

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



7. ÉVFOLYAM
4. SZÁM
1997.



CANIN

Korrózióvizsgáló készülék

A betonba ágyazott vas korróziójának keresése a potenciáltér módszerrel. Közvetlen megjelenítés a készülék kijelzőjén. 120 000 mérési eredmény tárolható.



RESI

Ellenállásmérő

Vasbeton részek elektromos ellenállásának mérése a korróziós károsodás felderítésére.



TORRENT

Permeabilitás vizsgáló

A fedő betonréteg átocsátóképességének mérésével lehetővé teszi a beton építőelemek tartósságának a megítélését. Az újfajta kétkamrás vákuumcella pontosan definiált mérőoszlopot eredményez. A hibás mérést eredményező hamis levegő hatása ellen aktív védelem.



TICO

Ultraszónikus készülék

a helyszínen készített beton és előregyártott betonelemek roncsolásmentes vizsgálatára.

- Betonszilárdság meghatározása a SCHMIDT betonvizsgáló kalapáccsal összekapcsolva.
- Repedések és üregek keresése.
- Fagyási és tűzkárosodások felderítésére.
- Homogenitásmérések.



DYNA

Kötésvizsgáló

Könnyű, precíz, az ISO-szabványnak megfelelő kézi készülék beton, vakolat, bevonatok, festékek és lakkok felületi szilárdságának vizsgálatára. Standard készülék: 16 kN, további készülékek 5, 25, 50, 100 kN, valamint speciális kivitel tartócsavarok és tiplik kiszakításához szükséges erő mérésére.



DYNA Z ... E típus

Kötésvizsgáló

DYNAMETER kijelzővel. Az elektronikus változatok léptetővel.

Repedésszélesség, deformációk és süllyedések mérése

Repedések szélességének meghatározásához ill. tartós megfigyeléséhez különböző készülékeket (mérőlapok, repedésszélesség-mérők, repedésmonitorok, deformációmérők) is szállítunk.

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

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

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szapponas György
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1998-ra
(1–4. szám): 2.100,- Ft

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

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT. címén.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

Formakészítés: **PC-PRINT BT.**

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Előzetes az Anyagvizsgálók Lapja – Labinfó fórumról

Jövőre ismét a Budapest Sportcsarnok ad otthont február 17–20. között a röviden Magyar Regula néven közismert nemzetközi szakkiallításnak, amelyen az ipari és az orvosi vizsgáló- és mérőműszereket, készülékeket és berendezéseket mutatják be a világ vezető szakcégei, s amelyhez lapunk most már hagyományosan szakmai fórummal kapcsolódik.

Az 1998-ra immár 15. alkalommal meghirdetett szakkiallítás Magyar Regula – Ecologia – Energia – Medica – Optik – Labor megnevezései a mérés- és vizsgálattechnika széles körű alkalmazására utal, amelynek témakörét az Anyagvizsgálók Lapja és laptársunk a Labinfó Magazin együttesen csaknem átfogja. Ezért úgy gondoltuk, hogy a látogatók és a kiállítók közötti információcserét jobban szolgálja szakmai fórumunk, ha azt közösen szervezzük meg

Anyagvizsgálók Lapja – Labinfó fórum

néven, amelynek tervezett programja a következő:

1998. február 17-én a laboratóriumi műszeres analitika sokrétű feladataihoz: a fémek ötvözetek, az ipari szervetlen és szerves, valamint a biológiai anyagminták elemzéséhez kifejlesztett, korszerű spektrofotométereket, abszorpciós és emissziós spektrométereket, kromatográfokat és egyéb készülékeket ismerhetjük meg.

Február 18-ai ülésünket korszerű vizsgálati lehetőségek a környezetvédelemben címmel hirdettük meg, hogy fórumot teremtsünk a levegő, a felszíni és talajvíz, a talaj és egyéb környezeti minták szennyezőtartalmának, radioaktivitásának és állapotjellemzőinek vizsgáló- és mérőműszerei, valamint az UV-sugárzást, a zajt és az egyéb fizikai környezetszennyezést mérő műszerek hordozható, telepíthető és asztali változatainak a bemutatására.

Február 19-én mérés és anyagvizsgálat az ezredfordulón címmel a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgáló- és mérőműszerek, berendezések, szoftver-újdonosságok bemutatására adunk lehetőséget, amelyekkel meghatározható a gépkatrészek méretei, a fémek és a nemfémes anyagok, a kompozitok mikroszerkezete, statikus és dinamikus mechanikai jellemzői, az anyaghibák, illetve ellenőrizhetők a mérnöki szerkezetek, nyomástartó edények, tartályok integritása és állapota.

Fórumunk végleges programját, a kiállítók visszajelzései alapján, kötött időrendben úgy állítjuk össze, hogy a Magyar Regula kiállításra ellátogatók előre megtervezhessék napjukat. Ezért is kérjük Olvasóinkat, hogy **a mellékelt Előzetes jelentkezés válaszlapot szíveskedjenek visszaküldeni** – faxon vagy postán – szerkesztőségünknek.

Azok részére, akik termékeikről előadást kívánnak tartani fórumunkon, postafordultával részletes ártájékoztatót küldünk.

Olvasóink érdeklődésére bizton számítva, **fórumunkra mindannyiukat, munkatársaikkal együtt, szeretettel várjuk!** A fórum látogatása díjtalan.

Tisztelt Olvasóink! Mire, lapunkat kézhez kapják, már küszöbön áll az újesztendő, amelynek tartalmas megéléséhez – lapunk kiadója és szerkesztőbizottsága nevében is – jó egészséget, eredményes munkát és sok sikert kívánok!

Tisztelettel:

Dr. Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

Tisztelt Olvasó!

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

Köszönjük!

Tisztelt Előfizetőnk!

Előfizetése 1998. évi megújításához közvetlenül számlát küldünk.

Köszönjük érdeklődését!

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Lehofer Kornél:

- Kisciklusú fárasztó igénybevételek egyenértékűsége növelt hőmérsékleten
 Equivalence of the low cycle fatigue loadings in elevated temperature
 Gleichwertigkeit der kleinzyklische Ermüdungsbelastungen in hoch Temperatur 97

Gácsi Zoltán, Sárközi Gábor:

- Töretfelületek sztereológiai jellemzési lehetőségei
 Characterisation of the rupture surfaces by means of stereologic methods
 Stereologische Methoden für Charakteristik der Bruchflächen 103

SZEMLE – REVIEW – RUNDSCHAU

Lehofer Kornél, Tóth László:

- Anyagvizsgálóink emlékülése Miskolc-Tapolcán
 Memorial meeting of our material testers at Miskolc-Tapolca
 Gedenksitzung der unsere Materialprüfer in Miskolc-Tapolca 107

- Törésmechanikai szeminárium – Symposium on fracture mechaniscs – Simposium über Bruchmechanik 108

Borbás Lajos:

- Duna-Adria szimpózium – Danube-Adria symposium – Donau-Adria symposium 109

- Könyvismertetés – Book review – Buchbesprechung 109

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Tóth Péter:

- TESTOR 2000: az ezredforduló keménységmérője
 TESTOR 2000: hardness tester for the next millennium
 TESTOR 2000: Härteprüfer für folgende Jahrtausend 110

MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE

Posta József:

- On-line krómspeciációs módszerek kidolgozása különböző minták króm(III)- és króm(VI)-tartalmának meghatározására
 Development of one-line chromium speciation methods to determination of the Cr(III) and Cr(VI) content of the different type specimens
 Entwicklung der on-line Chromspeziationsmethoden für Bestimmung des Gehalt von Cr(III) und Cr(VI) der verschiedene Probenarten 111

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Koczor Zoltán, Marschall Marcell:

- Anyagvizsgálóati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában
 2. rész: Az anyagvizsgálat helye a minőségügyi rendszerekben, minőség az anyagvizsgálatban
 Material testing peculiarities of the quality assurance systems
 Part 2: Place of the material testing in the quality assurance system, quality in material testing
 Die Materialprüfungseigenarten der Qualitätssicherung-Systeme
 2. Teil: Stelle der Materialprüfung in Qualitätssicherung-System, Qualität in Materialprüfung 116

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

Mustos Péter:

- A Diósgyőri Gépgyár anyagvizsgáló tevékenységének rövid története
 Short history of material testing activity of the Diósgyőr Machine Factory
 Kurze Geschichte der Materialprüfungstätigkeit von Diósgyőr Maschinenfabrik 120

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN

- Dr. Réti Pál** 121

- ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 122

A kisciklusú fárasztó igénybevételek egyenértékűsége növelt hőmérsékleten

Dr. Lehofer Kornél

A növelt hőmérsékleten – $T > 0,4 \cdot T_m$ olvadáspont (K) – üzemelő berendezések szerkezeti elemeinek igénybevétele gyakran kisciklusú fárasztás, amelynek igénybevételi ciklusát az egymást követő átmeneti és állandósult üzemmódok határozzák meg.

