás-ido görbék közel egyenesek, amint azt a 26. ábra mutatja. A három különböző hőfokon felvett kúszásgörbe közül a 110 °C-on felvett diagramon vonalkázott sávval a tönkremenetel megindulásának határgörbéje is fel van tüntetve.

A nyúlás-ido diagramból két másik görbesereg szerkeszthető meg, és ezek látszanak a felhasználó és különösen a tervező számára a leghasznosabbaknak. Az egyidejű (izokron) feszültség-nyúlás görbék (a 24. ábra jobb felső diagramja) lineáris feszültség- és nyúlástengelyekkel valódi szakítódigramok kezdeti szakaszaihoz hasonlítanak, de a görbesereg min-

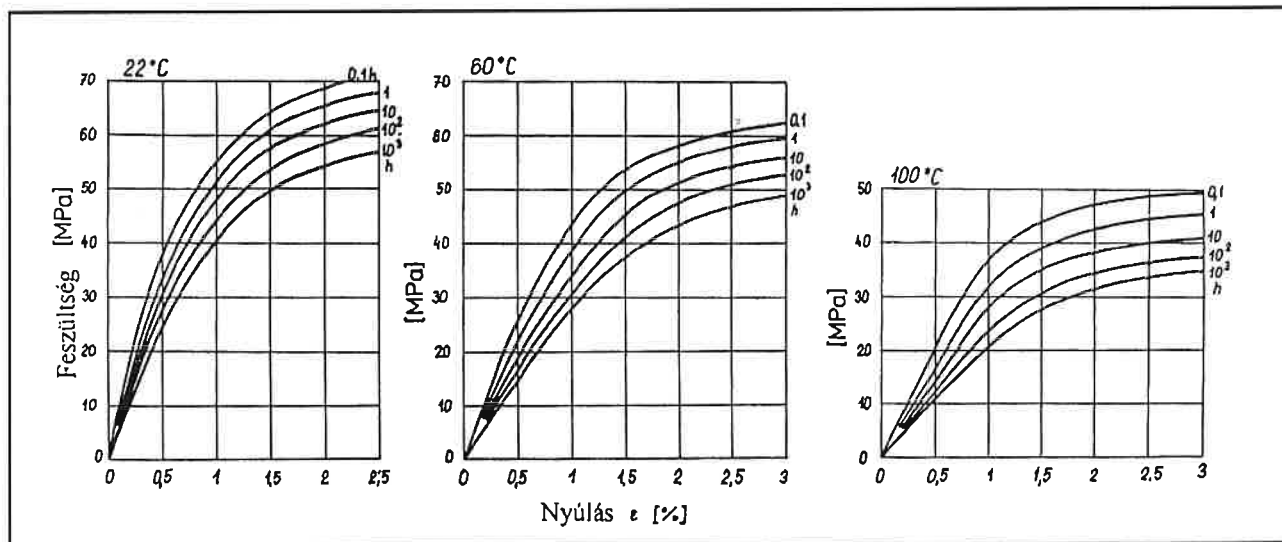
den görbéje különböző próbatesteken egy-egy adott terhelési időtartamhoz tartozó mért pontokból lett összerakva. Egy ilyen ábrásort – ezúttal is három különböző hőfokon felvéve – a 27. ábra mutat.

Az egyidejű feszültség-nyúlás diagramba is be lehet rajzolni a tönkremenetel határgörbéjét (28. ábra). Ezt itt úgy értelmezik, hogy ez az a határ, amelynek elérésekor az anyag tönkremeneteléhez vezető folyamat elkezdődik. A 28. ábra

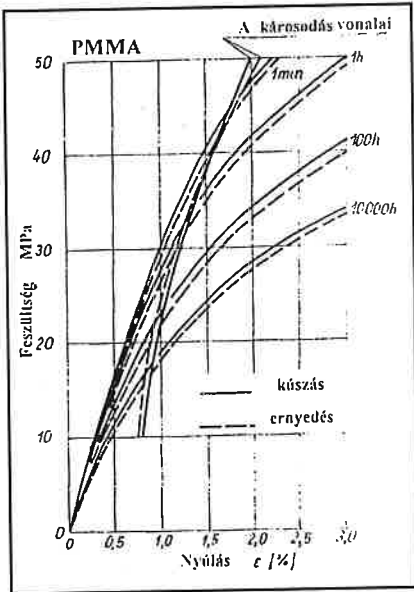


26. ábra. Polipropilén nyúlás-ido diagramja három különböző hőmérsékleten felvéve. A 110 °C-on felvett diagramban vonalkázott határgörbe jelzi a tönkremenetel megindulásának határát

akrilgyanta (PMMA) viselkedését jellemzi és a húzókísérlet eredményein kívül az ernyedési kísérletből kiadódó egyidejű feszültség-nyúlás görbéket is tartalmazza. Az ábra alapján arra



27. ábra. 30% üvegszál-vagdálékkal erősített polikarbonát (PC) egyidejű feszültség-nyúlás görbéi három különböző hőfokon felvéve



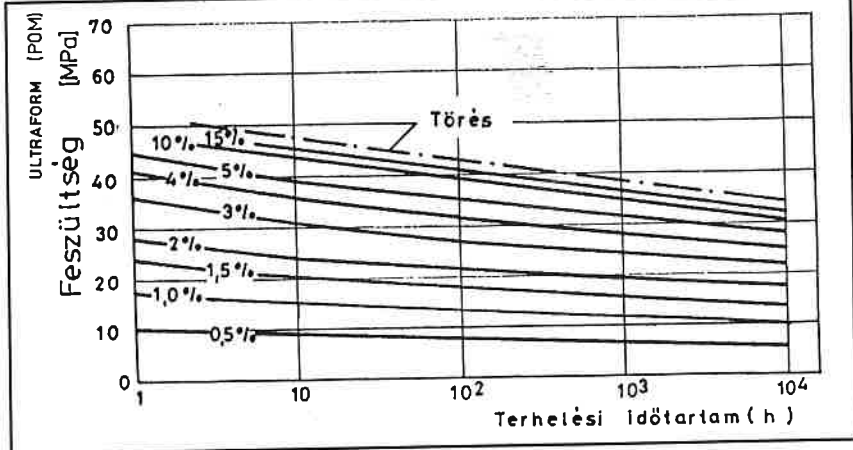
28. ábra. Akrilgyanta (PMMA) egyidejű feszültség-nyúlás görbéi kúszási és ernyedési kísérletekkel felvéve

lehet következtetni, hogy a két igénybevételi mód (kúszás és ernyedés) hatása nem nagyon különbözik egymástól.

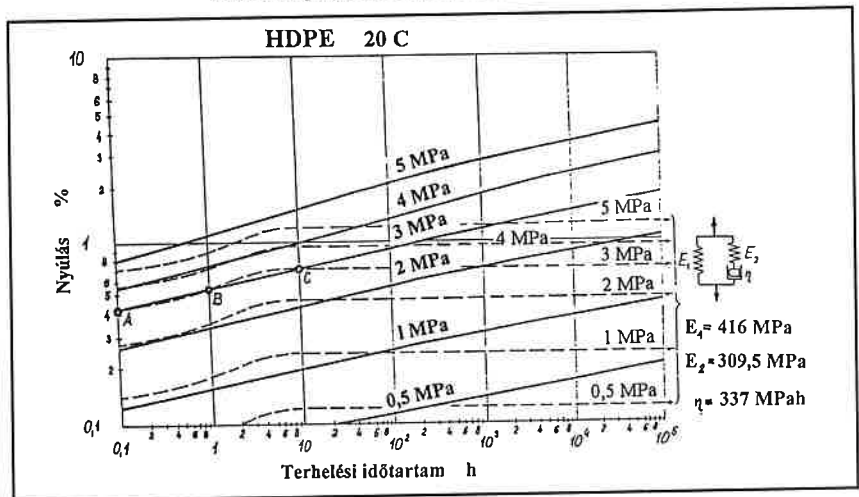
A másik átszerkeszthető görbesereg a feszültség-idő diagram. A szabványoknak megfelelően ezt is logaritmikus feszültség- ill. időskálával kell felrajzolni. A diagram egyes görbéi adott nyúlásértékekhez tartoznak (29. ábra.). Fel szokás tüntetni a tönkremenetel határgörbéjét is. Figyelemre méltó, hogy utóbbi gyakorlatilag párhuzamos a nagy alakváltozáshoz tartozó nyúlás-idő görbékkel. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy műanyag szerkezetek tönkremenetelét tartós terhelés esetén elsődlegesen nem a rá ható feszültség, hanem az elszennvedett alakváltozás okozza. Egy erre felépített szilárdsági méretezési módszert dolgozott ki az Institut für Kunststoffverarbeitung (Aachen, Németország) és ehhez csatlakozott az Építészeti Szabványozási Központ MI-04.55-78 jelű irányelve is.

Nem árt figyelmeztetni arra, hogy az egyszerűbb viskoelasztikus modellek műanyagok kúszását csak nagyon korlátozott idő- és feszültségtartományban írják le többé-kevésbé pontosan. Ennek hatását a 30. ábrában mutatjuk be, ahol egy műszaki célú műanyag (nagy sűrűségű polietilén HDPE) kísérletileg meghatározott nyúlás-idő görbéit teljes vonallal ábrázoltuk, majd ezt összehasonlítottuk az egyik görbe A, B és C pontjaira illesztett, és az ábra jobb szélén feltüntetett adatokkal rendelkező viskoelasztikus modellből számított nyúlás-idő görbékkel; ezeket szaggatott vonallal jelölve. Amint azt a két görbesereg összehasonlítása mutatja, valamennyire használható közelítés csak az A és C pontok közötti időtartományban várható.

Csővek kúszásvizsgálatára különleges vizsgálati és leírási mód alakult ki. A csövet víztöltéssel terhelik állandó hőfokon és nyomá-



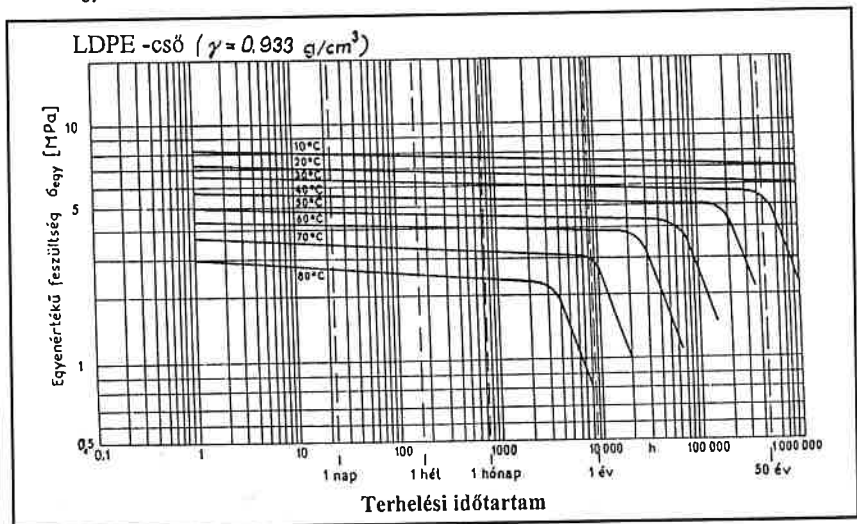
29. ábra. Acetátgyanta (POM) feszültség-idő diagramjai. Figyelemre méltó, hogy a tönkremenetel határgörbéje nagyjából párhuzamos az állandó nyúlás görbéivel. Ebből több kutató arra következtet, hogy műanyag alkatrészeket nem megengedhető feszültségre, hanem megengedhető nyúlásra kellene méretezni.



30. ábra. Nagy sűrűségű polietilén (HDPE) nyúlás-idő diagramja szobahőmérsékleten felvéve (teljes vonallal kihúzva). Az ábrába szaggatott vonallal berajzoltuk azokat a nyúlás-idő görbéket, amelyek az ábrán bemutatott viskoelasztikus modell állandóival a kísérletileg felvett görbesereg 3 MPa-hoz tartozó görbéjének A, B és C pontjaira illesztve adódtak.

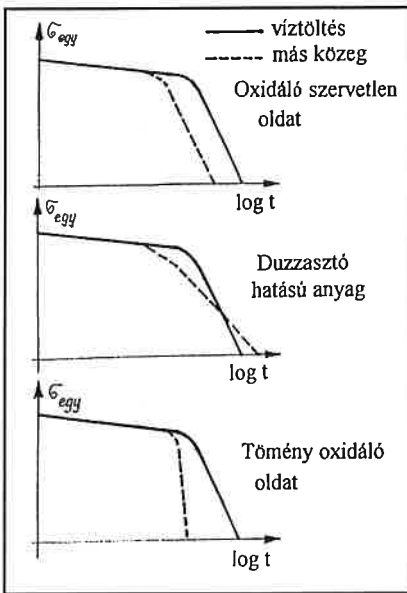
A számított görbék a mértéktől az A-C szakaszon kívül még jellegben is eltérnek.

son és méri a tönkremenetelig (felrepedés) tartó időtartamot. A mérés során a csőfalban ébredő gyűrű- és tengelyirányú feszültség-összetevőkből a Huber-Mises-Hencky-elmélet szerinti egyenértékű feszültséget számítják ki és ennek függvényében méri fel a tönkre-

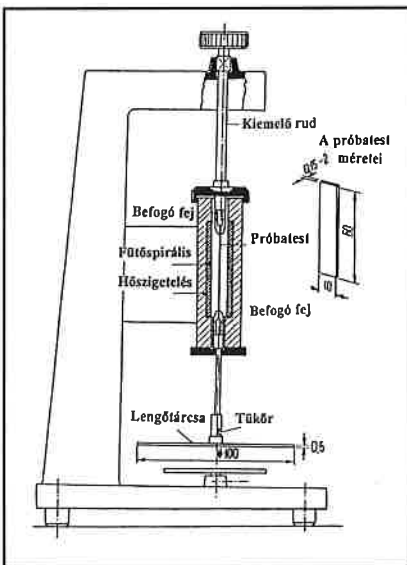


31. ábra. Kis sűrűségű polietilén (LDPE) cső tönkremeneteli határgörbéi belső víznyomás hatására különböző hőmérsékleten

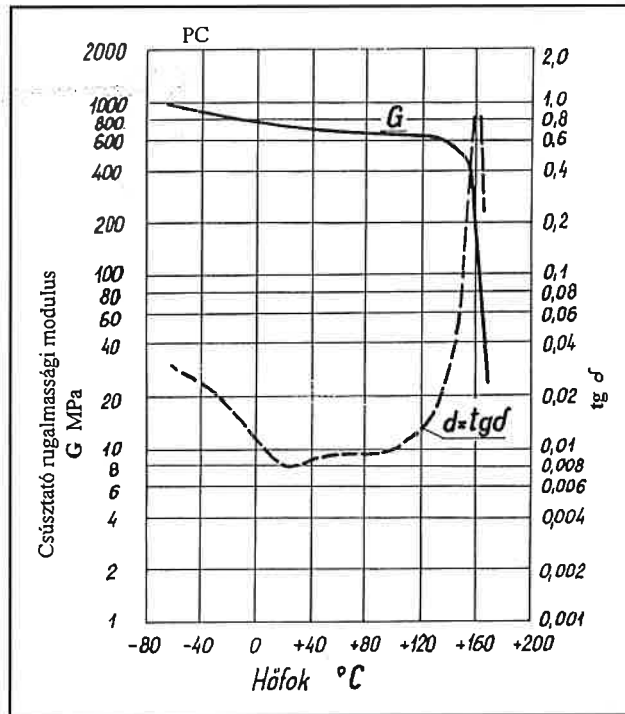
menetel időtartamát. A vizsgálatot különböző nyomáson és hőfokon elvégezve a 31. ábrán bemutatott görbesereg adódik. Figyelemre méltó a görbék iránytangenseinek hirtelen iránytörése egy meghatározott terhelési időtartam után. Az első, laposabb szakasz mentén a tönkremenetel képlékeny alakváltozás után következnek be. Az ezt követő meredek szakaszban a csőfal ridegen törik. A cső élettartamát alapvetően a meredek szakasz határozza meg, ezért a műanyag csöveket élettartamra méretezik oly módon, hogy adott terhelés (belső nyomás és hőfok) esetén a megengedhető üzemidőt az illető körülmények között a görbe meredek szakaszához tartozó tönkremeneteli időtartam előírt részarányaként (pl.



32. ábra. A csőben szállított közeg befolyása a műanyag cső tönkremeneteli határgörbéjének meredek szakaszára



33. ábra. Mérőkészülék (elvi vázlat) műanyagok G csúsztató rugalmassági modulusának és tgδ veszteségi szögének a szabad forgó lengés frekvenciájából ill. csillapodásából való meghatározására.



34. ábra. A 33. ábrának megfelelő készülékkel felvett G és tgδ értékek a hőmérséklet függvényében, polikarbonát (PC) típusú műanyagra a 0,2 – 1 Hz frekvenciatartományban

80%) határozzák meg. A meredek szakasz lefutását a csőben szállított közeg erősen befolyásolja. A befolyás jellegét a 32. ábrán mutatjuk be.

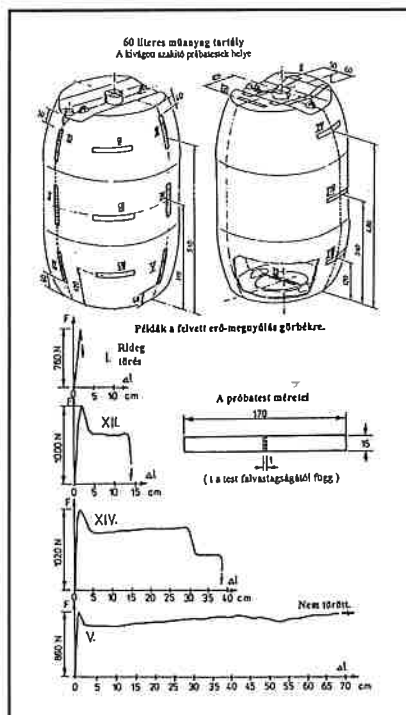
A kúszási és ernyedési tulajdonságok azt eredményezik, hogy ha egy lengésképes (rugóból és tömegből álló) rendszer rugója mű-

gedve a rendszer csavaró lengéseket végez. A tárcsához kötött tükröt párhuzamos fénynyalábbal (újabb kiviteleknel lézersugárral) megvilágítva és a tükrőről visszavert fény sugarat időarányosan mozgó fényérzékeny szalagra vetítve, azon kirajzolódik a lengés időbeli lefolyása. A lengés frekvenciájából meghatározható a műanyag-próbatest anyagának G csúsztató rugalmassági modulusa, a lengés csillapításából adódó logaritmus dekrementumból pedig a tgδ értéke. A rugó-próbatestet fűthető kamrába helyezve meghatározható G és tgδ hőfokfüggése, amire egy példát a 34. ábra mutat. Az ábrán jól megfigyelhető, hogy a csillapítás (tehát tgδ) ott nagy, ahol a csúsztató rugalmassági modulus a hőfokkal meredeken csökken.

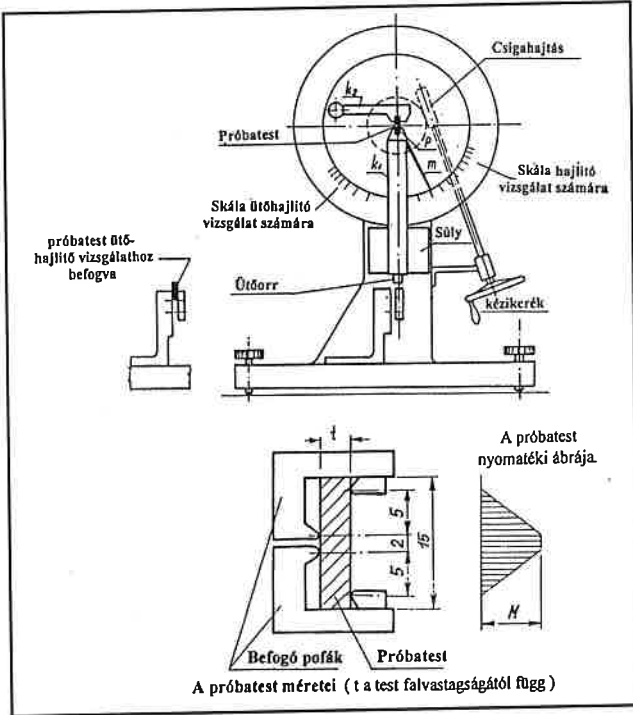
A vizsgálatnak az alkalmazott igen kis próbatestek miatt inkább fizikai-kémiai jelentősége van. Mivel a vizsgált próbatestek méretviszonyai miatt a fellépő lengések frekvenciája 0,1 és 10 Hz közé esik, ez a módszer a kúszásvizsgálatokat nem helyettesítheti, legfeljebb kiegészítheti.

A helyi szilárdság- és szívósság-ingadozás vizsgálata hőre lágyuló műanyag alkatrészekben

A meleg megmunkálás (fröccsöntés, extrudálás, vákuumformázás, palackfúvás) során végbe menő anyagszerkezet-rendeződés erősen befolyásolja az alkatrész szilárdsági viselkedését helyről helyre változó mértékben. Erre példaképpen egy 60 l-es fűvott palack különböző helyeiről kivágott – a szabványoshoz hasonló alakú – próbatestek helyét és azok



35. ábra. Műanyag tartály falán kijelölt szakítópróbatestek és néhány próbatest szakítókérséreltel felvett erő-megnyúlás görbéi. A diagramok jól mutatják a tartályfal egyes részeinek eltérően szívós viselkedését



36. ábra. A Dynstat készülék elvi felépítése

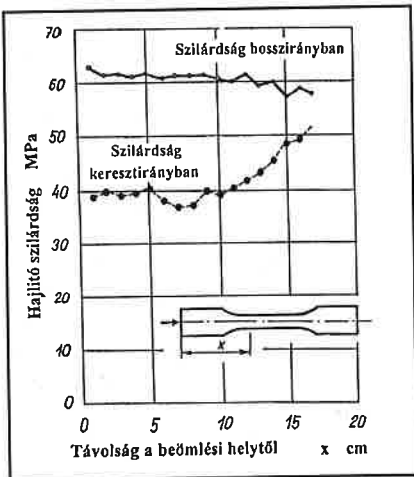
egy részén elvégzett szakítókérslet eredményeit foglaltuk össze a 35. ábrán. Nyilvánvaló, hogy ilyen jellegű vizsgálatokat csak nagyméretű alkatrészekre lehet elvégezni, hiszen a szilárdsági értékek a nagy próbatestek hossza mentén átlagolódnak. A szilárdsági és szívóssági adatok részletesebb feltérképezésére olyan vizsgálati módszerre van szükség, amely sokkal kisebb próbatesteken mér. Erre a célra fejlesztették ki a Dynstat készüléket, melynek elvi felépítését a 36. ábra mutatja. A készülék hajlító- és ütőhajlító vizsgálatok elvégzésére egyaránt alkalmas. Próbatestje 10×15 mm alapterületű, vastagsága nincs megkötve, függ a vizsgált alkatrész falvastagságától. Lehetőség van bemetszett próbatestek vizsgálatára is, de a bemetszés elké-

sztése a próbatest kis méretei miatt igen gondos munkát kíván. Valamennyire megbízható horonyalakot csak a 15. ábrán bemutatott metszőgéppel lehet elérni.

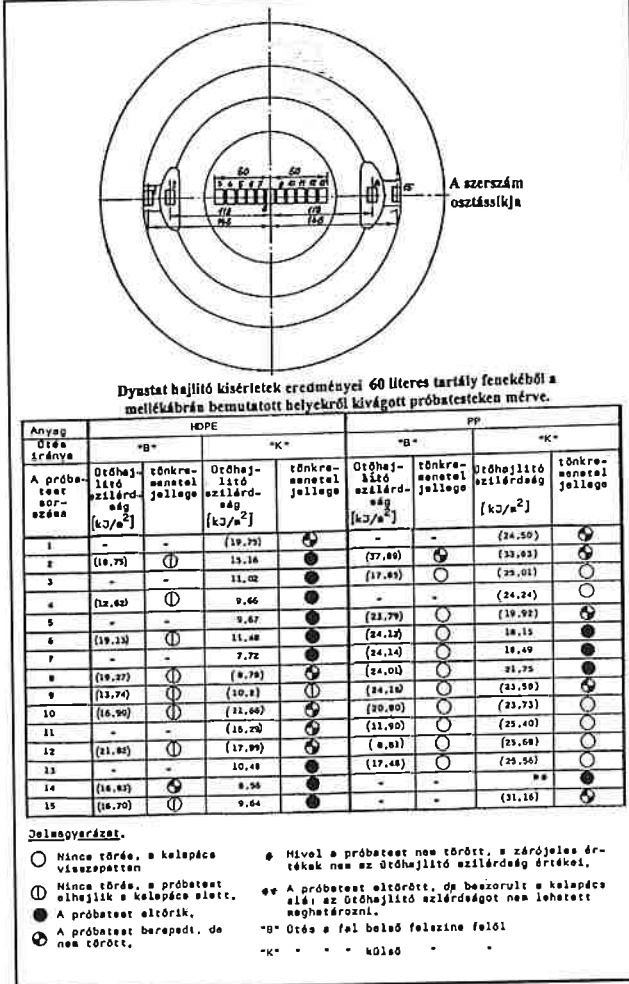
A végéről fröccsöntött, 170 mm hosszú, szabványos próbatestből hossz- és keresztirányban kivágott dynstat-próbatestek mért hajlítószilárdságnak a próbatest hossza menti eloszlását a 37. ábra mutatja, jól érzékeltetve a próbatestnek a mérőhossz mentén inhomogén viselkedését. A dynstat ütőhajlító vizsgálat eredményei a nagyobb alkatrészek mentén erősen szórnak, olyannyira, hogy belőlük átlagértéket számítani értelmetlen. Helyette szilárdsági fokozatokba kell sorolni a mérési eredményeket és azokat táblázatos formában lehet feltérképezni. Erre egy példát a 38. ábra mutat. Ez példa arra is, hogy az ütőhajlító szilárdság a tartályfal külső felszínén lényegesen kisebb, mint a belsőn. Ez azzal magyarázható, hogy a fúvással készült tartály falának külső felszíne fúvaskor a viszonylag hidegebb formával érintkezve gyorsabban hűl le.

A szilárdsági tulajdonságok kapcsolata más fizikai-kémiai vizsgálatokkal

A műanyagok szilárdsági tulajdonságait az őket alkotó szerves makromolekulák mérete és elrendeződése határozza meg. Ezért az



37. ábra. Végéről fröccsöntött, szabványos szakítópróbatestből kivágott dynstat-próbatesteken mért hajlítószilárdság a próbatest hossz- és keresztirányában

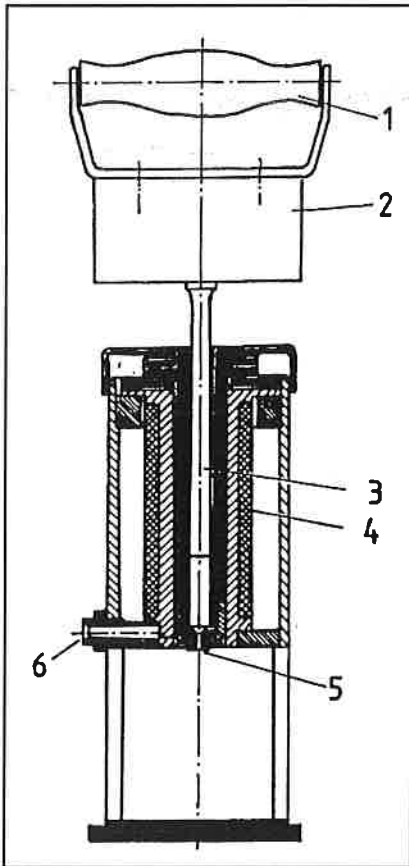


38. ábra. Tartályfenékből kivágott dynstat-próbatestek helyei és a próbatesteken végzett ütőhajlító vizsgálatok eredményei a tönkremenetel jellege szerinti jelekkel ellátva. HDPE: nagy sűrűségű polietilén, PP: polipropilén.

anyagvizsgálónak és a tervezőnek is érdemes figyelemmel kísérni azokat a főbb vizsgálati módokat, melyekből ezekre a jellemzőkre következtetni lehet. A következőkben három ilyen módszert ismertetünk.