A tervezői gyakorlat ma az, hogy a szerkezetet elsődlegesen az állandósult üzemmódra méretezik, majd a tervezett üzemvitel alapján, a véges elemek módszerrel meghatározzák a várható kisciklusú igénybevételt és becsléssel megállapítják a tervezett élettartam alatt várható igénybevételi ciklusok számát. Ellenőrzésként ezt összehasonlítják azzal a törést okozó igénybevételi számmal, amelyet a szerkezet anyagán a tényleges vagy rendszerint csak az azt modellező igénybevétellel határoztak meg sima vagy bemetszett próbatestek laboratóriumi kisciklusú fárasztóvizsgálatával, és ha szükséges, módosítják az elsődleges terveket. Ez az ellenőrzési módszer kimondatlanul is feltételezi, hogy a próbatestekkel meghatározott törési ciklusszám a tényleges szerkezeti elem kritikus igénybevételi helyén már nagy valószínűséggel okozhat veszélyes méretű repedést.

A kisciklusú fárasztást ún. zárt hurkú alakváltozással szabályozott technikával végzik, és az eredményeket általában a Coffin-Manson empirikus összefüggéssel értékelik, amely szerint a kettős logaritmikus koordináta-rendszerben lineáris a kapcsolat a képlékeny nyúlásamplitúdó és a törési ciklusszám között. Ez utóbbi alatt általában azt a ciklusszámot értik, amelynél az ismétlődő igénybevétel hatására keletkező repedés miatt a nyúlásamplitúdóhoz tartozó húzóerő meghatározott értékű, például 25%-os csökkenése bekövetkezik. A későbbiekben idézett kísérleteinknél ezt a feltételt választottuk [15].

Ugyanakkor, általánosan tapasztalható, hogy az üzemit modellező kisciklusú igénybevétel megválasztásakor, és így az eredmények értékelésekor is, figyelmen kívül marad a megújulásnak a képlékeny alakváltozás okozta felkeményedést kiegyenlítő hatása, amely pedig számottevően befolyásolja a károsodás és a törés mechanizmusát, a károsodás-halmozódást, végül is a szerkezeti anyag élettartamát.

A következőkben elsősorban a kisciklusú fárasztó igénybevételek egyenértékűségének feltételeit tárgyaljuk arra az esetre, amikor a felkeményedés és a megújulás egyensúlya egy igénybevételi cikluson belül érvényesül. Ehhez szükségünk lesz a megújulással végbemenő kúszás és kifáradás egységes leírásakor már korábban levezetett összefüggésekre, amelyeket előljáróban röviden összefoglalunk.

A kifáradási élettartam meghatározása

Növelt hőmérsékleten ($T > 0,4 \cdot T_m$), ha az igénybevétel időbeni változása összhangban van a megújulás sebességével, azaz ha a megújulás egy terhelési cikluson belül folyamatosan kiegyenlíti a maradó alakváltozás okozta felkeményedést, akkor a kúszás és a kifáradás – változó hőmérsékleti viszonyok között is – egységesen leírható a megújulással végbemenő kúszás $\dot{\epsilon}_s$ állandósult sebességére érvényes (1) összefüggés:

$$\dot{\epsilon}_s = S \cdot \exp\left(-\frac{Q}{RT} + B\sigma\right) \quad (1)$$

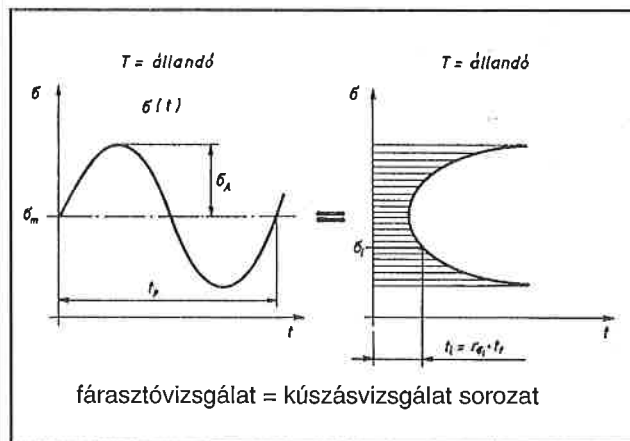
és a Monkman-Grant törési kritérium:

$$\dot{\epsilon}_s \cdot t_B = \epsilon_{MG} \quad (2)$$

felhasználásával [1–6], mivel

– mind a kúszási, mind a fáradási károsodás kristályhatármenti üregképződéssel és növekedéssel járó folyamat, amely alapvetően a diszlokációk nemkonzervatív mozgásainak a következménye, amelyet az öndiffúzió szabályoz; és mivel

– a terhelés időbeni sorrendje figyelmen kívül hagyható, és a $\sigma(t)$ igénybevétel okozta fáradás az egyes σ_i feszültség szinteken $t_i = r_{\sigma_i} \cdot t_f$ időtartamú kúszási igénybevétel-sorozatnak tekinthető (1. ábra).



1. ábra. A fárasztó igénybevétel helyettesítése kúszásvizsgálat-sorozattal

Az r_{σ} relatív időgyakoriság a t_p periódusidejű $\sigma(t)$ igénybevételből számítható:

$$r_{\sigma} = \left| \frac{d\sigma}{dt} \right| \cdot \frac{1}{t_p} \quad (3)$$

Felírva az (1) figyelembevételével a (2) törési kritériumot mind a $\sigma(t)$ fárasztó igénybevételre, mind annak σ_m középfeszültségére, mint statikus kúszási terhelésre, amelyhez az (6) szerinti t_B élettartam tartozik, és figyelembe véve a $\sigma = \sigma_m + a \cdot \sigma_A$ helyettesítést, ahol $-1 \leq a \leq 1$ és σ_A a $\sigma(t)$ igénybevétel feszültségamplitúdója, akkor a $\tau = t_f / t_B$ élettartam-visszonyra a

$$\tau = \left\{ \int_{-1}^1 r_a \exp(a \cdot B \cdot \sigma_A) \cdot da \right\}^{-1} \quad (4)$$

kifejezést kapjuk. Ez egy olyan $\tau(B \cdot \sigma_A)$ dimenzió nélküli Wöhler-görbe, amely csak a $\sigma(t)$ fárasztó igénybevételre jellemző r_a sűrűségfüggvényről függ, de független a σ_m középfeszültségtől, valamint a $\sigma(t)$ függvény t_p periódusidejétől is – ez közvetlenül is kitűnik pl. a (9) egyenletekből – természetesen csak addig, amíg a felkeményedést a megújulás egy igénybevételi cikluson belül kiegyenlíti.

Nagy előny, hogy a (4) szerinti általános, dimenzió nélküli Wöhler-görbe – amely a megújulással végbemenő kúszás hőmérséklet-tartományában valamennyi relatívan stabil anyagszerkezetű, például: inkoherens kiválásokkal keményített ötvözetekre érvényes! – közvetlenül meghatározható a különböző típusú $\sigma(t)$ fárasztó igénybevételekre, amelyből a konkrét ötvözetre az adott $\sigma(t)$ és $T = \text{állandó}$ igénybevétellel érvényes Wöhler-görbe a B tényezőtől származtatható és segítségével a t_f kifáradási élettartam a

$$t_f = \tau \cdot t_B \quad (5)$$

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

összefüggéssel számítható, ahol t_B a konkrét $\sigma(t)$ fárasztó igénybevétel σ_m középesszűrttségéhez tartozó kúszási élettartam, amely a (6) összefüggéssel kiszámítható [11]:

$$t_B = \exp \left(A \cdot \sigma_F + K + \frac{Q}{RT} - B\sigma \right) \quad (6)$$

Az (1-6) egyenletekben szereplő tényezők a következők:

S – a viszonylag stabil állapotra hőkezelt anyagra jellemző és ezért állandó értékűnek tekinthető szerkezeti tényező; az inkoherens kiválásokkal keményített ötvözetekre **S** egyenesen arányos a kiválások átlagos távolságával [11];

T – a hőmérséklet (K)

R – a gázállandó: 8,33 (J.mol⁻¹.K⁻¹)

Q – a megújulással végbemenő kúszás termikus aktiválási energiája, amely csak az ötvözet 20 °C-on mért σ_F folyáshatárával (MPa) jellemzett szerkezetétől függ, mégpedig:

$$Q = Q_o \cdot \sigma_F + Q_T, \text{ (J.mol}^{-1}\text{)} \quad (7)$$

σ – a terhelő feszültség (MPa)

B – az ötvözet bázisfémjére jellemző fázisátalakulás T_k és az igénybevétel T hőmérsékletétől (K) függő tényező:

$$B = \frac{B_o}{R(T_k - T)}, \text{ (MPa}^{-1}\text{)} \quad (8)$$

$\epsilon_{MG} \neq f(T, \sigma)$ – a hőmérséklettől és a terhelő feszültségtől független, állandó értékű nyúlásban kifejezett törési károsodás; a (2) szerinti törési kritérium érvényességét mind a vizsgálati tapasztalat [7, 8], mind a fém-

fizikai, például a törést okozó üregképződés képlékeny növekedési modellje [9] szerinti, és újabban a termodinamikai megfontolások is [10] alátámasztják.

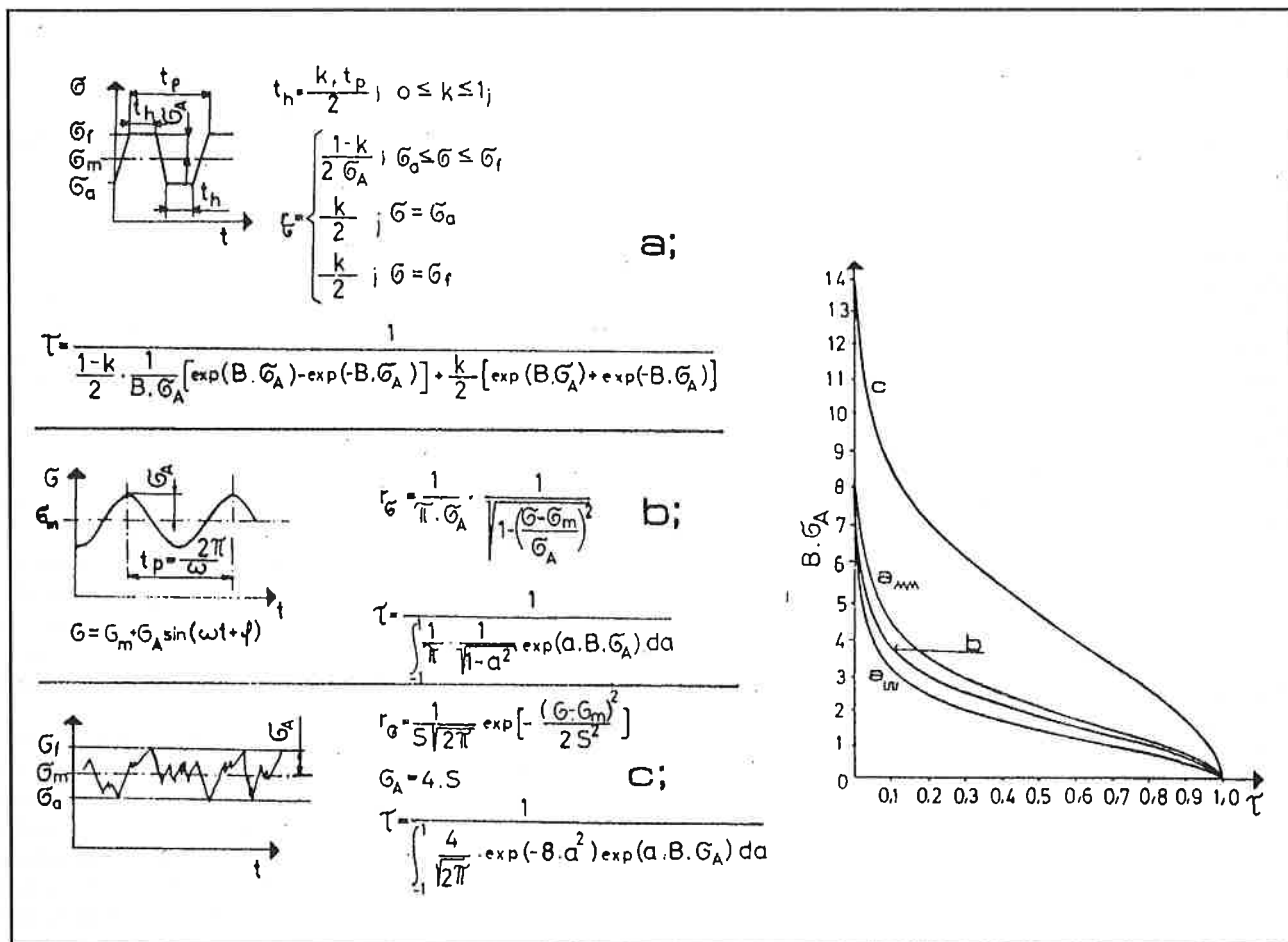
Az egyenletekben szereplő állandók értékeit az 1. táblázatban foglaltuk össze, amelyek a relatív stabil állapotra hőkezelt, inkoherens kiválásokkal keményített ferrites és ausztenites acélok csoportjaira érvényesek. Az ezekkel végzett számításoknál a t_B és t_f általában a t élettartamra a (h) dimenzió érvényes.

1. táblázat. A kiválásokkal keményített acélcsoportok állandói

Az állandók	ferrites acélokra	ausztenites acélokra
Q_o (J.mol ⁻¹ .MPa ⁻¹)	48	154
Q_T (J.mol ⁻¹)	242416	238229
B_o (J.mol ⁻¹ .MPa ⁻¹)	67	258
T_k (K)	1042	1809
A (MPa ⁻¹)	-9,2.10 ⁻⁵	-10 ⁻²
K (-)	-24,20	-19,70

A 2. ábra összefoglalóan szemlélteti a gyakran előforduló $\sigma(t)$ igénybevételek (3) szerint számítható r_σ függvényeit és a (4) szerinti $\tau(B\sigma_A)$ általános, dimenzió nélküli Wöhler-görbéinek egyenleteit és ábrázolt lefutásait.

Az igénybevételek közül jó példaként kiemelhető a trapéz profilú $\sigma(t)$ igénybevétel, amelyre az általános Wöhler-görbe egyenlete zárt alakban



2. ábra. A leggyakoribb fárasztó igénybevételekhez tartozó általános, dimenzió nélküli Wöhler-görbék, a $B\sigma_A(\tau)$ -függvények: a_A =háromszög profilú ($k=0$), a_N =négyzet profilú ($k=1$), b =szinuszos, c =statistikusan ingadozó igénybevételre

kifejezhető. A 2. ábrában látható összefüggésből kiolvasható, hogy a t_h tartózkodási idő növekedésével ($k \rightarrow 1$) a kífáradási élettartam csökken. A két szélső eset összehasonlítása jól érzékelteti a csökkenés mértékét.