Hőre lágyuló műanyagok folyóképességének (melt flow index) meghatározása

Hőre lágyuló műanyagok meleg alakításakor (fröccsöntés, extrudálás) a viszkózus folyadék állapotra felmelegített anyagot nagy nyomáson préselik formába. Minél „hígfolyósabb” az anyag, annál tökéletesebben tölti ki az adott esetben bonyolult alakú fröccs-szerszám üregét. A viszkozitás a műanyag hőmérsékletének növelésével csökkenthető ugyan, de a növekvő hőfokkal nő az anyag károsodása is. A feldolgozás-technika ezért előnyben részesítené a már alacsonyabb hőfokon is kisebb viszkozitású, tehát „hígfolyósabb” anyagokat, és ezért módszereket dolgoztak ki a viszkozitás értékének a meghatározására a meleg megmunkálás hőfokán. Ez a viszkozitás-hőfok kapcsolat szorosan függ a műanyag molekuláinak és ezzel molekulá súlyának



39. ábra. Hőre lágyuló műanyag folyóképességének vizsgálatára szolgáló berendezés elvi vázlatja: 1. fogantyú, 2. terhelő súly, 3. dugattyú, 4. fűtőspirál, 5. kiömlő fúvóka, 6. hőérzékelő

nagyságától, ez utóbbi pedig nagyban befolyásolja a műanyag üzemi hőfokon jelentkező szilárdságát. A folyóképesség meghatározására legelterjedtebb módszer az ún. *dugattyús plazstométer*. Ebben adott mennyiségű műanyagot egy hengerben a feldolgozás hőfokára melegítenek fel. A megolvadt műanyagot súly-

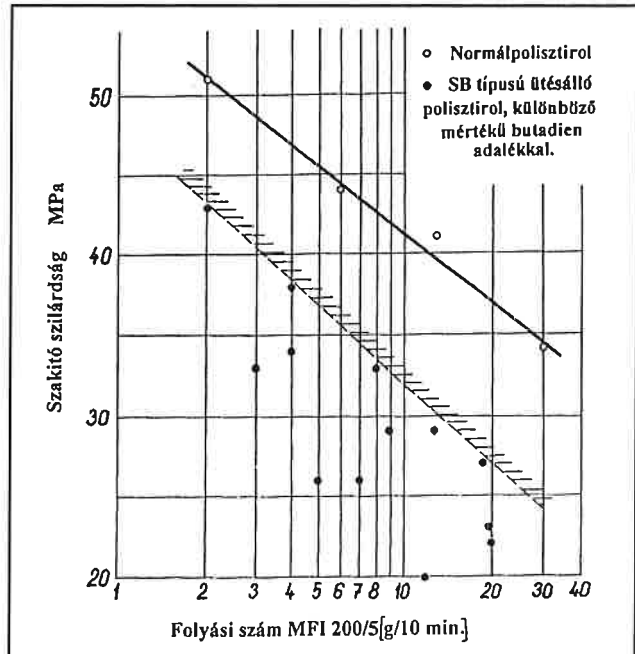
terhelésű dugattyú a henger alján levő szabványos méretű fúvókán keresztül kinyomja. Az adott idő (általában 10 perc) alatt kifolyt műanyag mennyiségét mérik. A hőfokot műanyagtípus szerint rögzítik (pl. polietilén esetén 190 °C). Az eredmények megadása a következőképpen szokásos: pl. ha 2,16 kg terhelő tömeg hatására 10 perc alatt 0,2 g műanyag folyik ki 190 °C-on, akkor a folyási szám (index) jelölése: MFI 190/2,16 - 0,2 g/10 min.

Egy régebbi típusú vizsgálóberendezés elvi vázlatát a 39. ábra mutatja. Egy korszerű berendezés képe pedig a 40. ábrán látható, amellyel a teljes mérési ciklus automatikusan végrehajtható a 100 - 400 °C tartományban. A folyási szám és a műanyag szilárdsága közötti kapcsolat (5 000 g terhelő tömeg és normál polisztirol, valamint különböző SB típusú ütészálló polisztirol esetén) a 41. ábrán látható. A hőmérséklet és az MFI-érték közös hatását a szilárdságra a 42. ábra mutatja.

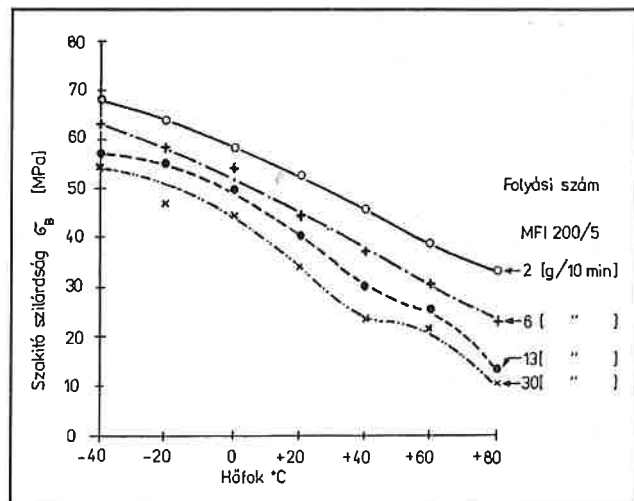
Mind a 41. mind a 42. ábra hasonló szerkezeti felépítésű, de különböző származású termékekre vonatkozik. Az azonos szerkezet ellenére a két diagram egymástól eltérő szilárdság-MFI kapcsolatot mutat. Ezt az eltérést a műanyag gyártója által alkalmazott és többnyire nem közölt adalékanyagok okozzák. Erre a felhasználónak mindenképpen oda kell figyelni, mert a nagy MFI érték könnyebben feldolgozható, de kisebb szilárdságú anyagot jelent.

A kristályos molekulaszervezet hatása a hőre lágyuló műanyag szilárdsági viselkedésére

Kristályosnak nevezik egyes műanyagok (polietilén, polipropilén, poliamid) azon tulajdonságát, hogy az őket alkotó molekulaláncok



41. ábra. A folyási szám és a szakítószilárdság közötti kapcsolat normál-polisztirol (PS) és ütészálló polisztirol (SB) esetén

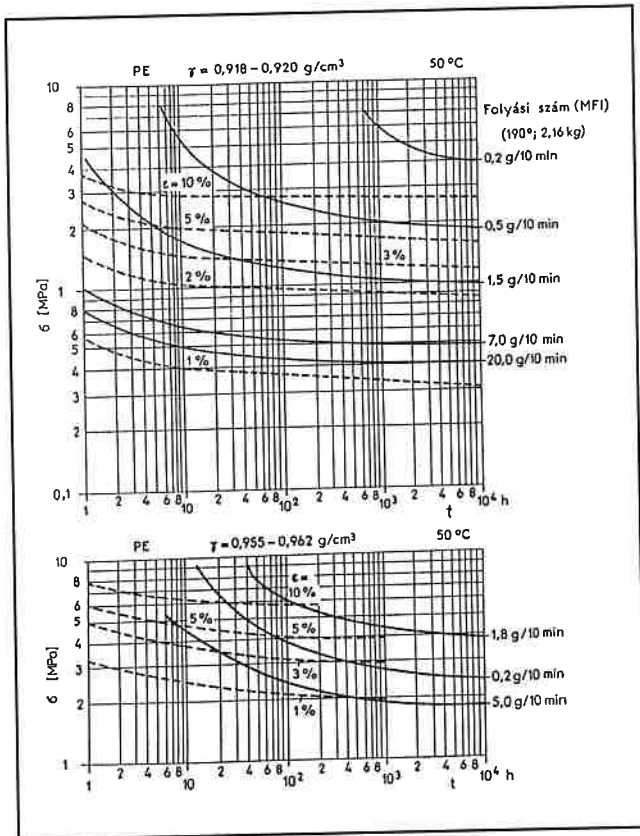


42. ábra. A hőmérséklet és a folyási szám együttes hatása a műanyag szilárdságára normálpolisztirol (PS: Hostyren) esetén. A vizsgálat körülményei: MFI 200/5.

hajlamosak szakaszonként egymás mellé rendeződni. Ez a fajta rendeződés független a műanyagra ható esetleges külső terheléstől, tehát nem tévesztendő össze a 8. ábra kapcsán tárgyalt és a külső igénybevétel, illetve az anyagáramlás hatására létrejövő rendeződéssel. A „kristályos” anyagszerkezet nyilván megnöveli a műanyag szilárdságát és szívósságát. Mivel az ily módon rendeződött molekulaláncok „jobban elférnek” egymás mellett, a kristályos szerkezetű műanyag sűrűsége nagyobb, mint a rendezetlen, „amorfi” szerkezetűé. Erre egy példát a 43. ábra mutat, amelyben egy kis sűrűségű ($\rho = 0,918 - 0,920 \text{ g/cm}^3$) és egy nagy sűrűségű ($\rho = 0,955 - 0,962 \text{ g/cm}^3$) polietilén 50 °C-on felvett feszültség-idő diagramját mutatja egymás alatt. A szaggatott vonalak az állandó nyúlás vonalait, a teljes vo-



40. ábra. Korszerű folyásindex-mérő berendezés (CEAST)



43. ábra. Kis sűrűségű (LDPE) és nagy sűrűségű (HDPE) polietilén feszültség-idő diagramjának összehasonlítása

nalak a tönkremenetel határgörbéi. A két diagram összehasonlításakor figyelemre méltó, hogy az állandó nyúlás vonalai többé-kevésbé függetlenek a folyási számtól, és csak a sűrűségtől függenek. Ugyanakkor a tönkremeneteli határgörbéket a folyási szám erősen befolyásolja. Ez ismét arra mutat, hogy a névlegesen azonos (ugyanolyan típusú) műanyagok közül való választáskor is figyelemmel kell lenni a sűrűsége.

Az utánsugorodás hatása

A meleg megmunkálás hatását az alkatrészek helyi tulajdonság-ingadozásainál már tárgyaltuk. Az ott említett anyagszerkezet-rendeződésnek egy eddig nem említett hatása az *utánsugorodás*. Ugyanis a műanyag molekuláinak a meleg alakítás hatására „kifésülődött” szerkezete természetellenes állapot, amiből az anyag szeretne statisztikailag rendezetlen (összegabalyodott) állapotba visszaalakulni. Ez a visszaalakulás szobahőmérsékleten csak kis mértékű, de mérhető (a meleg alakítás körülményeitől függően 0,02 – 0,1%) és különösen szoros illesztés esetén okozhat gondokat. Ugyanakkor az utánsugorodás mértéke a meleg alakításra jellemző anyagáramlás irányában nagyobb, mint arra merőlegesen. Ez okozza például középpontjukban fröccsöntött tálcák elhúzóását is.

Ennek a jelenségnek a vizsgálatára hozták létre az angol BS 3094/2 szabványt. Ennek

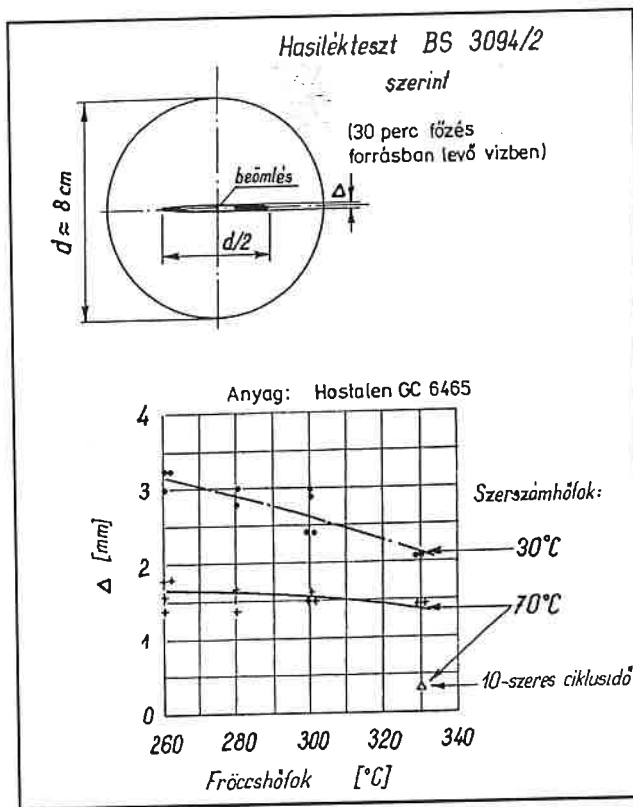
próbatestjét a 44. ábra mutatja. A közepéről fröccsöntött körtárcsának egyik átmérője mentén éles késsel mesterséges repedést vágnak és vizsgálják ennek a repedésnek a feltágulását. A szabvány 30 perces vízfürdőben való főzést ír elő. A 44. ábra a feltágulás mértékének a fröccsöntés körülményeitől való függésre is mutat példát.

Szakirodalom

A tárgykörnek igen nagy külföldi, de hazai szakirodalmi is van. A következőkben csak néhány, különösen a felhasznált ábrák származási helyét tartalmazó írásműre hivatkozunk.

1. Thamm, F.: Műanyagok szilárdságtana. 1. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1983.
2. Desselwily, O-Kappel, L.: Gumik és műanyagok vizsgálata. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966.

3. Menges, G.: Abschätzen der Tragfähigkeit massig beanspruchter Kunststoff-Formteile, Kunststoffe 57 (1967) 6.sz.
4. Racké, H.H.: Welche mechanischen Prüfungen liefern geeignete Grundlagen für das Konstruieren mit Kunststoffen, Kunststoffe 55 (1965) 346-350 o.
5. Gaube, E.: Kriechverhalten von Hartpolyäthylen und Polypropylen, Kunststoffe 57 (1967) 270-275.o.
6. Irányelvek műanyag szerkezetek erőtani tervezéséhez. Építésügyi Szabványosítási Központ, Műszaki irányelv. Budapest, 1978
7. Bezerédi, Á.: Instrumented Impact Testing of Polymers. Doktori disszertáció. BME Műanyag- és Gumiipari Tanszék, 1999.
8. Jacoby, N.: Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen. VDI-Z. 98 (1956) 524-525.o.



44. ábra. Hőre lágyuló műanyag utánsugorodásának vizsgálatára szolgáló próbatest (felül) és a próbatest hasítékának feltágulása 30 percg vízben való főzés után, a fröccsöntés körülményeinek függvényében (alul)

A műanyagok mechanikai és fizikai jellemzőinek meghatározásához

a vizsgáloberendezések teljes körű választékát hazánkban

a **TESTOR** forgalmazza.

Tájékoztatást ad: Tóth Péter, tel.: (1) 319-1-319, fax: (1) 319-2-284, e-mail: info@testor.hu; vagy keresse fel honlapunkat: www.testor.hu

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2000/12. – 2001/1. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

01 Általános előírások. Terminológia

- MSZ EN 1330-1-2, -5 és -8:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Fogalom-meghatározások. 1. rész: Az általános fogalmak leírása. 2. rész: A roncsolásmentes vizsgálati módszerek általános fogalmai. 5. rész: Az örvényáramos vizsgálat fogalmai. 8. rész: A tömörségvizsgálat fogalmai.
- MSZ EN 60068-5-2:2000; Környezetállósági vizsgálatok. 5. rész: Útmutató a vizsgálati módszerek tervezéséhez. 2. főfejezet: Fogalom-meghatározások.

17 Metrológia és mérés technika. Fizikai jelenségek

- MSZ EN ISO 2360:2000; Nemvezető bevonatok nemmágneses alapfémen. A rétegvastagság mérése. Örvényáramos módszer.
- MSZ EN ISO 4518:2000; Fémes bevonatok. A rétegvastagság mérése. Profilometriás módszer.
- MSZ EN ISO 9220:2000; Fémes bevonatok. A rétegvastagság mérése. Pásztázó elektronmikroszkópos módszer.