Ha $k=0$, akkor az igénybevétel háromszög profilú és a Wöhler-görbe egyenlete:

$$\tau_A = \frac{2B\sigma_A}{\exp(B\sigma_A) - \exp(-B\sigma_A)} \quad (9/a)$$

Ha viszont $k=1$, akkor az igénybevétel négyszög profilú és a Wöhler-görbe egyenlete:

$$\tau_{\square} = \frac{2}{\exp(B\sigma_A) + \exp(-B\sigma_A)} \quad (9/b)$$

Ha a $B\sigma_A > 3$, akkor az egyenletekben a $(-B\sigma_A)$ kitevőjű exponenciális tagok elhanyagolhatók, vagyis ezen igénybevételi szint felett a háromszög profilú igénybevételhez tartozó élettartam $(B\sigma_A)$ -szor nagyobb a négyszög profilú igénybevételhez tartozónál, azaz $\tau_A = B\sigma_A \cdot \tau_{\square}$.

Kimutatható továbbá, hogy a szinuszos $\sigma(t)$ igénybevételhez tartozó Wöhler-görbe jó közelítéssel a $k=0,2$ trapéz profilú igénybevételhez tartozóval egyenértékű. (A $(B\sigma_A)$ igénybevétel ismeretében a k kismértékű változtatásával a közelítés pontossága egy előválasztott, például $\pm 0,5\%$ határok között tartható.)

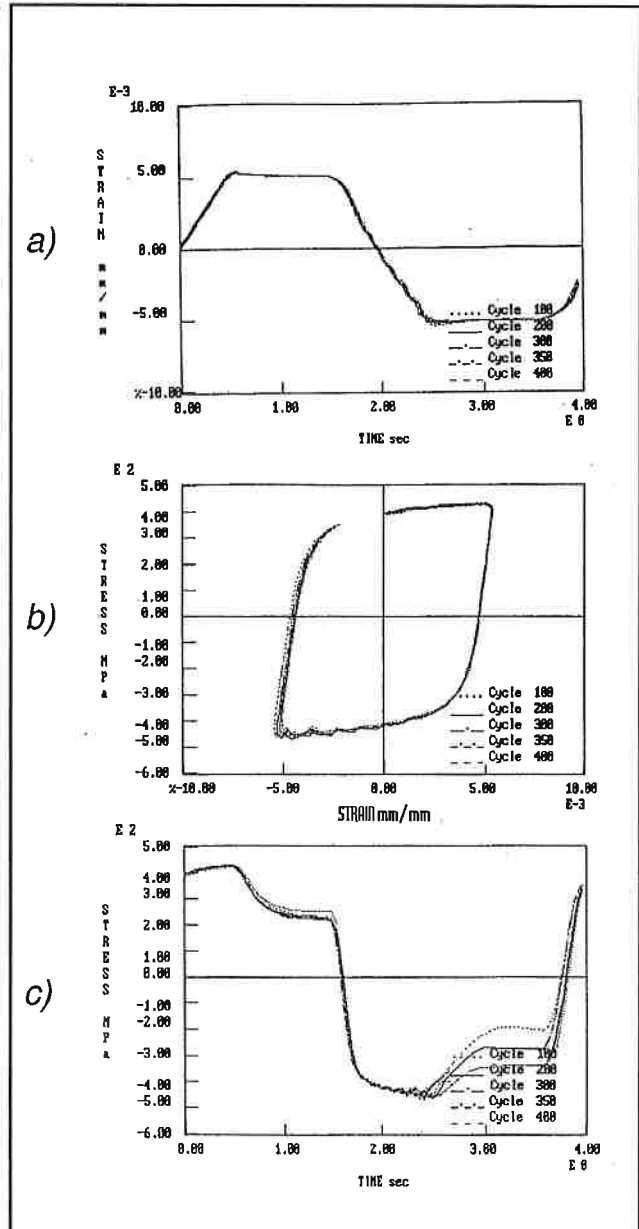
Ha az igénybevétel kisciklusú és alakváltozással szabályozott, akkor a kífáradási élettartamnak a (4) szerinti kiszámításához először az $\epsilon(t)$ függvényből a megfelelő $\sigma(\epsilon)$ anyagtörvény segítségével meg kell határozni a $\sigma(t)$ függvényt. Ez a $\sigma(\epsilon)$ ismeretében számításal is meghatározható [12, 13], de a számítógéppel vezérelt vizsgálógépekkel mind a $\sigma(\epsilon)$, mind a $\sigma(t)$ kísérletileg is megállapítható [14], illetve a számítás ellenőrizhető, amit célszerű is elvégezni.

Esetünkben, amikor a hőmérséklet $T > 0,4 T_m(K)$, és – mint látni fogjuk –, ha a megújulás egy igénybevételi cikluson belül teljes értékűen érvényre jut, valamint a vizsgált anyag szerkezetének kezdeti állapota relatív stabil, akkor az $\epsilon(t)$ -hez tartozóan mért $\sigma(\epsilon)$ és $\sigma(t)$ függvények a teljes élettartam során gyakorlatilag már nem változnak a kezdeti állapotban mértékekhez. Erre mutat példát a 3. ábra, amelyet az OTKA T-4408 számon támogatott kutatási programunk keretében Rózsahegyi Péter által a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék laboratóriumában elvégzett kísérletorszozatából választottam, és amelynek eredményeit – lásd részben a [15]-ben – jelen tanulmányomban felhasználtam.

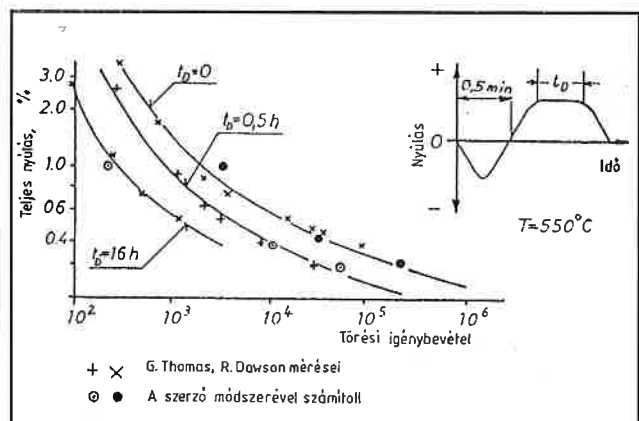
A felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlyára alapozott és itt röviden összefoglalt módszerrel és az egyes ötvözetcsoporthoz érvenyes összefüggésekkel közvetlenül kiszámított kúszási, valamint nagy- és kisciklusú kífáradási élettartamok igen jól egyeznek a próbatesten kísérletileg meghatározott élettartamokkal [1–6, 11–13]. Példaként ezt szemlélteti a 4. ábra is, amely az 1CrMoV ferrites acélra 550 °C-on kisciklusú, alakváltozással szabályozott húzó-nyomó lengő igénybevétellel kimért [12] és a módszerünkkel számított kífáradási élettartamokat hasonlítja össze.

A 4. ábra egyben arra is példa, hogy módszerünkkel kiszámíthatjuk a húzó-nyomó lengő igénybevételhez tartozó élettartamot is, amely igénybevétel aszimmetria tényezője: -1 , és a középfeszültsége: $\sigma_m = 0$, illetve középnúllása: $\epsilon_m = 0$. Ugyanis, a fémfizikai modellszámításokkal is alátámasztott kísérleti tapasztalatok szerint, amelyekről Harrison, G. F. és Tilly, G. P. is részletesen beszámoltak [18], a t_p periódusidejű húzó-nyomó lengő igénybevétel egy olyan t_p periódusidejű nullkezdésű húzó lengő igénybevétellel egyenértékű, amelynek a maximális húzófeszültsége egyenlő a húzó-nyomó lengő igénybevétel feszültségamplitúdójával. Ezt szemlélteti az 5. ábra a trapéz profilú igénybevétellel, amellyel – mint láttuk – a szélső esetek, azaz a négyszög profilú ($k=1$) és a háromszög profilú ($k=0$) húzó-nyomó lengő igénybevételek is tárgyalhatók.