19 Vizsgálatok

- MSZ EN 1593:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Tömörségvizsgálat. Buborékemissziós módszerek.
- MSZ EN 1223:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. Az 1-es számú kalibrálást specifikációja.
- MSZ EN 583-3:2001; Roncsolásmentes vizsgálatok. Ultrahangos vizsgálat. 3. rész: Átsugárzásos módszer.
- MSZ EN 571-1:2001; Roncsolásmentes vizsgálatok. Folyadékbehatolás vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek.
- MSZ EN ISO 3452-3,-4:2000; Roncsolásmentes vizsgálat. Folyadék-behatolásos vizsgálat. 3. rész: Ellenőrző testek. 4. rész: Berendezések.

23 Általános rendeltetésű hidraulikus és pneumatikus rendszerek és egységeik

- MSZ EN 1979:2000; Műanyag csővezeték- és csatornarendszerek. Spirális kialakítású, szerkezeti falú, hőre lágyuló műanyag csövek. A varrat húzószilárdságának meghatározása.
- MSZ EN 12293:2000; Műanyag csővezetékrendszerek. Hőre lágyuló műanyag csövek és csőídomok meleg és hideg vízhez. A felszerelt szerelvények ciklikus hőmérsékleti igénybevétellel szembeni ellenállásának vizsgálati módszere.
- MSZ EN 12294:2000; Műanyag csővezetékrendszerek. Rendszerek meleg és hideg vízhez. A vákuum alatti tömörség vizsgálati módszere.
- MSZ EN 12295:2000; Műanyag csővezetékrendszerek. Hőre lágyuló műanyag csövek és csatlakozó csőídomok meleg és hideg vízhez. A kötések ciklikus nyomásterheléssel szembeni ellenállásának vizsgálati módszere.
- MSZ EN 12061:2000; Műanyag csővezetékrendszerek. Hőre lágyuló műanyag csőídomok. Az ütőszilárdság vizsgálati módszere.

25 Gyártástechnika

- MSZ EN 876:2000; Fémekek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseinek roncsolásos vizsgálata. Ömlesztőhegesztéssel készített kötés hosszirányú szakítóvizsgálata.
- MSZ EN 1435:2000; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok radiográfiai vizsgálata.
- MSZ EN 12517:2001; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok radiográfiai vizsgálata. Átvételi szintek.
- MSZ EN 12799:2000; Keményforrasztás. A keményforrasztással készített kötések roncsolásmentes vizsgálata.
- MSZ EN 12797:2000; Keményforrasztás. A keményforrasztással készített kötések roncsolásos vizsgálata.
- MSZ EN 1289:2001; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Folyadékbehatolásos vizsgálat. Átvételi szintek.
- MSZ EN 1290:2001; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat.

- MSZ EN 1291:2001; Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat. Átvételi szintek.

29 Elektrotechnika

- MSZ EN 60672-2:2000; Kerámia és üveg szigetelőanyagok. 2. rész: Vizsgálati módszerek.

59 Textil- és bőipar

- MSZ EN ISO 12947-1-4:2000; Textilíák. Kelmék kopásállóságának meghatározása Martindale-módszerrel. 1. rész: Martindale-koptatóberendezés. 2. rész: A próbadarab károsodásának meghatározása. 3. rész: A tömegvesztés meghatározása. 4. rész: A külső kép megváltozásának értékelése.
- MSZ EN 12332-1:2000; Gumi- vagy műanyag bevonatú kelmék. A repesztési szilárdság meghatározása. 1. rész: Acélgolyós módszer.

73 Bányászat és ásványok

- MSZ EN 1925:2000; Természetes építőkövek vizsgálata. A kapilláris-vízfelszívási tényező meghatározása.
- MSZ EN 1926:2000; Természetes építőkövek vizsgálata. A nyomószilárdság meghatározása.

77 Kohászat

- MSZ EN ISO 6506-1-3:2000; Fémekek. Brinell-keménység mérése. 1. rész: Mérési eljárás. 2. rész: Keménységmérő gépek hitelesítése és kalibrálása. 3. rész: A keménység-összehasonlító lapok kalibrálása.
- MSZ EN ISO 6507-1-3:2000; Fémekek. Vickers-keménység mérése. 1. rész: Mérési eljárás. 2. rész: Keménységmérő gépek hitelesítése és kalibrálása. 3. rész: A keménység-összehasonlító lapok kalibrálása.
- MSZ EN ISO 6508-1-3:2000; Fémekek. Rockwell-keménység mérése. 1. rész: Mérési eljárás (A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T skálák). 2. rész: Keménységmérő gépek hitelesítése és kalibrálása. (A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T skálák). 3. rész: A keménység-összehasonlító lapok kalibrálása (A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T skálák).
- MSZ EN ISO 7500-1:2000; Fémekek. Egytengelyű statikus anyagvizsgáló gépek vizsgálata. 1. rész: Húzó/nyomó anyagvizsgáló gépek.
- MSZ EN ISO 10228-1:2000; Kovácsolt acéltérmekek roncsolásmentes vizsgálata. 1. rész: Mágnesezhető poros vizsgálat.
- MSZ EN ISO 642:2000; Acélok. Acélok átedzhetőségének vizsgálata véglapedzéssel (Jominy-vizsgálat).
- MSZ EN 10218-1-2:2000; Acélhuzalok és huzaltermékek. Általános követelmények. 1. rész: Vizsgálati módszerek. 2. rész: A huzalok méretei és tűrései.
- MSZ EN ISO 945:2000; Öntöttvas. Az öntöttvas grafitjának mikroszerkezete és jelölési rendszere.

79 Faipar

- MSZ EN 1193:2000; Faszerkezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. A nyírószilárdság és a rostirányra merőleges mechanikai tulajdonságok meghatározása.
- MSZ EN 13329:2000; Rétegelt padlóburkoló anyagok. Előírások, követelmények és vizsgálati módszerek.

81 Üveg- és kerámiaipar

- MSZ EN 1063:2000; Építési üveg. Biztonsági üvegezés. A golyóállóság vizsgálata és osztályozása.
- MSZ EN 1288-1-5:2000; Építési üveg. Az üveg hajlításiállóságának meghatározása. 1. rész: Az üvegvizsgálat alapjai. 2. rész: Koaxiális, dupla gyűrűs vizsgálat nagy vizsgálati felületű sík próbatesten. 3. rész: Két ponton alátámasztott próbatestekkel végzett vizsgálat (négy-pontos hajlítás). 4. rész: Csatorna alakú üveg vizsgálata. 5. rész: Koaxiális, dupla gyűrűs vizsgálat kis vizsgálati felületű sík próbatesten.
- MSZ ENV 13233:2000; Nagy teljesítőképességű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok. Elnevezések és jelölések.
- MSZ ENV 13234:2000; Nagy teljesítőképességű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok. Mechanikai tulajdonságok környezeti hőmérsékleten. A repedés terjedésével szembeni ellenállás meghatározása a bemetszésérzékenység vizsgálatával.
- MSZ ENV 12235:2000; Nagy teljesítőképességű műszaki kerámiák.

Kerámiakompozitok mechanikai tulajdonságai magas hőmérsékleten, semleges légkörben. A kúszási viselkedés meghatározása.

83 Gumi- és műanyagipar

- MSZ 493:2001; Szabványos gumivizsgálati módszer. Hőregítés lég-cirkulációs szárítószerkezetben.
- MSZ EN ISO 2039-2:2001; Műanyagok. A keménység meghatározása. 2. rész: Rockwell-keménység.
- MSZ EN ISO 6252:2001; Műanyagok. A környezet által okozott feszültségkorrozio (ESC) meghatározása. Állandó húzófeszültségű módszer.

87 Festék- és színezékipar

- MSZ EN ISO 1513:2000; Festékek és lakkok. A minták ellenőrzése és előkészítése a vizsgálatokhoz.
- MSZ EN ISO 1514:2000; Festékek és lakkok. Szabványos mintalemezek vizsgálathoz.
- MSZ EN ISO 1518:2000; Festékek és lakkok. Karcolási vizsgálat.
- MSZ EN ISO 1522:2000; Festékek és lakkok. Ingás keménységvizsgálat.
- MSZ EN ISO 2808:2000; Festékek és lakkok. A rétegvastagság meghatározása.
- MSZ EN ISO 2813:2000; Festékek és lakkok. A nemfém festékretegek tükröfényének a meghatározása 20°, 60° és 85° alatt.
- MSZ EN ISO 2815:2000; Festékek és lakkok. A keménység meghatározása Buchholz szerint.
- MSZ EN ISO 7783-1-2:2000; Festékek és lakkok. A vízgőzáteresztő képesség meghatározása. 1. rész: Csészemódszer szabad filmekhez.

2. rész: Meghatározás és osztályozás a külső falazatokra és betonra alkalmazható bevonóanyagokhoz és bevonatrendszerekhez.

91 Építőanyagok és építés

- MSZ EN 1542:2000; Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A tapadószilárdság meghatározása leszakítással.
- MSZ EN 1052-2 és -4:2000; Falazatok vizsgálati módszerei. 2. rész: A hajlítószilárdság meghatározása. 4. rész: A nyomószilárdság meghatározása nedvességszigetelő réteggel együtt.
- MSZ EN 1015-3, -9-11 és -19:2000; Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 3. rész: A friss habarcs konzisztenciájának meghatározása (ejtőasztal). 9. rész: A friss habarcs bedolgozhatósági és korrigálhatósági idejének meghatározása. – A megszilárdult habarcs testsűrűségének (10. rész), hajlító- és nyomószilárdságának (11. rész) és páraáteresztő képességének (19. rész) meghatározása.
- MSZ EN 1170-1-8:2000; Előre gyártott betontermékek. Az üvegszál erősítésű beton vizsgálati módszerei. 1. rész: Az alapkeverék konzisztenciájának mérése a roskadásvizsgálat módszerével. 2. rész: A friss beton üvegszál-tartalmának mérése a kimosásvizsgálat módszerével. 3. rész: A szórt eljárással készített üvegszál erősítésű beton szál-tartalmának mérése. – A hajlítószilárdság mérése az egyszerűsített (4. rész), illetve a teljes hajlítóvizsgálat módszerrel (5. rész). 6. rész: A száraz állapotú testsűrűség és a vízfelvétel (bemerítéssel) meghatározása. 7. rész: A nedvességtartalom miatti méretváltozások szélső értékeinek meghatározása. 8. rész: A tartósság vizsgálata ciklikus klimatikus igénybevétellel.

Beszámolók

EPERC-közgyűlés a nyomástartó szerkezetek biztonságáért

A Nyomástartó Szerkezetek Európai Kutatási Tanácsa (European Pressurised Equipment Research Council, EPERC) 1995-ben alakult meg, és az 5. közgyűlésüket Milánóban tartották 2000. november 27-28-án. A regisztrált tagok száma több mint 400 volt. Az EPERC a nemzeti hálózatokat egyesíti azáltal, hogy minden nemzetnek van súlyozott szavazati joga a szervezet *végrehajtó bizottságában*. Az eredetileg az EU tagjainak kizárólagos részvételével alapított szervezetben, és annak legfelsőbb vezető testületében, az 5. közgyűléstől kezdődően, az EU-hoz csatlakozni kívánó országok is helyet kaptak. Így kapott megfigyelői státuszt Szlovénia, a Cseh Köztársaság és Magyarország képviselője. Ez utóbbi feladatot a GTE delegátusként én látom el. Jelenleg 16 ország mintegy 160 szervezetének képviselői vesznek részt a munkában.

A szervezet működése alapvetően internetes kommunikáción nyugszik, amelynek székhelye az EU közös kutatóintézetének egyike (JRC, Petten, Hollandia). A központi honlapot (<http://www.eperc.jrc.nl/>) az egyes tagországok honlapjai egészíthetik ki. A hazai honlap az BayLogi szerverén készült el vezetésemmel: <http://eperc.bzlogi.hu/Cel/cel.html>. Az EPERC azon klubszerű hálózatok egyike, amely igyekszik összefogni egy-egy szakmai terület szakembereit olyan formában, hogy a hálózat tevékenységével egyrészt segítse, véleményezze és terjessze a különböző forrásokból finanszírozott kutatási projekteket, másrészt tagjain keresztül kezdeményezze az új projekteket azokon a területeken, amelyeken európai szinten ipari érdeklődés mutatkozik.

Az EPERC tagjai szakmai tevékenységüket a következő technikai bizottságokban végzik:

- ♦ TTF1 tervezés kifáradásra (elnök: S. Maddox, UK)
- ♦ TTF2 nagy szilárdságú acélok alkalmazása (elnök: P. Bocquet, Franciaország)
- ♦ TTF3 felülvizsgálat és vizsgálat (elnök: A. Jovanovic, MPA, Németország)
- ♦ TTF4 karimák és tömítések (elnök: H. Kockelmann, MPA, Németország)
- ♦ TTF5 szerkezetek épsége (integritása) az üzemeltetés során (elnök: V. Bicego, Olaszország)
- ♦ TTF6 alternatív üzemanyagok tartályai

♦ TTF7 hidrogénes elridegedés (elnök: R. Koers, Hollandia)

Az egyes technikai bizottságok legfőbb feladata az adott szakmai területen különböző projektek szervezése és – az EPERC vezető testületeinek véleményeztetését követően – a különböző források felkutatása a szükséges finanszírozási háttér megteremtésére. Ezek egyike az EU által meghirdetett programok (pl. az 5. kutatási keretprogram), amelyeknek képviselője minden egyes közgyűlésen előadást tart az aktuális és a várható lehetőségekről.

Az EPERC közgyűlésének első napján délelőtt a TTF5 munkacsoport ülésén vettem részt. A csoport vezetője áttekintette azon lehetőségeket, kezdeményezéseket, amelyeknek eredményei projekteken realizálódhatnak. Javaslatomra a bizottság előzetes projektként elfogadta a *Nyomástartó rendszerek repedésérzékenységének rangsorolása* című témát és a bizottság titkárával együtt a projekt előkészítésével bíztak meg.

A közgyűlés délutáni programját – a házigazda, az ANIMA (a magyar Gépipari Tudományos Egyesület megfelelője) képviselőjének, E. Malcovati úrnak az üdvözlő szavait követően – az EPERC elnökének, L. Valibusnak az éves beszámolója nyitotta meg. Ezt követően F. Bressani adott tájékoztatást a PED (az EU által elfogadott és 2002. május 28-tól bevezetésre kerülő Nyomástartó edények irányelve) olaszországi bevezetéséről, érzékelte annak nehézségeit, különös tekintettel a minősítő szervezetre (notified body). Az olaszok számos tanfolyamot hirdettek meg a PED bevezetésével kapcsolatos szemlélet formálására. Ezen tanfolyamok egy-egy részfeladatot ölelnek fel, időtartamuk témánként 4–12 óra.

H.H. Peddersen az EU 5. kutatási keretprogram adta további lehetőségeket (KA 1 és MAT Call) ismertette. A 2000 decemberében meghirdetett felhívások szerint a projektek beadásának határideje: 2001. május 15. A rendelkezésre álló keretek: 195 M euró a KA1-re és 65 M euró a MAT Callra.

M. Prager az amerikai PVRC (Pressure Vessel Research Council) tevékenységéről adott részletes információt. Előadásának anyaga megtalálható a következő internetcímen: <http://www.forengineers.org/>.

K. Yagi a japán PVRC sajtós felépítéséről, tevékenységéről adott tájékoztatást. E-mailcíme: yagi@nrim.go.jp.

F. Lidonni az ENVELOPS projektről (Euro Norm Validation through Examples Linked to Operating Pressure vessel Standards) szövege. Külön-

böző szabványok felhasználásával összehasonlító számításokat végeztek a karimák méretezésére, valamint a hengeres, fekvő elrendezésű nyomástartó edények nyeregben való felfekvéseinek elemzésére. Ezen eredményeket értékelték az elkészült európai szabvány szövegéből.

A TTF technikai csoportok elnökeinek a beszámolóit a következőkben foglalhatók össze röviden:

TTF1 (S.J.Maddox): 74 tag kapcsolódott 14 országból az általa vezetett csoporthoz, amelynek kb. fele-fele ipari és kutatói partner. A témához kapcsolódó finanszírozott projekt: DG Enterprise Fatigue Design Survey, (finanszírozva a DGIII által). Az elvégzett kérdőíves felmérések szerint az ASME VIII-t alkalmazzák leggyakrabban Európában a fáradás hatása való méretezésnél (506 személynek kérdőívet küldtek ki és kb. 50 válasz érkezett, hazánkban is). A *Teaching and education activities related to design by analysis (DBA)* kézikönyvet – amely a végesselelemes számítások elterjesztését célozta meg – a nemzeti képviselőknek megküldték és az ehhez kapcsolódó oktatást folytatják. A DBA-projekt további finanszírozására forrást kell találni. A lehetséges projekt témák: a feszültséggyűjtő helyek hatása a kifáradásra, végesselelemes módszerek alkalmazása a feszültséggyűjtő helyek meghatározására, hegesztett kötések fáradási tulajdonságának becslése.

TTF2 (P. Bocquet): a csoport tevékenységébe 35 személy kapcsolódott be. A csoport szakmai munkájának az a célja, hogy a növelt szilárdságú acélok alkalmazásával elérhető falvastagság-csökkenésnek a gazdasági eredménye is realizálható legyen. Ehhez mind az előírások, mind pedig a gyártástechnológia és az üzemeltetés területén számos lépést kell megtenni (hidrogén hatása, hegesztéstechnológia, repedésérzékenység). A témához kapcsolódó futó programok, projektek: a DGIII által finanszírozott HSD, ALIAS-RDC és a DG XII által finanszírozott ECOPRESS, ELIXIR. Ezek célkitűzéseiről, a résztvevőkről és feladataikról beszámoló hangzott el.

TTF3 (A. Jovanovic): a tagok száma kb. 70, a levelezési listán szereplők száma kb. 450. A projektek alapvetően a kockázat alapú karbantartási stratégiák európai meghonosításához kapcsolódnak. Az egyik ilyen projekt a RIMAP2=RIMAP1+RisE nevet viseli, amely 2001 januárjától indul. A BayLogi is a projekt résztvevője. A kockázat alapú karbantartásra vonatkozó kérdőívekre érkezett válaszok értékelése alapján megállapítható, hogy az európai ipar erősen igényli ennek a költségtakarékos karbantartási rendszernek a bevezetését, szabályozását és a megfelelő műszaki dokumentumok kidolgozását. A projekt három részből áll: az RTD (K+F) projekt, a Demonstration projekt, amelynek keretében egy kiemelt cégre vonatkozóan részletesen kidolgozzák a kockázat alapú karbantartási stratégiát, és a Network projekt, amelynek keretében az eredmények széles körű terjesztése valósul meg.

TTF4 (H. Kockelmann): tagjainak száma kb. 20. Projektek, tevékenységek az európai szabványosításhoz, az amerikai PVRC-vel való együttműködéshez kapcsolódnak. A projekt az EU 5. keretprogramjában indult 2000 novemberében. Kíadták az EPERC Bulletin No. 3-at, amelyben áttekintést adnak a karimás, csavaros csőkötések méretezéséről, gyakorlatáról, a végesselelemes számítások alkalmazásáról (a kiadvány a BayLogiban megtalálható).

TTF5 (V. Bicego): a csoportban mintegy 55 fő tevékenykedik. Érdeklődési területüknek megfelelően változott a csoport elnevezése: *Szerkezetek épsége (integritása) az üzemeltetés alatt*. Számos

projekt van egyeztetés, előkészítés alatt e témakörben (pl. az ún. *Small Punch* vizsgálat – kb. 10 mm átmérőjű, néhány tízed mm vastagságú, az üzemelő szerkezetből kivett tárcsa nyomóvizsgálata, a repedésérzékenységi index koncepciójának gyakorlati alkalmazása).

TTF6 és TTF7: R. Hurst, az EPERC titkárság vezetője (JRC, Petten) előterjesztette a TTF6: *alternatív üzemanyagok tartályai* és a TTF7: *hidrogénes elrögzedés* csoportok létrehozását. A TTF6 létrehozásához kérdőívet küldtek szét kb. 250 helyre. A JRC elő akarja segíteni a TTF6 tevékenységét, a kutatásokat, a vizsgálatok feltételeit igyekszik javítani. A TTF7 munkája is 2001-ben indul. Érdeklődők száma 75, a nyitó értekezleten kb. 40 fő volt jelen, kb. 55% az ipar, 45% a kutatási szervezetek képviselői.

A végrehajtó bizottság ülésén elhangzottak röviden a következőkben foglalhatók össze:

- ♦ A nemzeti képviselőnek a jövőben egy rövid ismertetést kell küldenie a nemzeti tevékenységről és ezt szétosztják a közgyűlés következő ülésén.
- ♦ A végrehajtó bizottság következő ülése: 2001. június 11., Brüsszel.
- ♦ A többoldalú együttműködést szabályozó egyezményt, minimális módosítással, elfogadták.
- ♦ A PVRC-JPVRC-EPERC együttműködés keretei hamarosan tisztázódnak.
- ♦ A TTF-ek tevékenységét áttekintve a következő megállapításokat tették:

• Érdekes terület a *végesselelemes tervezés kúszása* – tervezés kúszása, amelyet valamely csoportnak célszerű felvállalni. (Lehetséges, hogy egy új TTF szervezése indokolt, mert nincs jelenleg Európában olyan szervezet, amely ezzel a kérdéssel foglalkozik. Az European Creep Committee alapvetően az anyagi jellemzők generalálásával foglalkozik.)

• A TTF3 és TTF5 csoport részére hasznos lenne egy együttes értekezlet.

• A TTF4 átnevezése célszerűnek tűnik. Az új elnevezés a tömítési technológia fogalmát tükröznék.

• A TTF-ek vezetőit a testület megerősítette.

♦ A JRC-nél van a központi honlap, ehhez kapcsolódnak a nemzeti honlapok, de a nemzeti honlapok is kapcsolódnak egymáshoz.

♦ Két bulletin kerül kiadásra 2001-ben, amelyekben egy-egy terület európai szabványosításának helyzete kerül górcső alá.

Összefoglalva azt lehet mondani teljes meggyőződéssel, hogy nagyon sok hasznos szakmai tapasztalatot lehetett szerezni az EPERC közgyűlésén való részvétellel. Hisz' ez azon fórumok egyike, amelyen a nyomástartó rendszerek megbízhatóságához kapcsolódó kutatások mindegyikét valamilyen módon megvitatják és amelyen a jövőbeli kutatási irányok, konkrét projektek formálódnak. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy a közgyűlésen az amerikai és a japán társszervezetek képviselői is jelen vannak, így a kutatásokban, a tervekben teljes szinergiális hatás érvényesül. Nagy kár, hogy hazánk nem képviselteti magát szélesebb körben – legalább a nagy ipari cégekkel, pl.: Mol, BorsodChem, TVK – hiszen a közvetlen tapasztalat szélesebb körű kitekintést tenne lehetővé szakembereinknek. Bárki, aki az EPERC tevékenysége iránt érdeklődik részletesebb információhoz juthat a hazai honlapról, illetve jelentkezhet az alábbi e-mail-en: tlaszlo@alpha.bzlogi.hu. Hozzuk létre közösen a hazai hálózatot!

Dr. Tóth László
egyetemi tanár

Úton a megfeleléstől a kiválóságig

Ez volt a mottója a IX. Magyar Minőség Hét rendezvénynek, melyre 2000. november 6. és 9. között került sor a Magyar Minőség Társaság és az EOQ Magyar Nemzeti Bizottsága szervezésében. A résztvevők, a rendezvény hagyományos céljával összhangban, átfogó képet kaptak a minőségügy nemzetközi és hazai aktuális kérdéseiről.

A program egyik témaköréhez jó alapot adott a 2000 júniusában Budapesten megrendezett 44. EOQ-kongresszuson elhangzottakból leszárt tapasztalatok és irányzatok rendszerezett, összefoglaló tolmácsolása.

A program egy másik szekciójában azon szervezeteknek a tapasztalatait ismerhettük meg, amelyek a megfeleléstől túljutva, jelentős eredményeket értek el a hazai és az európai minőségi díjak megszerzésében. Sikerük kulcskérdésének az önértékelés valamelyik módszerét és a rendszeres oktatást tartották. Ezt hangsúlyozta előadásában például az Európai Kiválóság Nagydíjat elnyert Burton-Apta cég ügyvezető igazgatója, Varga Márton. Nagy figyelmet keltettek azok az előadások, melyek a minőségbiztosítási rendszerek szerepét igazolták a szolgáltató ágazatokban is, például a gyógyításban és az oktatásban. Ez utóbbi területen az oktatás minőségének fejlesztése és a minőség oktatása

egymást kölcsönösen erősítik. Egy szóval, a minőségirányítás és -fejlesztés technikája számos új módszerrel gazdagodott az utóbbi években. E módszerek felhasználása folyamatosan terjed és értékelhető szemléletváltozáshoz vezet és gazdasági eredményeket szolgáltat. Jó példa erre a Herendi Porcelánmanufaktúránál bevezetett integrált irányítási rendszer sikere, mely egységbe foglalja a vállalati kultúrát, a különböző szabványokra épülő minőségbiztosítási rendszert, a humánerőforrás menedzselését és a számítógépes informatikai irányítást.

A minőség szabályozásnak egyik legkorszerűbb módszere a vevői elégedettség alapszik. Ennek stratégiáját ismertette előadásában dr. Koczor Zoltán. (Lásd a Minőségbiztosítás a vevői elégedettség alapján című cikket az Anyagvizsgálók Lapja 2000/4. számában.)

A rendezvény bemutatta azokat a változásokat is, amelyeket a közeli jövőben életbe lépő (2000 decemberében már kihirdetett – a szerk.) minőség szabványok követelnek meg a felhasználóktól. Ez a szekció különösen azt a széles kört érdekelte, mely hazánkban már megismerte és jórészt be is vezette a szabványok érvényes változatának valamelyikét.

Több előadó is rámutatott arra, hogy az ISO 9000 szerinti tanúsítás szükséges, de nem elégséges feltétele a vállalat és termékeinek piaci sikeréhez. Lazur Lajos, a MEEI ügyvezető igazgatója több negatív jelenségre hívta fel a figyelmet, többek között arra, hogy gyakran kifogásolják a tanúsítvánnyal rendelkező cégek termékeinek a minőségét. Rámutatott arra, hogy a tények és a vélelmek között sok esetben jelentős eltérés. Ezek közül néhány jellegzetes félreértés az, hogy

- az ISO 9000-es tanúsítás a termék minőségét és megfelelőségét jelenti;
- a terméket külföldön megvizsgálták, tehát a termék megfelelő;
- a mintadarabot megvizsgálták, tehát a szállított termék is jó;
- a terméket más országban forgalmazzák, tehát a termék megfelelő;
- licenc alapján gyártják a terméket, tehát az jó minőségű és megfelelő;
- az EN 45 000-es akkreditálási tanúsítvány (okirat) a megfelelőséget értékelő szolgáltató alkalmasságát jelenti;
- megtevesztő, tanúsításra utaló feliratok vagy jelek vannak a terméken, tehát a termék megfelelő.

Ez utóbbi alátámasztására Huszay Gábor főigazgató a Fogyasztóvédelmi Felügyelőségek gyakorlatából számos olyan esetet említett, amikor hamis vagy hiányos termékjel miatt kellett árukat kivonni a forgalomból.

A beszámoló kerete, korlátozott terjedelme nem teszi lehetővé, hogy a negyvennél is több értékes előadást egyenként értékeljük. (A részletek iránt érdeklődők a konferencia kiadványát beszerezhetik a Magyar Minőség Társaság titkárságán.) Az elhangzottak közül ezért befejezésül a társadalmunk egészét érintő fő gondolatokat foglaljuk össze.

Gazdasági környezet és kormányzati koncepció

Mint ahogy fejlettségünk a minőség tekintetében az EU-csatlakozásunk egyik lényeges kritériuma, Vértés András, a GKI Gazdaságkutató Rt. elnöke, a magyar gazdaság felkészültségét szélesebb kitekintésben értékelte. Sokoldalú elemzésének lényege abban foglalható össze, hogy a magyar gazdaság sok tekintetben már most is integráltnak tekinthető, mert például az ipari termelésünk 50%-a export, és ennek 80%-a az EU-ba irányul. Integráltságunkra az is jellemző, hogy iparunk bizalmi indexének változása lényegében az EU-éval párhuzamos. Termelésünk, különösen az iparé, az utóbbi 4-5 évben gyorsuló ütemben nő, ami ugyancsak kedvező feltétele csatlakozásunknak.

Felkészültségünk a mezőgazdaságban 1993-ig ugyan 30–35%-kal csökkent, és azóta sem fejlődik kellőképpen, de ez nem akadály a csatlakozásunknak, mert ez csak a nemzeti össztermékünk, a GDP 5%-át és a foglalkoztatottak 7%-át érinti. Mezőgazdasági üzemeink 20–25%-a ma is versenyképes, további 25–30%-a fejlődésre képes lehet, viszont a többieknek kevés az esélye a megkapaszkodásra.

Lényegében tehát már most betagozódunk az EU-ba. Lemaradás mutatkozik az infláció csökkenésében, az agráriumban és az államháztartás nem kielégítő hatékonyságában.