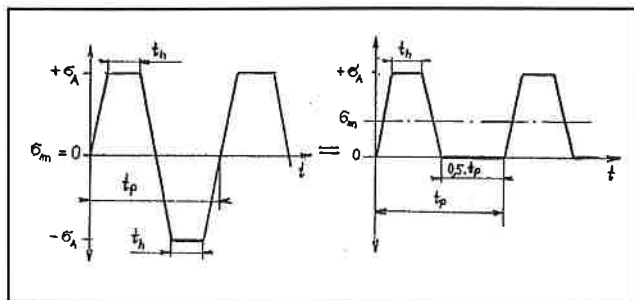
A [18]-ban közölt kísérleti tapasztalatokkal összhangban az (5) szerinti élettartam-számításunk egyszerűsíthető, mert a középfeszültség-



3. ábra. Átmérővezérelt trapéz profilú $\epsilon_d(t)$ kisciklusú igénybevétellel (a) fásztott, kiválásokkal keményített ferrites acél $\sigma(\epsilon)$ hiszterézis görbéje (b) és $\sigma(t)$ függvénye (c) a ciklusszám függvényében, (törési ciklusszám: 424)



4. ábra. Az 1CrMoV acél kisciklusú kífáradási élettartamának mért [12] és számított értékeinek az összehasonlítása



5. ábra. A húzó-nyomó lengő trapéz profilú igénybevétellel egyenértékű nullkezdésű húzó lengő igénybevétel

hez tartozó t_B kúszási élettartam (6) kifejezésébe a $\sigma_m = 0$ helyettesítéssel is mind a négyes, mind a háromszög profilú húzó-nyomó lengő igénybevételre a $B\sigma_A > 3$ esetekben – amely kisciklusú fárasztáskor mindig teljesül – a helyettesítő nullkezdésű húzó lengő igénybevétellel jó közelítéssel azonos élettartamot kapunk. Az összehasonlító elemzést a Függelékben közöljük.

Az egyenértékű igénybevétel

Jellemezze valamely növelt hőmérsékleten, $T > 0,4 \cdot T_m$ működő szerkezeti elem kiválasztott keresztmetszetében az összetett üzemi igénybevételt a $T(t)$ hőmérséklet-változás és a főfeszítésekkel és főnyúlásokkal kifejezhető és egytengelyűként kezelhető redukált vagy összehasonlító $\sigma(t)$ és $\epsilon(t)$ periodikus függvények (periódusidejük: t_p), amelyek a megfelelő $\sigma(\epsilon)$ anyagtörvény szerint egymásnak függvényei. Így, az előzőeknek megfelelően, a szerkezeti elem kifaradási élettartamát a $[T(t), \sigma(t)]$ üzemi igénybevétel határozza meg. Keressük az üzemi igénybevétellel egyenértékű $T^* = \text{állandó}$ és a t_p^* periódusidejű $\sigma^*(t)$ egytengelyű igénybevételt.

Amint ez már az előzőekből is kitűnt, az igénybevételek egyenértékűségének alapfeltétele a t_p kifaradási élettartamok azonossága, vagyis:

$$t_f = N_f \cdot t_p = N_f^* \cdot t_p^* \quad (10)$$

ahol N_f illetve N_f^* az üzemi, illetve a vele egyenértékű igénybevétel törést okozó ismétlődéseinek a száma.

A megújulással végbemenő kúszás hőmérséklet-tartományában felírhatjuk mindkét igénybevételre a (2) szerinti törési kritériumot:

$$N_f \int_0^{t_p} S \cdot \exp \left\{ -\frac{Q}{R \cdot T(t)} + B [T(t)] \cdot \sigma(t) \right\} dt = N_f^* \int_0^{t_p^*} S \cdot \exp \left\{ -\frac{Q}{R T^*} + B^* \cdot \sigma^*(t) \right\} dt \quad (11)$$

amelyben az integrálok értékei az egy igénybevételi ciklusban elszennvedett és nyúlásban kifejezett károsodás; B^* a B (8) szerinti értéke a $T^* = \text{állandó}$ hőmérsékleten.

Ha a $T^* = \text{állandó}$ hőmérsékletnek az üzemi $T(t)$ középhőmérsékletét választjuk, és a kúszássebesség-növekmények egyenlősége alapján, azaz

$$\frac{\partial \dot{\epsilon}_s}{\partial T} \cdot T_A = \frac{\partial \dot{\epsilon}_s}{\partial \sigma} \cdot \sigma_A \quad (12)$$

összefüggés segítségével a $T(t)$ üzemi hőmérséklet-változást átszámítjuk egy vele egyenértékű $T^* = \text{állandó}$ és $\sigma_T(t)$ igénybevételre [2], majd ezt szuperponáljuk az üzemi $\sigma(t)$ -re, akkor az üzemi igénybevételre a $T^* = \text{állandó}$ és $\sigma^*(t)$ igénybevételt kapjuk. Ezt beírva a (11) egyenlőség bal oldali integráljába – figyelembe véve a (10) alapján, hogy $N_f = t_p/t_p^*$ és $N_f^* = t_p^*/t_p$ – a (11) egyenlőséget egyszerűbb alakra hozhatjuk, mégpedig:

$$\frac{1}{t_p} \int_0^{t_p} \exp [B^* \cdot \sigma^*(t)] \cdot dt = \frac{1}{t_p^*} \int_0^{t_p^*} \exp [B^* \cdot \sigma^*(t)] \cdot dt \quad (13)$$

Az üzemi igénybevétel ismeretében a (13) összefüggés bal oldala meghatározható. Ezt az egyenértékűségi kritériumot azonban számos $T^* = \text{állandó}$ és $\sigma^*(t)$ igénybevétel kielégítheti, ezért ennek megválasztásakor figyelembe kell venni az üzemi igénybevétel sajátosságait, nevezetesen

- a hőmérséklet-változás tartományát és a T^* középhőmérsékletét;
- a mechanikai igénybevétel, a $\sigma(t)$, illetve a (12) szerint korrigált $\sigma^*(t)$ jellegét: nagy- vagy kisciklusú fárasztó igénybevétel-e, és ennek jellemzőit: középterhelés, amplitúdó, állandósult szakaszok terhelései és időtartamai, a terhelésváltozás sebessége, valamint

- ellenőrizni kell, hogy egy terhelési cikluson belül az alakváltozás okozta felkeményedést a megújulás kiegyenlíti-e vagy sem.

Ez utóbbi alapvető jelentőségű, mert a (13) összefüggésre vezető gondolatmenetünk – és ezen belül a terhelések időbeni sorrendjének figyelmen kívül hagyhatósága, az általános Wöhler-görbe frekvenciafüggetlensége – csak akkor érvényes, ha mind az üzemi, mind az azt modellező T^* , $\sigma^*(t)$ igénybevételre fennáll a felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlya. Az üzemi modellező $\sigma^*(t)$, illetve kisciklusú fáradás esetén az $\epsilon^*(t)$ periodikus igénybevételt vizsgálattechnikai okokból is célszerű egyszerű háromszög vagy szinusz profilúra választani, szükség szerint t_h időtartamú állandó terheléssel kombinálva. Ám, a felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúly szempontjából nagyon lényeges a T^* hőmérséklet, a t_p^* ciklusidő, az ϵ_a nyúlásamplitúdó és az $\dot{\epsilon}_a$ nyúlássebesség összehangolt és a (13) kritériumot is kielégítő megválasztása.

A továbbiakban e kérdéskörrel részletesebben foglalkozunk. Közvetlenül azonban megjegyezzük, hogy ha a szóban forgó egyensúlyi feltétel nem teljesül az üzemi igénybevételre, akkor a törést okozó anyagszerkezet-károsodás mechanizmusa, és így a károsodás-halmozódás kritériuma is megváltozik, azaz más feltételeket kell érvényesíteni az üzemi igénybevétel modellezésekor is, beleértve a próbatest alakjának és méreteinek a helyes megválasztását is [16, 17]. Ez az eset jelen dolgozatunknak nem tárgya.