Felkészülésünk üteme szempontjából meghatározó a Gazdasági Minisztérium minőségfejlesztő programja, melyet Mátyus Klára, a GM főosztályvezetője ismertetett. Ez a program Joseph Juran filozófiájára épül. Alapelvei:

- a XXI. század a minőség évszázada lesz, mert a csoportmunka nagyobb szerepet kap;
- a minőségjelvek gyakorlatba ültetéséhez le kell küzdeni az ún. kulturális ellenállást;
- az ISO 9000 szerinti tanúsítás önmagában még nem biztosít versenyelőnyt a vállalat számára;
- a vezető vállalatok gyakran a beszállítóit is megkövetelik a legmagasabb minőségi szintet;
- a kiválóság szigetei alakulnak ki a közepszerűség kontinenseiben;
- visszafordíthatatlanná válik a minőségi alapelvek alkalmazása az oktatásban, és általában az oktatás, a továbbképzés a mindennapi élet részévé válik. Ez összecseng L. Iaccoca (Chrysler), a konferencián is gyakran idézett megállapításával: *egy ország versenyképessége nem az üzemekben vagy a laboratóriumokban, hanem a tantermekben dől el.*

Az alapelvekre épülve mára a következő helyzet alakult ki:

- alapvetően EU-konform a szabványosítási, az akkreditálási, a mérésügyi, a fogyasztóvédelmi és a termékfelelősségi törvényünk; folyamatos az EU-irányelvek átvétele;
 - számos területen versenyképes vizsgálati és tanúsítási infrastruktúránk van;
 - egyezményt kötöttünk az EU-val a vizsgálati eredmények és tanúsítványok kölcsönös elismeréséről (PECA) meghatározott termékcsoportokban;
 - alapvetően EU-konform a támogatási rendszerünk a minőségbiztosítási és környezetközpontú irányítási rendszerek kialakítására és tanúsítására; kb. 4000 tanúsított cég van Magyarországon;
 - pozitív kezdeményezések vannak az oktatásban;
 - a hazai vállalatok igen eredményesek a nemzeti és az európai minőségi díjakban;
 - munkacsoport dolgozik a minden lényeges szempontra kiterjedő Nemzeti Minőségfejlesztési Programon;
- A rendezvény külföldi előadója, Hervé Vialle, az EOTC (European Organisation for Conformity Assessment) főtitkárhelyettese a szervezet céljairól és munkamódszereiről tájékoztatta a hallgatóságot. A szervezetet az EC, az EFTA, a CEN és a CENELEC alapította 1990-ben a megfelelőség-értékelés kérdéseinek összehangolt kezelésére, hogy kölcsönös bizalmat teremtsen e kérdésben az érdekelt felek között, megkönnyítve az áruk és szolgáltatások szabad áramlását Európában. A szervezet jelenleg 20 tagból és 8 ún. megállapodás alapján együttműködő csoportból áll. Tevékenységük pillérei: a megfelelőség értékelési politika, a kölcsönös elismerés és elfogadás, az információ szolgáltatása és a minőségügyet segítő különböző programok. A szervezet tevékenysége az ismételt értékelés költségeinek elmaradása révén hozzájárul a költségek csökkentéséhez is.

(Forrás: Magyar Minőség 2000/12. száma)

A minőségügy kitüntetettjei

Orbán Viktor miniszterelnök 2000. november 20-án a Parlamentben a minőségügyi világnap alkalmából ünnepélyes keretben adta át az üzleti kiválóságot jelentő legrangosabb magyar minőségügyi elismerést, a Magyar Minőségi Díjakat.

A kisvállalkozások kategóriájában nyertes *Macher Gépészeti és Elektronikai Kft.* tevékenységét a kis- és közepes sorozatú, nagy szak tudást igénylő kábelgyártás jellemzi. Minőségirányítási rendszerüket 1995 óta működtetik.

A közép vállalkozások kategóriájában a *Medicor Kézműszer Rt.* érte el a legjobb eredményt. Többször elnyerték már az Ilisha-Shiba-díjat. A Kiváló Áru védjegy viselésére 1994 óta jogosultak.

A nagyvállalat kategóriájában az *Ajka Timföld Kft.* szerepelt a legjobban. Fő tevékenységük alumínium-hidroxid és -oxidok, zeolit, gallium, öntészeti ötvözet és préstuskó gyártása. Minőségbiztosítási rendszerüket 1991 óta tanúsítatják.

A szolgáltató vállalati kategóriában a *Compaq Computer Magyarország Kft.* kapta az idei díjat. A kft. piacvezető informatikai vállalat, árbevétel alapján a száz legnagyobb magyar cég közé tartozik.

„Az önkök sikerét felértékeli, hogy ezt a díjat komoly versenytársakkal megmérettetve sikerült elérniük, egy olyan időszakban, amikor gazdaságilag is rendkívül nehéz évtizedet zárunk” – emelte ki köszöntőjében a miniszterelnök.

Hans Fischer, Hansgeorg Hofmann, Jürgen Spindler:

Werkstoffe in der Elektrotechnik

Grundlagen – Aufbau – Eigenschaften – Prüfung – Anwendung-Technologie

Az elektrotechnika anyagai – Alapok, felépítés, tulajdonságok, vizsgálat, alkalmazás, technológia című könyv a Műszaki Tankönyvek című sorozat egyik tagja.

A 366 oldal terjedelmű 13 fejezetre tagozódó könyv tipikusan olyan tankönyv, amely az informatikával foglalkozó főiskolai és egyetemi hallgatók képzésében igen jól használható.

Az első 47 oldal terjedelmű rész áttekintést ad az anyagok szerkezetéről, ezen belül az atomi, molekuláris kapcsolatokról, az ionos és a fémes kötésekéről. Itt mutatják be a folyadékkristályokat is. Ezt egy rövid kristályszerkezeti áttekintés követi a rács hibák és ezek szerepének a bemutatásával. A hűlés és hevítés során végbemenő fázisátalakulások és az állapotábrák tárgyalását követően – a tankönyv követelményeinek megfelelően – a tananyag elsajátítását közvetlenül segítő kérdések, kérdéscsoportok ismertetése zárja a fejezetet.

A 42 oldal terjedelmű 2. fejezet az anyagok mechanikai tulajdonságaival foglalkozik. Így a képlékeny alakváltozással, annak mechanizmusával, a hidegalakítást követő hevítés során bekövetkező újrakristályosodással és a szemcsedurulás feltételeivel. Áttekintést kaphatunk a legkülönbözőbb anyagok szabvány szerinti jelölésrendszeréről is. Külön rész foglalkozik a nemfémes anyagok alakváltozási sajátosságaival. Röviden bemutatja a szigetelő, a nemvezető anyagokat is, azok jellegzetes tulajdonságaihoz kapcsolódó vizsgálati eljárásokat, pl: szakítóvizsgálat, keménységmérések, szívóssági vizsgálatok, a hőállóság vizsgálata, fázisátalakítóvizsgálat. E fejezetet is jelentős számú olyan kérdés zárja, amelyek megoldása igen nagymértékben hozzájárul a tananyag elsajátításához.

A 14 oldal terjedelmű 3. fejezet a fémes anyagok elektrokémiai tulajdonságait tekinti át röviden, különös figyelmet fordítva a galvánelemekre, az elektrolízis és a korrózió folyamataira, az azokat befolyásoló külső és belső paraméterekre.

A mindössze 6 oldalnyi 4. fejezet az anyagok elektromos tulajdonságait tekinti át, különös figyelemmel a vezetőképességet befolyásoló mechanizmusokra.

A 24 oldal terjedelmű 5. fejezet az elektromos vezetés és ellenállás fizikai alapjait és a nagyságát meghatározó külső (hőmérséklet) és belső (tisztaság, ötvöztetés, alakváltozás stb.) paraméterek hatását tekinti át. Képet kaphatunk a különböző miniatűr kapcsolókról, azok szerkezetéről és a felhasználható anyagok skálájáról.

A 12 oldal terjedelmű 6. fejezet az ellenállásanyagokat tekinti át, azok sajátosságait, alkalmazási területeit tárgyalja, különös tekintettel a miniatűr elemekben való alkalmazás szempontjára.

A 17 oldalnyi 7. fejezet a kontaktanyagokat tekinti át. Ismerteti az érintkező anyagok között lejátszódó esetleges folyamatokat, ezek következményeit és a káros hatások kiküszöbölését célzó anyagmegvá-

lasztási szempontokat. Külön figyelmet fordít a forrasztás szerepére, annak minőségét meghatározó kritériumrendszerre.

A 8. fejezet 24 oldal terjedelemben a félvezető anyagokat, azok tulajdonságait mutatja be. E fejezetet is számos, a tananyag könnyebb elsajátítását segítő kérdés zárja. Ezek megoldásai a könyv végén ugyancsak megtalálhatók.

A 39 oldal terjedelmű 9. fejezet a szigetelő és a dielektrikus anyagokkal foglalkozik. Leírja a különböző (térfogatra és felületre kiterjedő) ellenállásokat, definiálja a kúszó árammal szembeni ellenállás és az átütési szilárdság fogalmakat. A dielektrikus tulajdonságok bemutatását, értelmezését követően az ezeket meghatározó anyagi jellemzőket tárgyalja. Áttekintést kaphatunk a legkülönbözőbb típusú szigetelt anyagokról (drót, kábel, miniatűr elemek), a kondenzátorokról, és az érzékelőkben, a beavatkozó elemekben használatos dielektrikus anyagokról is.

A szupravezetés jelenségét, a szupravezető anyagokat a mindössze 10 oldal terjedelmű 10. fejezet tárgyalja. Igen szemléletes az az ábra, amely az e területen 1911-1992 között végbement fejlődést mutatja be.

A 37 oldal terjedelmű 11. fejezet a mágneses anyagokkal foglalkozik. Bemutatja a mágneses tulajdonságok fizikai hátterét és anyagszerkezeti sajátosságait, valamint a tulajdonságok mérését. E területen századunkban bekövetkezett fejlődést érzékeltető ábrák ugyancsak elgondolkodtatóak a jövő szempontjából. Külön rész tárgyalja az információtárolás anyagainak.

A 12. fejezet mindössze 10 oldalban az üvegszálalás anyagokkal, azok tulajdonságaival és gyártástechnológiáival foglalkozik.

Az utolsó 13. fejezet 15 oldalban tekinti át a mikroelektronikai termékek gyártásának sajátosságait, az itt alkalmazott technológiák alapelveit. E fejezetet is a tanulást segítő kérdések zárják.

A könyv utolsó része mintegy 26 oldal terjedelemben a feladatok megoldását, és az egyes fejezetek végén megfogalmazott kérdésekre adott válaszokat tartalmazza, biztosítva ezzel a tudás megbízható ellenőrzését.

Összefoglalva megállapítható, hogy a könyv tartalmazza mindazon ismereteket, amelyek szükségesek az informatikával, elektrotechnikával foglalkozó főiskolásoknak, alsóbb éves egyetemistáknak ahhoz, hogy az e területen alkalmazott anyagokat, azok viselkedését megérthessék. Ebből adódóan a könyv az ilyen területen folyó képzésben rendkívül jól használható. Ha figyelembe vesszük azt is, hogy egyre nagyobb igény van az idegen nyelven folyó hazai képzésre, akkor azt mondhatjuk, hogy a könyv a német nyelven kis csoportokban folyó képzésnek is egyik alapműve lehetne.

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

Wolfgang Bergmann:

Werkstofftechnik, Teil 1: Grundlagen

A tankönyvsorozat egyik legújabb kötetét a *Berlini Műszaki Egyetem Anyagismereti Intézet vezetője* írta. Az *Anyagismeret, I. rész: Alapvető ismeretek* című, 442 oldal terjedelmű, igen szép kivitelű mű, négy nagy fejezetre osztva tekinti át az anyagtudomány területén felhalmozott ismereteket.

Az *anyagok szerkezeti felépítése* című, 21 oldal terjedelmű fejezet első részében a periódusos rendszerről, az atomok felépítéséről, a különböző kötéstípusokról (ionos, kovalens, fémes), valamint a felületi tulajdonságokról és az ezeket befolyásoló külső és belső paraméterekről kapunk áttekintést. A második rész a szilárd testek szerkezeti felépítését, az ideális rácsszerkezeteket és a rács hibákat és azok jellemzőit, a szemcse- és a fázisátalakítás szerepét és az anizotrópiát tárgyalja.

A második nagy fejezet – a könyv súlyponti témakörét –, mintegy 245 oldal terjedelemben, a *fémes anyagokat* tárgyalja. A 41 oldal terjedelmű első rész a fémek és ötvözetek szerkezetét tekinti át. Megismerkedhetünk a fázisegyensúly, a kétalkotós állapotábrák termodinamikai tárgyalásmódjával.

Az anyagok mechanikai tulajdonságait a fejezet mintegy 100 oldalon keresztül tárgyalja. Képet kaphatunk az *alakváltozási tulajdonságokról*, a *törésről* és a *mechanikai tulajdonságok mérési módszereiről* is. Tárgyalja a fémek rugalmas és a képlékeny *alakváltozási tulajdonságait* és annak diszlokációs és kontinuum-mechanikai értelmezését; a fémek képlékeny alakváltozásának sajátosságait és az újrakristályosodást. Áttekintést kapunk a szilárdság anyagszerkezeti jellemzők (szövetszerkezet, szemcseméret, diszlokációs struktúra, kiválások nagysága, távolsága, típusa stb.) által determinált növelésének lehetőségeiről is. Összefoglaló képet kapunk a különböző töréstípusokról (szívós, rideg, fáradásos, kúszásos), az ezekre jellemző törélfelületek sajátosságairól; a törések jellegét befolyásoló külső, a terhelést és a környezetet jellemző valamint a belső, anyagszerkezeti paraméterekről. Tárgyalják a törés két fázisának: a repedés keletkezésének, valamint terjedésének lehetséges mechanizmusai és az azokat befolyásoló paraméterek. E fejezet harmadik részében, mintegy 20 oldal terjedelemben a *mechanikai tulajdonságok vizsgálati módszereit* tekintik át. Foglalkoznak az anyagvizsgálati eredményeknek a szerkezetekre való átvihetőségével.

A második fejezet egy terjedelmes (34 oldalas) része foglalkozik a fémek korróziós tulajdonságaival. Bemutatja a korróziós károsodások

típusait, mechanizmusait, az ezeket befolyásoló külső és belső paramétereket, valamint a korrózióvédelem módszereit.

A fejezet mintegy 70 oldalnyi utolsó része áttekinti a műszakilag fontos fémek anyagokat, ezek tulajdonságait és alkalmazási területeit. Legnagyobb terjedelemben a vasalapú ötvözeteket, acélokat ismertetik, mégpedig a Fe – Fe₃C állapotokra és az átalakulási diagramok, a lassú és gyors hűtés átalakulási mechanizmusai, és az így kapott szövetszerkezetek tulajdonságai alapján. Külön részek tárgyalják a különböző acéltípusokat, így a gyengén és erősen ötvözött acélokat (Fe-Ni, Fe-Cr, Fe-Cr-Ni), alumínium-, réz-, nikkel-, titánbázisú ötvözeteket, ezek tulajdonságait és legfontosabb felhasználási területeit.

A könyv harmadik fejezete a *polimerekkel* foglalkozik. Mintegy 15 oldal terjedelemben bemutatja a műanyagok szerkezetét, a szerkezetük jellemzésére használt paramétereket és ezek hatását a különböző tulajdonságokra. E fejezet második része a polimerek mechanikai tulajdonságaival foglalkozik, mintegy 30 oldal terjedelemben. Bemutatja az alakváltozási sajátosságait, így a rugalmas viselkedést, a képlékenységet, a különböző anyagok feszültség–alakváltozás görbéit, ezek sajátosságait és kapcsolatuk a külső és belső paraméterekkel, valamint a mechanikai tulajdonságok vizsgálatának módszereit. Megismerhetjük a szívós, a rideg és a fáradási törés jellegzetességeit. Figyelemre méltó a polimerek mechanikai tulajdonságait javító mechanizmusok és módszerek össze-

foglalása. Egy nagyon rövid rész a polimerek korróziós tulajdonságait mutatja be. A harmadik fejezetet a műszakilag fontos műanyagok (PE, PP, PVC, PS, PA, POM, PETB, PBTP, PMMA, PC, PTFE, PF, UF, MF, UP, EP) összetételének, tulajdonságainak és legfontosabb alkalmazási területeinek bemutatása zárja.

A könyv 56 oldal terjedelmű negyedik fejezete a *nemfémek anyagokkal* foglalkozik, ezen belül a legkülönbözőbb kerámiákkal, így szilícium-oxid, alumínium-oxid, titán-oxid, vas-oxid kerámiákkal, ezek felépítésével, előállításuk sajátosságaival. Rövid bemutatják az üvegeket, a fém- és az üvegkerámiákat. Külön tárgyalja a szerző ezen anyagok mechanikai tulajdonságait, így az alakváltozási sajátosságokat alacsony és növelt hőmérsékleten, valamint a törés jellegzetességeit, kerámiák és üvegek csoportosításában. Figyelemre méltó a mechanikai tulajdonságok javításának lehetőségeivel foglalkozó rövid rész. Ezt a fejezetet is a műszaki szempontból lényeges anyagcsoportok tulajdonságainak és alkalmazási területeinek a bemutatása zárja.

Összefoglalóan azt mondhatom, hogy ez szép kivételül, jól szerkesztett könyv tartalmazza mindazon ismereteket, amelyekre a műszaki felsőoktatásban, és ezen belül az alapképzésben szükség van. A könyvet hasznosan forgathatják a műszaki felsőoktatásban résztvevő oktatók, hallgatók, a német nyelven oktató, illetve tanuló, vagy a német-magyar vállalatok műszaki szakemberei.

Manfred Merkel, Karl-Heinz Thomas:

Taschenbuch der Werkstoffe

Az **Anyagok zsebkönyve** rendkívül jól szerkesztett, 688 oldal terjedelmű, nyolc nagy fejezetre tagozó könyv.

Az *első*, 142 oldal terjedelmű fejezet, a *fémek anyagok* alapvető ismereteivel foglalkozik. Az első rész tárgyalja a fémek anyagok kristályszerkezetét és annak leírásai módjait, valamint a reális kristályszerkezetét: a különböző rácslehibákat, a szemcsehatárok szerepét, a kristályhibák által tárolt energiák értelmezését és azok számítását stb. A második rész az alakváltozás mechanizmusait (rugalmas és képlékeny), a felkeményedés folyamatát és a hidegen alakított fémek újrakristályosodását taglalja. A harmadik rész a fémek és ötvözetek fázisátalakulásával, (Tammann-ábrák, a két- és többalkotós ötvözetek állapotábrái), a Gibbs-féle fázisdiagramokkal foglalkozik. A negyedik rész a fémekben lejátszó diffúziós folyamatok sajátosságait tekinti át. Egy rövid, mindössze 10 oldal terjedelmű rész a fémek elektromos vezetőképességét tárgyalja. Egy újabb, 5 oldalnyi rész az amorf fémekkel és sajátosságaival foglalkozik. A fejezetet 37 irodalmi hivatkozás zárja.

A majdnem 150 oldal terjedelmű *második fejezet* a *vasalapú fémekkel* foglalkozik. A szinvas tulajdonságait a leggyakrabban alkalmazott Fe-Fe₃C és az Fe-C ötvözetek bemutatása követik: a szabványos acélok és öntöttvasok típusai, ezek jellegzetes tulajdonságai és a szállítási feltételei. Egy újabb rész foglalkozik az acélok hőkezelésével, annak technológiai megvalósításaival, az azokkal elérhető tulajdonságmódosításokkal. Egy rövid részben tárgyalja a szerző a grafitos öntöttvasok hőkezelési technológiáit és az általuk elérhető tulajdonságbeli változásokat. E részt a lehetséges hőkezelési hibák felsorolászerű összefoglalása zárja. Egy nagyon rövid rész a félkész termékek lehetséges hibáit ismerteti. E fejezetet 23 irodalmi hivatkozás zárja.

A *harmadik*, mintegy 200 oldal terjedelmű fejezet a *nem vasalapú fémekkel* foglalkozik, általában egységes elveket követve, azaz tulajdonságok – alkalmazások – főbb ötvözetek – rövid irodalmi hivatkozás sorrendben. A következő fémekről kapunk áttekintést: alumínium, berillium, ólom, króm, gallium, germánium, arany, indium, réz, magnézium, nikkel, platina, ezüst, szilícium, tantál, titán, volfram, cink és ón. A fejezetben összefoglalt ismeretek mintegy 120 irodalmi hivatkozással támaszkodnak.

A *negyedik fejezet* a *porkohászati és a szinterelt anyagokat*, ezek előállítását, tulajdonságait és alkalmazási területeit mutatja be mintegy 50 oldal terjedelemben. Hangsúlyozottak a különböző fémkerámiák, szűrőanyagok, a nagy kopásnak kitett helyeken alkalmazható anyagok, az érintkezők anyagai, a mágneses anyagok és ezek sajátosságai, a keményfémek. A fejezetet 17 irodalmi hivatkozás zárja.

A mintegy 170 oldalnyi *ötödik fejezet* a *nemfémek anyagokkal* fog-

lalkozik a következő csoportosításban: *műanyagok, faanyagok és ásványi anyagok*. A legnagyobb terjedelemben a műanyagokat, azok felépítését, lényeges tulajdonságait (termikus, mechanikai és vezetési stb.) és szerkezetétől való függését tárgyalják. Részletesen a polimereket, döntően tulajdonságait és alkalmazási területeit ismertetik. A következő polimerekről tartalmaz adatokat a kézikönyv: PE, PP, PB, PS, PVC, PMMA, POM, PIB, PVK, PA, PF, PC, PI, SI, EP, PUR. E részt a műanyagok jelölésrendszere, illetve 30 hivatkozást felsorakoztató irodalomjegyzék zárja. Mintegy 35 oldal terjedelmű összefoglalás található a faanyagokról, azok típusairól, tulajdonságairól és a tulajdonságok anizotrópiájáról, a nedvességtartalom szerepéről, az alkalmazási területekről, a különböző impregnálási és minőség-megőrzési technológiákról, azok sajátosságairól. Ezt a részt is irodalomjegyzék zárja, 5 forrás megjelölésével. A mintegy 50 oldal terjedelmű harmadik rész az ásványi anyagokkal foglalkozik. Átfogó képet kaphatunk a különböző közetekről, azok tulajdonságairól, a tulajdonságok anizotrópiájáról, valamint alkalmazási területeiről. Ezt követően a vakolatanyagokról és a betonokról, azok tulajdonságairól olvashatunk. Ezt követi az ásványi eredetű kötőanyagok bemutatása, majd a keramikai anyagokról és a műszaki üvegekről, azok tulajdonságairól, alkalmazási területeiről kaphatunk összefoglaló ismertetést. Érdekes és előremutató az üvegek fejlesztési tendenciáit összefoglaló, mindössze egy oldalnyi rész. A fejezetet 8 irodalmi hivatkozás zárja.

A mindössze 10 oldal terjedelmű *hatodik fejezet* a *kenőanyagokat*, azok legjelentősebb csoportjait, tulajdonságait, alkalmazási területeit és ennek korlátjait tekinti át. A fejezetet 4 irodalmi hivatkozás zárja.

A *hetedik*, 19 oldal terjedelmű fejezet a *korrózióval* (típusai, mechanizmusai, vizsgálati módszerei) és a korrózióvédelemi eljárásokkal és technikákkal foglalkozik öt irodalomra hivatkozva.

Az utolsó, *nyolcadik fejezet* a zsebkönyvben érintett tématerületekre vonatkozó német szabványok (DIN) jegyzékét tartalmazza, amelyek között azonban már szerepelnek az elfogadott európai szabványok (EN) is.

A tárgyszójelezék igen megkönnyíti a zsebkönyv használatát, a fogalmak gyors visszakeresését.

Összefoglalva: az ötödik kiadást megért zsebkönyv nagyon jól szerkesztett, és jól használható mind a műszaki felsőoktatásban, mind pedig a gépész- és építőmérnöki gyakorlatban. A zsebkönyv a szakma és a német nyelv egyidejű tanuláshoz is kiváló segédanyag.

A Carl Hanser Verlag kiadványairól tájékozódhatunk a: <http://www.fachbuch-leipzig.hanser.de> honlapon is, amelyről on-line vásárolhatunk is.

A rovatot írta:

Dr. Tóth László
egyetemi tanár

A 100 éves dr. Endre Árpád köszöntése



1901. január 16-án született Beregszászon. 1920-ban érettségizett Nagyváradon, majd Derecskén jegyzői gyakornoki állást töltött be.

1921-ben beiratkozott a budapesti m. kir. József Nádor Műegyetemre, ahol 1928-ban gépészmérnöki diplomát szerzett.

A Weiss Manfréd Műveknél dolgozott 1931-ig, majd munkanélküli lett. 1932 és 1939 között malom ellenőrként tevékenykedett a Tolna megyei Szakcsón, a Gabonáipari Trösztnél, majd 1940-tól a MÁV-nál Székesfehérváron volt állásban. 1940 és 1945 között az Iparügyi Minisztériumban ipar- és munkafelügyelőként dolgozott.

1945 és 1950 között az Állami Felsőipariskola mérnök tanára lett a Nép-színház utcában.

1950-től az Épületgépészeti Technikum igazgatójának nevezték ki a Váci úti iskolába. 1953 végén az igazgatói pálcát átadta Szentirmay Sándornak.

1960 és 1964 között a Felsőfokú Épületgépészeti Technikum tanszékvezetője lett a Szabó Ilonka utcában, majd 1965-től 1991-ig az ÉGT esti tagozatán mint nyugdíjas tanított anyaggyártás ismereteket és szerelőipari technológiát.

Mérnök tanárként 1945-től 1991-ig 46 évet tanított.

1972 és 1974 között a Budapesti Műszaki Egyetem hegesztő szakmérnöki tagozatán tanult, majd szerzett második diplomát és 1980-ban doktorált hegesztési technológiából.

Pályafutása során négy alkalommal kapott kiváló tanári kitüntetést és egy alkalommal az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium miniszteri kitüntetésében részesült.

Több szakmai folyóiratban (Épületgépészet, Gép, Hegesztéstechnika stb.) publikált egészen 1998-ig, 97 éves koráig.

1998-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen 70 éves gépészmérnöki jubileuma alkalmából vasdiplomával tüntették ki.

Felémelő, megható és örömteli órákat tölthetett együtt az a több mint 200 fő a Budapesti Egyetemi Katolikus Gimnázium dísztermében január 16-án, aki részese lehetett dr. Endre Árpád 100. születésnapja megünneplésének. *Ki is dr. Endre Árpád?* Röviden: mérnök tanár, aki folyamatosan képezte magát (lásd keretes írásunkat), s aki százévesen is megőrizte érdeklődését, humorát, életvidám, amit a születésnapján készített fénykép is tanúsít.

Az születésnap köszöntők tisztelettel, szeretettel és – különösen szép jubileum miatt – meghatottsággal teli sorát az utód-igazgató, Szentirmay Sándor szavai nyitották, majd Őszi Ferenc, a tanár kollégák nevében is, gratulált az „örökifjú” Árpád bácsinak. Somlai (Savanyú) István az öreg diákok nevében mondott köszöntőt, amit Dénes István, a jogutód iskola igazgatójának ünnepi gondolatai követték. Az ünnepeltet köszöntötte nemcsak a XII. kerület polgármestere, de a Mérnöki Kamara, és annak Épületgépészeti Tagozatának képviselője, a MTESZ GTE Hegesztési Szakosztályának képviselőjében Gáti József, valamint a MTESZ ÉTE képviselője is.

A hosszú és tartalmas életpálya elismeréseként Pokorni Zoltán oktatási miniszter elismerő oklevelét Denk András adta át dr. Endre Árpádnak.

Mivel Árpád bácsi az utóbbi időben nehezebben mozog, a Westel 900 egy mobiltelefonnal örvezette meg, hogy a szakmai, baráti kapcsolatok tartásában segítséget nyújtson neki az elkövetkező években is.

Dr. Endre Árpádról nagyon sok személyes anekdotát mondhatnék el, ám sokkal többet mondhat az olvasó számára a 100 éves ünnepelt humorban sem szegényes emlékező szavai, ahogyan Ő az elmúlt évtizedeket látja, ahogyan azokat értékeli, és a jövő nemzedékeknek szóló üzenete. Álljon itt néhány, az ünnepeltől idézett gondolat:


„A Premontrei Rend prépostságához három gimnázium tartozott: Kassa, Rozsnyó és Nagyvárad. Én a Nagyvárad Gimnáziumba jártam, 1912-től 1920-ig, ahol fizikatanárom, Károlyi már 1895-ben a Körös partján drótnélküli távíróval, illetve telefonnal kísérletezett. A hír szerte messzire elterjedt, így elért Rómába is. Marconi eljött Nagyváradra megnézni, miként áll itt a dolog. Láttam, hogy ha nem siet, rögtön megelőzheti Károlyi, és akkor hamar visszament Rómába szabadalmaztatni a drótnélküli telefont és távíró, ezzel ő lett a világhírű feltaláló. Károlyi eztán átment a gimnázium északi oldalára, ahol már nem fizikát, hanem római jogot adott elő olyan sikerrel, hogy az általa megfogalmazott római jogi alapokat ma is tanítják. Én csak idezhetem Károlyit, de tételét magam is vallom: „Mindenkinek a maga jussát, a maga porcióját meg kell adni, senkit sem szabad sérteni és tisztességesen kell élni.”... Aztán jött 1914, a világháború. Egy másik premontréi tanárom a Nagyvárad Napló 1916-os évfolyamában egy verset írt. A vers olyan, hogy akik Nagyváradra jártak, egymásra úgy ismernek, ha ebből a versből egy idézetet mondanak. Én elmondom, amennyire emlékszem rá: „Havas eső esik, kárognak a varjak,/ kár, kár elpusztulni a szegény magyarnak./ az elárvult magyarnak./ Szabad a madárnak ágról-ágra szállni,/ csak a mi szívünknek nem szabad fájni,/ vadul, kinnal fájni./ Mehetünk világgá, új hazát keresni,/ s ezt a délibábot véggépp elfeledni.”