A felkeményedés és a megújulás egyensúlya

Adott $T = \text{állandó}$ hőmérsékleten a képlékeny alakváltozás okozta felkeményedés akkor van dinamikus egyensúlyban a megújulással, ha ezen termikusan aktivált folyamatban a v_d átlagos diszlokáció-sebesség azonos az $\dot{\epsilon}_{e/T}$ nyúlássebességgel, azaz

$$\dot{\epsilon}_{e/T} = v_d = A \cdot \exp \left(-\frac{Q_d}{RT} \right) \quad (14)$$

Integrálva a (14)-et, a felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlyához szükséges $t_{e/T}$ időtartam a $T = \text{állandó}$ hőmérsékleten:

$$t_{e/T} = \frac{\epsilon_a}{\dot{\epsilon}_{e/T}} \quad (15)$$

ahol $\dot{\epsilon}_{e/T}$ az egyensúlyi nyúlássebesség a T (K) hőmérsékleten a (14) szerint és ϵ_a a teljes nyúlásamplitúdó.

A megújulással végbemenő kúszás hőmérséklet-tartományában a viszonylag kismértékű képlékeny alakváltozással vezérelt kisciklusú fárasztás viszonyai között is a megújulást, csakúgy, mint a kúszást a pontszerű rács hibák öndiffúziója szabályozza, amelynek Q_d aktiválási energiájaként jó közelítéssel elfogadhatjuk a (7) összefüggést.

A különböző hőmérsékleteken rövid periódusidővel, de különböző ϵ_a nyúlásamplitúdóval és $\dot{\epsilon}_a$ nyúlássebességgel végzett kisciklusú fáradásvizsgálatokkal kísérletileg jól behatárolhatjuk a felkeményedés – megújulás dinamikus egyensúlyának még megfelelő és már meg nem felelő

feltételeket, ha az egyensúlyi feltételekre alapozott módszerünkkel számításokkal is ellenőrizzük a kísérlettel kapott élettartamokat. Az egyensúlyinak még megfelelő összetartozó $(\dot{\epsilon}_a, T)$ értékpárokkal meghatározható a (14) összefüggés A állandójának az értéke, és így a különböző hőmérsékleteken a felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlyát még biztosító kisciklusú fárasztó igénybevétel jellemzői meghatározhatók.

Erre adott lehetőséget a ferrites melegsízlárd, kiválásokkal keményített állapotú acélokon elvégzett átmérővezérelt $\epsilon_d(t)$ kisciklusú fárasztóvizsgálatok, amelyeket a már említett OTKA-támogatással végeztek az ME Mechanikai Technológiai Tanszéken, mégpedig: 550 °C-on, különböző nyúlásamplitúdójú, $t_p = 2$ (s) periódusidejű háromszög, illetve tartózkodási idővel megnövelt periódusú trapéz profilú igénybevétellel (pl. 3. ábra) a 2. táblázatban összefoglalt paraméterekkel; és

2. táblázat. Kisciklusú fárasztás $\epsilon_d(t)$ trapéz profilú igénybevétellel 550 °C-on

Az igénybevétel jellemzői				A kifaradási élettartam			
ϵ_a	$\dot{\epsilon}_a$ (h ⁻¹)	t_h (s)	t_p (s)	mért értékei		számított értékei	
				$N_i \pm s_N$	$t_i \pm s_i$ (h)	N_i	t_i (h)
0,01038	74,7	0	2	623±89	0,346±0,049	1402	0,779
0,01141	82,2	0,5	3	457±53	0,380±0,044	455	0,379
0,01141	82,2	1	4	454±33	0,504±0,037	426	0,473
0,01141	82,2	2	6	431±29	0,718±0,048	496	0,826

20, 450, 500 és 550 °C-on, különböző nyúlásamplitúdójú, $t_p = 2$ (s) periódusidejű szinuszos kisciklusú igénybevétellel [15]. Az 550 °C-ra vonatkozó adatokat a 3. táblázatban foglaltuk össze.

3. táblázat. Kisciklusú fárasztás $\epsilon_d(t)$ szinuszos igénybevétellel 550 °C-on

Az igénybevétel jellemzői			N_f élettartam		$\frac{(N_{Sz} - N_M)}{0,1 \cdot N_{Sz}} = n$
ϵ_a	ϵ_{ap}	$\dot{\epsilon}_a$ (h ⁻¹)	mért	számított	
0,00310	0,00126	22,9	4122	3510	-1,01
0,00374	0,00168	27,3	3317	2880	+0,14
0,00441	0,00229	31,8	1700	2081	+1,24
0,00513	0,00320	37,0	1382	1795	+2,28
0,00635	0,00437	46,3	945	1510	+3,16
0,00815	0,00566	57,9	760	1110	+3,80
0,01002	0,00786	72,4	432	850	+4,53
0,01188	0,00956	85,5	415	660	+4,91
0,00700	0,00500	50,0	812	1248	+3,50
A Coffin-Manson paraméterek $\epsilon_{ap} = a \cdot N_f^b$			a	1,425	35,758
			b	-0,844	-1,245
regressziós tényező			r	-0,993	-0,994

*A Coffin-Manson korrelációkkal számított értékek

Az igénybevételek aszimmetria tényezője: -1. A táblázatokban az ϵ_d sugár irányú nyúlásamplitúdókkal az MSZ 4364 szerint számított ϵ_a tengely irányú nyúlásamplitúdókat tüntettük fel felhasználva a [15]-ben közölt adatokat. A 3. táblázatban feltüntettük az ϵ_{ap} képlekeny nyúlásamplitúdó mért értékeit is [15], valamint a szinuszos igénybevétel átlagos nyúlássebességét, amely $\dot{\epsilon}_a = 4 \cdot \epsilon_a / t_p$. Az élettartam számításához a számítógéppel vezérelt $\epsilon_d(t)$ program alapján kísérletileg meghatározott $\sigma(t)$ függvényeket használtuk (pl.: 3. ábra).

A 2. táblázatból megállapítható, hogy az 550 °C-on a névlegesen azonos nyúlásamplitúdóval és nyúlássebességgel jellemzett trapéz profilú igénybevétellel elvégzett kisciklusú fárasztóvizsgálatok statisztikusan is értékelhető mért élettartamai jól megegyeznek a felkeményedésmegújulás egyensúlyára alapozottan számított élettartamokkal. Ugyanakkor a háromszög profilú igénybevétel esetén a számított élettartam már szignifikánsan nagyobb a mért értéknél, (a számított élettartam nagyobb, mint a négyszeres szórással megnövelt mért középérték).

A 3. táblázatból viszont az állapítható meg, hogy az 550 °C-on a $t_p=2$ (s) periódusidejű, de növekvő nyúlásamplitúdójú és átlagos nyúlássebességű szinuszos kisciklusú igénybevétellel kísérletileg meghatározott élettartam kezdeti, a kísérleti szórás kétszeresen belüli kielégítő egyezése a számított élettartammal az $\dot{\epsilon}_a = 46,3$ (h⁻¹) átlagos sebességtől kezdve egyre növekvő mértékben eltér, azaz a számított élettartam egyre nagyobb a mérténél. (Közvetve megjegyezzük, hogy az 500 és 450 °C-ra vonatkozóan számított élettartamok értékei, éppen az egyensúlytól való jelentős eltérés miatt, nagyságrendekkel nagyobbak a mért értékeknél.)

Meghatározva a legkisebb négyzetek módszerével a Coffin-Manson összefüggést mind a mért N_M , mind a számított N_{Sz} élettartamokra, és ezekkel képezve az $n = (N_{Sz} - N_M) : (0,1 \cdot N_{Sz})$ hányadost, figyelembe véve a ± 10 rel. % tapasztalati szórását, az n értékével kielégítően pontosan kijelölhető a felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlyához tartozó nyúlássebesség, esetünkben az $n = +3,5$ értékhez tartozóan ez $\dot{\epsilon}_{a/550} = 50$ (h⁻¹) értékre adódott.