...aztán beiratkoztam a József Nádor Műegyetemre, ami 1912-ben nyílt meg, a névadó, József nádor jelenlétében. ... József nádor hamar, fiatal korában megtanult magyarul, anyanyelvi szinten beszélt, és szerette a magyarságot... Azt mondják, magyarul imádkozott és magyarul gondolkodott. De jött a veres világ, első dolguk volt letérlni a nevét a Műegyetemről. De én hiszem azt, és sokan vannak, akik hisznek, hogy a rendeződő világban újra visszakérül majd a neve a nádornak. ...1928-ban lettem gépészmérnök. De 1921-ben, túl az 1918-as forradalmon és a trianoni béke okozta zűrzavaron lakásom nem volt, a balosok miatt nem lehetett lakást kapni... a Műegyetem Segélyegyletében, ahol Veér Tibor, a későbbi államtitkár, elnök javasolta, hogy menjek el a Timót utcába, s ott Pusztai Páltól érdeklődjem. A Timót utcában a hadirokkantoknak volt egy műhelye, ahol segédeszközöket gyártottak... egyetlen szoba volt, tíz férőhellyel, amiben a nemrég Oroszországból, a hadifogságból visszatértek közül tíznek volt hely, mindegyik hadnagy és főhadnagy volt. Nekem nem jutott hely, de mellettük, egy kitört ablakú, szalmazsákokkal telerakott raktárban meghúztam magam. Így is történt, aztán karácsonyra már én is bekerültem a nagyszobába. Hideg volt, fázunk, éhezünk, de fiatalok voltunk, túléltük. ...Valamiből meg kellett élni. Először a Lakatos Ipartestület tagdíjbeszedője lettem, de amerre csak jártam, minden lakatosüzlet be volt zárva, hisz nagy volt a munkanélküliség... Aztán a Kereskedők Lapját hordtam ki, de a kuncsaftok mind a harmadik-negyedik emeleten voltak, lépcsőn kellett fölmenni, nem bírtam a lépcsőt. Aztán a Pénzüntézet Központban kaptam állást: 11-től 3 óráig az ebédet hordtam tálcán az alkalmazottak részére, magáért az ebédért.... Ilyen apró dolgok játszottak közre, úgyhogy a mérnöki oklevelet nem négy, hanem csak nyolc év alatt szereztam meg. Ilyen volt akkor a diákélet. Aztán jött az oklevél. A gazdasági nehézségek miatt mérnökként nem tudtam elhelyezkedni, de állást kaptam a Weiss Manfrédnál, bejuttattam villanszerelő segédmunkásnak, így bejáratos voltam a gyár valamennyi üzemébe. Az ott tapasztaltakat aztán később, mint tanár, fel tudtam használni. ...Aztán sikerült eljutni az Ipariskolába tanárnak, ami nemsokára megszűnt, pedig annak a tanári fizetése nem a miniszter utána következett, hanem olyan egyforma nagyságú volt. Egyik-másik tanárnak még az 1914-es világ előtt Fiumében jachta is volt a tengeren... Az ipariskolák helyett technikumok lettek. Én az Épületgépészeti Technikumnak az első igazgatója lettem. A technikumot meg kellett indítani, a tantestületet is meg kellett szervezni. ...Később az iskola kettévált, lett belőle felsőfokú intézmény meg szak-középskola. Én a felsőfokra kerültem, tanszékvezető tanárnak. Aztán nyugdíjaztak, nem mentem le az iskolával Pécsre, a Pollack Mihály Főiskolára, itt maradtam Pesten a középfokon, tehát a szak-középskólában, és itt tanítottam másodállásban, nyugdíjasként. Közben 1972-től 1974-ig egy újabb oklevelet szereztam, mégpedig jeles diplomával. Utána nyolcvanéves koromban – mivel akkor már ráértem – ledoktoráltam, 91 éves koromig tanítottam, amikor egy agyérgörcs ért, de megmaradtam. És örömmel konstátalom, hogy itt, akik itt vannak, mindet ismertem, mindegyiket szerettem, és most mindegyiknek minden jót kívánok az elkövetkezendő időkre.”

Végül Árpád bácsi idézte Pósa Lajos szavait: „Bárhova visz a szerencséd, ezt a hazát szeresséd.”, majd Tolnay Klári szavait ajánlotta az utókornak: „Ajándék minden perc, minden óra, és maga az élet.” Búcsúzóul Sárdi Gyulát, a Műegyetem épületének tervezőjét idézte: „Majd legközelebb folytatjuk.”

Legyen ez tudósításom végszava és kívánjuk mind dr. Endre Árpád mérnök-tanárnak, mind pedig magunknak, hogy így legyen még nagyon sokáig.

Dr. Tóth László
egyetemi tanár

 AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt. Oktatásszervezési Osztály 1211 Budapest, Gyepsor u. 1. Tel./Fax: 278-0756			
Tanfolyam típusa	Tervezeli kezdés		
ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ, MINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK			
	1. fokozat	2. fokozat	3. fokozat
Ultrahangos anyagvizsgáló (UT)	2001. 03. 26. 2001. 09. 24	2001. 03. 26. 2001. 10. 29.	2001. 09. hó
Órvényáramos anyagvizsgáló (ET)	2001. 11. 26.	2001. 11. 26.	2001. 09. hó
Radiológiai anyagvizsgáló (RT)	2001. 04. 02. 2001. 10. 08.	2001. 05. 07. 2001. 11. 05.	2001. 09. hó
Mágneses anyagvizsgáló (MT)	2001. 03. 19. 2001. 10. 22.	2001. 04. 17. 2001. 11. 26.	2001. 09. hó
Penetrációs anyagvizsgáló (PT)	2001. 03. 26. 2001. 11. 12.	2001. 04. 23. 2001. 12. 03.	2001. 09. hó
Vizuális anyagvizsgáló (VT)	2001. 03. 29. 2001. 11. 19.	2001. 05. 14. 2001. 12. 10.	2001. 09. hó
Tömörégi anyagvizsgáló (LT)	2001. 10. 08. 2001. 10. 01.	2001. 11. 05. 2001. 10. 29.	2001. 09. hó
Rezgésemelő (VAT)	2001. 01. 15. 2001. 09. 17.	2001. 02. 12. 2001. 10. 15.	2001. 09. hó
Mechanikai anyagvizsgáló	2001. 03. 12. 2001. 10. 08.	2001. 04. 23. 2001. 11. 19.	
Metallográfiai anyagvizsgáló	2001. 01. 15. 2001. 10. 01.	2001. 02. 19. 2001. 11. 12.	
Színképelemző (SPT)	Létszámlúggó	Létszámlúggó	
NYOMÁSTARTÓ- ÉS TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK			
Tartályvizsgáló	2001. 10. 08.		
Tartályvizsgáló szakképesítést kiegészítő (C modul)	2001. 10. 15.		
Tartálytisztító	2001. 05. 21. és 09. 10.		
Tartályjavító- és karbantartó	2001. 05. 28. és 09. 24.		
A Nyomástartóedény-gépész és Nyomástartóberendezés-kezelő tanfolyam kezdete létszámlúggó			
BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉPZÉSEK			
Alapfokú sugárvédelmi	2001. 10. 24.		
Sugárberendezés-kezelő bővíttel sugárvédelmi	2001. 10. 24.		
Erőtér védelem szabványossági felülvizsgáló	2001. I. félév		
Az ADR és a Tűzvédelmi tanfolyamok folyamatosan kezdődnek			
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI SZAKKÉPZÉS			
Minőségellenőrző	2001. 05. 14. és 09. 24.		
Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (auditor)	2001. II. félév		
A minőség szabályozás statisztikai és egyéb eszközei	Létszámlúggó		
TQM alapjai	2001. I. félév		
TQM a vezérlők részére	2001. I. félév		
QS 9000	Létszámlúggó		
ISO 9000:2000	2001. 01. 29.		
KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK			
A Környezetvédelmi laboráns, a Környezetvédelmi szakelőadó és a Településhulladékok-gyűjtő és -szállító tanfolyamok kezdete létszámlúggó.			
EGYÉB TANFOLYAMOK			
Általános metrológia (felsőfokú)	2001. 03. 12.		
Emelőgép-üzemeltető	2001. 03. 05. és 09. 10.		
Gazdasági informatika I. (felsőfokú)	2001. 09. 10.		
Számítástechnikai szoftverüzemeltető	2001. 09. 10.		
Az Internet, a 3D-s modellezés, az ADOBE PHOTOSHOP, a CORELDRAW, a WEB-lap készítés és az AutoCAD (kezdő és haladó) tanfolyamok folyamatosan kezdődnek.			
A tanfolyamok helye: AGMI Rt. Anyagvizsgáló Épülete (1211 Budapest, Gyepsor u. 1.) Szállást és étkeztetést igény szerint biztosítunk. Tanfolyamokat kihelyezett formában is vállalunk. Érdeklődni lehet: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály 1751 Budapest, Pf.: 114 Tel./Fax: 278-0756 E-mail: agmivig@matavnet.hu SZERETTEL VÁRJUK TANFOLYAMAINKON!			
		Mikus Erzsébet mb. osztályvezető	

Hazai rendezvények 2001-ben

II. Roncsolásmentes anyagvizsgáló konferencia, 2001. április 24-27., Eger, Hotel Flóra. A konferencia szlogenje: *Európai szabályozások hatása a roncsolásmentes anyagvizsgálókatra. Hol tartunk?* Felvilágosítást ad: Marovisz titkárság, Dienes Erika, tel./fax: 276-511. Postacím: 1211 Budapest, Gyepsor u. 1.
Országos karbantartási és minőségbiztosítási konferencia, április 25-26., Pécs. A GTE rendezvénye. *Témakörök:* Karbantartási filozófiák és módszerek, gazdálkodás - Diagnosztika, hibafeltárás és elhárítás, élettartam-növelés - Tribológia, kenéstechnika - Korrózió-, környezet- és munkavédelem - Csővezetékek, tartályok, armatúrák és épületgépészeti berendezések karbantartása. *Jelentkezés* előadónak (egyoldalas kivonattal), részvevőnek, ill. kiállítónak *azonnal.* Felvilágosítást ad: dr. Kóssaras Gellért, tel.: 72/441-228; Schreck István, tel.: 72/254-748; Potosné Kiss Éva, tel.: 72/210-928 és dr. Sölyomvári Károly, tel.: 1/463-1931. *Levél cím:* 7626 Pécs, Búza tér 6/B; fax: 06/72-210-928
III. Országos anyagtudományi, anyagvizsgálói és anyaginformatikai konferencia és kiállítás, Balatonföldvár, október 14-17. Rendezi a Magyar Anyagtudományi Egyesület, előzetes tájékoztatást ad: Zsámbók Dénes, tel.: (25) 582-142, e-mail: dzsambok@rt.dunaferr.hu.

Vásárprogram 2001-ben a Budapesti Vásárcsopontban

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



ORSZAK BT.

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

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

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

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

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

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA:

- Rezgésemelő VAT-2, az SKF Rt-vel együttműködve: 2001. márc. 19-30.
- Rezgésemelő VAT-1, az SKF Rt-vel együttműködve: 2001. máj. 7-18.
- Mágnesesható poros MT-2: 2001. febr. 28.- márc. 2., vizsga: márc. 20-21.
- Folyadékbehatolásos PT-2: 2001. márc. 5-7., vizsga: márc. 21-22.
- Vizuális VT-2: 2001. márc. 8-12., vizsga: márc. 13-14.
- Ultrahangos UT-2: 2001. márc. 19-28., vizsga: márc. 29-30.

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

Akusztikus emissziós AET-2 újraminősítő: 2001. ápr. 9-18., vizsga: ápr. 19-20.
LEGALÁBB HAT FŐ JELENTKEZÉSE ESETÉN INDULÓ TANFOLYAMOK:

- Színképelemző, SPT-1 és SPT-2, - Akusztikus emissziós, AET-1 és AET-2;
- Hőkezelő.

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

Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál
Szűcs Pál

Dénes Gábor
Dénes Gábor

Nemzetközi rendezvények 2001-ben

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

Eurolab International Workshop: investigation and verification of materials testing machines, Dübendorf, Svájc, május 17-18. Cím: Dr. A. Satir, EMPA Academy, Überlandstrasse 129. CH-8600 Dübendorf; tel.: +41(0) 1 823 4562; fax: +41(0) 1 823 4031; e-mail: anne.satir@empa.ch.

3rd Int. Conf.: pipeline inspection, Moszkva, Oroszország, május 21-26. Cím: 35 St Usacheva, Moscow, 119048, Russia; Tel.: +245 5656; fax: +246 8888; e-mail: spekr@co.ru.

Int. Symp.: NDT in progress, Trest, Csehország, június 20-26. Cím: The Czech Society for NDT, Pod viaduktem 62, CZ 155 00 Praha; Tel./fax: +420 2 5727 9738; e-mail: cnsdt@cndt.cz.

Condition monitoring, conference and exhibition, Oxford, UK., június 25-27. Cím: BINDT, 1 Spencer Parade, Northampton NN1 5AA, UK. Tel.: +(44) 1604 630124; fax: +(44) 1604 231489 E-mail: conf@bindt.org

SMIRT-16 - Structural Mechanics in Reactor Technology, Washington DC, USA, 2001. augusztus 12-17. Cím: SMIRT-16 Secretariat, North Carolina State University, Campus Box 7908, Raleigh NC 27695-7908 USA; fax: + 919 515 5301, e-mail: SMIRT_16@ncsu.edu

6th Int. Workshop on advanced infrared technology and applications, Certosa di Pontignano, Olaszország, szeptember 17-19. Cím: Anna M. Meriggi, Fondazione Giorgio Ronchi, Via S Felice a Ema, 20., 50127 Firenze, Italy. Tel./fax: +39 055 2320844; e-mail: ronchi@infinito.it.

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

ZIP zur Anlagenüberwachung, Berlin, Németország, november 6-7. Cím: DGZfP eV, Max-Planck-Strasse 6. 12489 Berlin; Tel.:+(030)678 07120; fax: +(030)678 07129; E-mail: tagungen@dgzfp.de

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

ALAPÍTVÁ: 1989



TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

ELE International

CUMULUS

automata meteorológiai mérőállomás

- szélesebesség
- szélirány
- sugárzás
- légnyomás
- hőmérséklet
- páratartalom
- csapadék
- talajhőmérséklet

Működtetés:

- hálózatról
- telepről
- napelemekről

Cumulus szoftver:

- táblázatok
- grafikonok



TESTOR Kft.

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

www.testor.hu · info@testor.hu

Zwick

Materialprüfung

anyagvizsgálat felsőfokon



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



Toni Technik

Materialprüfung

Hidraulikus építőanyagvizsgáló gépek
6–6000 kN tartományban.

Komplett berendezések cement- és
betonlaboratóriumok részére,
mérőműszerek cementvizsgálathoz



AHLBORN

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



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

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

Kérésre ingyenes részletes gyártmánykatalógust és információt küldünk!