Elfogadva egyensúlyinak az így meghatározott nyúlássebességet, a (14) összefüggéssel a hőmérséklet függvényében kiszámítottuk az $\dot{\epsilon}_{a/T}$ egyensúlyi nyúlássebességeket a vizsgált, kiválásokkal keményített ferrites melegsízlárd acélra (folyáshatár 20 °C-on: 324 MPa). Az adatokat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat. A felkeményedés-megújulás dinamikus egyensúlyi feltételei

Hőmérséklet T °C	Egyensúlyi nyúlássebesség $\dot{\epsilon}_{a/T}$ (h ⁻¹); (s ⁻¹)	Az egyensúly időigénye* $t_{a/T}$ (s)	t_p (s)
600	431	1,20.10 ⁻¹	0,06
550	50	1,39.10 ⁻²	0,50
500	4,40	1,22.10 ⁻³	5,74
450	0,27	7,64.10 ⁻⁵	92,00
			268

*Az $\epsilon_a = 0,007$ nyúlásamplitúdóval és az egyensúlyi $\dot{\epsilon}_{a/T}$ nyúlássebességgel végzett kisciklusú fárasztás ($t_h=0$) esetén

Példaként feltételeztük, hogy a különböző hőmérsékleteken a kisciklusú fárasztás teljes nyúlásamplitúdója azonosan $\epsilon_a = 0,007$, és szinuszos igénybevétel esetén az átlagos nyúlássebesség az egyensúlyinak megfelelő értékű, kiszámítottuk a (15) összefüggéssel a felkeményedésmegújulás dinamikus egyensúlyához szükséges $\dot{\epsilon}_{a/T}$ időtartamokat, illetve a $t_p = 4 \cdot t_{a/T}$ periódusidőket is, amelyeket szintén feltüntettünk a 4. táblázatban. Mivel az így megállapított egyensúlyi feltételeket az inkoherens kiválásokkal keményített ferrites ötvözetcsoporthoz egy viszonylag

kis folyáshatárú acéljára vonatkozó kísérleti adatokkal határoztuk meg, ezért ezek az egyensúlyi feltételek az ötvözetcsoporthoz tartozó nagyobb folyáshatárú acélokra is jó közelítéssel érvényesnek tekinthetők.

Az egyensúlyi nyúlássebességek ismeretében nyilvánvaló, hogy miért nem egyezik a mért és a felkéményedés-megújulás egyensúlyára alapozottan számított élettartam az 550 °C-on, a $t_p=2(s)$ periódusidejű háromszög profilú igénybevétellel végzett kisciklusú fárasztáskor (2. táblázat), hiszen a nyúlássebesség lényegesen nagyobb volt az egyensúlyinál. Ugyanis, a tényleges $\epsilon_a = 0,01038$ nyúlásamplitúdóval számolva, az egyensúlyi időtartam a (15) szerint $t_{e/550} = 0,7474$ (s) azaz a periódusidő $t_p = 4 \cdot t_{e/550} = 3$ (s) kellett volna hogy legyen. A trapéz profilú igénybevételekkel végzett kisciklusú fárasztáskor viszont azért egyeznek meg a mért és a számított élettartamok, mert bár a nyúlássebesség nagyobb volt az egyensúlyinál, de a nyúlásamplitúdó elérését követő tartózkodási idővel megnövelt időtartam viszont nagyobb volt, mint a (15) szerint szükséges egyensúlyi $t_{e/550}$ időtartam. Ugyanis, $\epsilon_a = 0,01141$ és $\dot{\epsilon}_{e/550} = 50$ (h^{-1}), így az egyensúlyhoz szükséges időtartam: $t_{e/550} = 2,282 \cdot 10^{-4}$ (h) = 0,822 (s), ami kisebb, mint az igénybevételi cikluson belül rendelkezésre álló $t_p/4 + t_h$ időtartam, hiszen $t_p/4 = 0,5$ (s) minden esetben, és a legrövidebb tartózkodási idő is $t_h = 0,5$ (s), azaz 1 (s) > 0,822 (s) = $t_{e/550}$.

Függelék

A húzó-nyomó lengő igénybevétel a kísérletekkel alátámasztott elméleti megfontolások [18] szerint a kífáradási élettartam szempontjából egyenértékű az 5. ábra szerint értelmezett nullkezdésű húzó lengő igénybevétellel. A trapéz profilút csak az egyszerű kezelhetősége miatt választottuk. Az egyenértékűség elve más periodikus igénybevételekre is fennáll és igazolható.

Az 5. ábra szerinti húzó-nyomó lengő igénybevétellel egyenértékű nullkezdésű húzó lengő trapéz profilú igénybevételre

– a középesszűrés: $\sigma_m = \sigma_A \cdot (1+k)/4$, ahol $0 \leq k \leq 1$ és a tartózkodási időt jellemzi a 2. ábra szerint.

– a feszültség szintek (3) szerinti gyakorisága:

$$r_\sigma = \begin{cases} (1-k)/2\sigma_A, & 0 \leq \sigma \leq \sigma_A \\ k/2, & \sigma = \sigma_A \\ 0,5, & \sigma = 0 \end{cases}$$

Azonos anyagra és hőmérsékleten, amelyre egy C állandó adódik, a középesszűréshez tartozó kúszási élettartam a (6) szerint:

$$t_B = C \cdot \exp(-B\sigma_m) = C \cdot \exp[-B\sigma_A(1+k)/4]$$

A t_f kífáradási élettartamra az (5) szerint az (F1) összefüggést kapjuk:

$$t_f = \tau \cdot t_B = \frac{\exp[B\sigma_A(1-k)/4] \cdot C \cdot \exp[-B\sigma_A(1-k)/4]}{\frac{1-k}{2B\sigma_A} [\exp(B\sigma_A) - 1] + \frac{k}{2} \cdot \exp(B\sigma_A) + \frac{1}{2}} \quad (F1)$$

Felismerve, hogy a számlálóban a szorzás után csak a C marad, adódik a kífáradási élettartamot leíró összefüggés. Nagyobb igénybevételek esetén az (F1) összefüggés egyszerűsíthető, mivel ha $B\sigma_A > 3$, – amely a kisciklusú fárasztáskor $B\sigma_A > 5$ értéken teljesül, mivel a feszültség eléri, illetve meghaladja a folyáshatár értékét –, akkor a nevezőben a $(B\sigma_A)$ kitevőjű exponenciális tagok mellett a -1 és az $1/2$ elhanyagolható, és a kífáradási élettartamra az (F2) kifejezést kapjuk:

$$t_f = \frac{C \cdot 2B\sigma_A}{k(B\sigma_A - 1) + 1} \cdot \exp(-B\sigma_A) \quad (F2)$$

A $B\sigma_A > 3$ igénybevételi szinteken – maradva a példánál – a trapéz profilú húzó-nyomó lengő igénybevételhez tartozó élettartamot meghatározhatjuk az (5) szerint a 2. ábrában közölt általános alakú τ függvény és a $t_B = C$ szorzataként, mely utóbbit a $\sigma = 0$ helyettesítéssel a (6) összefüggésből kapunk az adott anyagra és hőmérsékleten, azaz

$$t_f = \left\{ \frac{1-k}{2B\sigma_A} \cdot [\exp(B\sigma_A) - \exp(-B\sigma_A)] + \frac{k}{2} \cdot [\exp(B\sigma_A) + \exp(-B\sigma_A)] \right\}^{-1} \cdot C \quad (F3)$$

De $B\sigma_A > 3$ esetén a $(-B\sigma_A)$ kitevőjű exponenciálisok elhanyagolhatók, miáltal az (F3)-ból is, csakúgy, mint az (F1)-ből a megengedhető elhanyagolások után a kífáradási élettartamra az (F2)-vel azonos kifejezést kapunk.

Az (F2) összefüggéssel, a $B\sigma_A > 3$ igénybevételi szintekre, a $k=0$ helyettesítéssel a háromszög profilú, míg a $k=1$ helyettesítéssel a négy- szög profilú húzó-nyomó lengő igénybevételekhez tartozó kífáradási élettartamokat meghatározhatjuk. Ezekre az igénybevételekre is érvényes a (9) egyenletekkel kapcsolatban tett megállapításunk, miszerint a háromszög profilú igénybevételekhez tartozó élettartamok $(B\sigma_A)$ -szor nagyobbak, mint a négyszög profilúhoz tartozók.

Kimutatható, hogy $k=0,2$ helyettesítéssel az (F2)-vel egyszerűen számíthatjuk a szinuszos húzó-nyomó lengő igénybevétellel fárasztott anyag várható élettartamát.

Irodalom

- [1] Lehofer, K.: Determination on fatigue life in elevated temperature on the basis of the creep laws, 5th Int. Symp. on Creep-Resistant Metallic Materials, 1976. Vsetin, Vol. II. p. 392.
- [2] Lehofer, K.: A kífáradási élettartam meghatározása nagy hőmérsékleten, Gép XXIX. (1977) 3. pp. 100–108
- [3] Lehofer, K.: Gép XXIV (1972) 9. pp. 327–330.
- [4] Lehofer, K.: Determination of service life decreasing effect of changing temperature..., Eigenschaften warmfester Stähle, Bd. 1. Düsseldorf, 1972. Hrsg.: VDEh. S. III/2.
- [5] Lehofer, K.: Discussion report, Int. Conf. on Creep and Fatigue in Elevated Temperature Applications, Sheffield, 1974.
- [6] Lehofer, K.: Coherent view of creep and fatigue, Problemü Procsnosztlyi-Strength of Materials, 1995. 1–2. pp. 126–136.
- [7] Davies, P. W.–Wilshire, B.: Structural Processes in Creep, London, 1961. p. 34.
- [8] Viswanathan, R.: Metals Technology I. (1974) 6. p.284.
- [9] Nix, W. D.–Matlock, D. K.–Dimelfi, R. J.: A model for creep fracture based on the plastic growth of cavities..., Acta Metallurgica, Vol. 25 (1977) 5. p. 495.
- [10] Krasowsky, A. J.–Tóth, L.: A thermodynamic analysis of the empirical power relationships for creep rate and rupture time, Metallurgical and Materials Transactions A Vol 28A (1997) pp. 1–12.
- [11] Lehofer, K.: Kandidátusi értekezés, MTA 1970.
- [12] Lehofer, K.: Discussion report to the lecture of Thomas, G. and Dawson, R.A.T.: Proc. Int. Conf. of Creep, Sheffield, 1980. Vol I. p. 167
- [13] Lehofer, K.: Kisciklusú fáradás növelt hőmérsékleten, III. Orsz. Törésmechanikai Szeminárium, Hajdúszoboszló, 1987. GTE. pp. 63–67.
- [14] Rózsahegyi, P.: Átmérővezérelt kisciklusú fárasztóvizsgálat, Anyagvizsgálók Lapja 1994/3. pp. 87–89.
- [15] Rózsahegyi, P.: Szerkezeti acélok kisciklusú fárasztóvizsgálata növelt hőmérsékleten, Gép XLVI. (1994) 12. pp. 22–28.
- [16] Nagy, Gy.: Kisciklusú fárasztó próbatestek törése, Gép XXXVIII. (1986) 9. pp. 341–347.
- [17] Nagy, Gy.: Kandidátusi értekezés, MTA. 1988.
- [18] Harrison, G. F.–Tilly, G. P. I.: Int. Conf. on Creep and Fatigue in Elevated Temperature Applications, Sheffield, 1974. C/222/73.

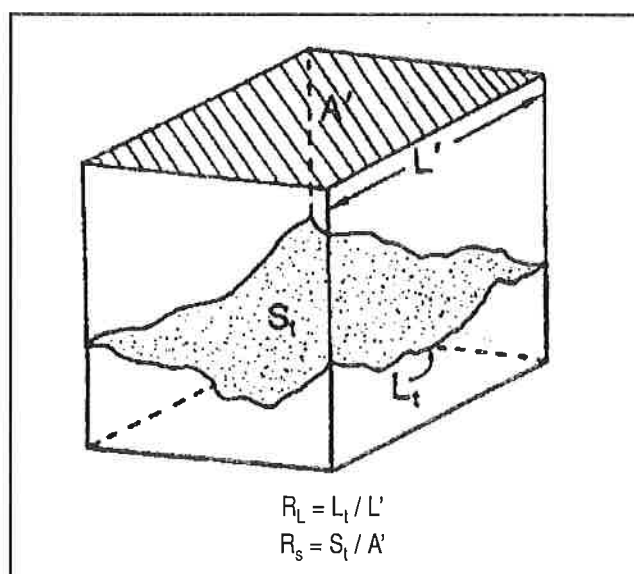
A töretfelületek sztereológiai jellemzési lehetőségei

Gácsi Zoltán*–Sárközi Gábor*

A töretfelület

Az anyagok törésmenetelekor keletkező töretfelületek geometriai tulajdonságai információkat hordoznak az anyagok mikroszerkezetéről, a mechanikai igénybevétel módjáról és a törési folyamat végbemene- teléről. A létrejövő szabálytalan felületek egyik fontos jellemzője az úgy- nevezett *töretfelületi érdesség* (R_s). Ennek mérése technikailag többféleképpen valósítható meg. Az egyik lehetőség a felületek met- szése függőleges síkkal, s a metszeten adódó görbék, a *töretprofilok* vizsgálata.

A *töretfelületi érdesség* (R_s) nem más, mint a töret valódi területének (S) és a topográfiai középsíkban képzett vetületének (A) a hányadosa (1. ábra); figyelembe véve, hogy átlapolódott vetületeket nem tekintjük



1. ábra. A töretfelületi érdesség értelmezése

(R_s = a töretfelület érdessége, S = a töret valódi felülete, A = a töret vetületének területe, R_L = a töretprofil érdessége, L = a töretprofil valódi hossza, L' = a töretprofil vetületének hossza) [2]

additívna. A töretfelületi érdesség értéke síkfelület esetén: 1, általános esetben pedig:

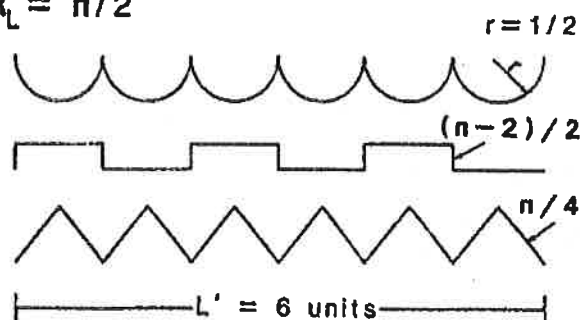
$$1 \leq R_s \leq \infty$$

A *töretprofilok érdességét* (R_L) teljesen hasonló módon értelmezhet- jük. A profilometriás vizsgálatok esetén felmerülhet, hogy a profil a felület három euklideszi dimenziójából csak kettő vizsgálatát teszi lehetővé: azonban e kettő között éppen a legfontosabb szerepel, nevezetesen az egyes felületelemek metszeteinek csúcsai közötti szintkülönbség, vagyis a profilmélység.

A profilérdesség (R_s) és a töretfelületi érdesség (R_L) szükségszerű paraméterek a töret jellemzésére, önállóan mégsem definiálják a sza- bálytalan felületet vagy görbét. Felvehetők például olyan karakterisztiku- san különböző alakú profilok, amelyeknek érdessége mégis mege- gyezik. A 2. ábrán olyan szívós, illetve rideg jellegű profilokat ábrá- zoltunk, ahol minden esetben $R_L = \pi/2$. A különbséget a profil vonalsza- kasainak (szegmenseinek) illetve a töret felületelemeinek szög szerinti eloszlásfüggvényével jellemezhetjük.

* Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék
H-3515 Miskolc-Egyetemváros
E-mail: femtangz@gold.uni-miskolc.hu, Telefon/fax: (46) 365-924

$$R_L = \pi/2$$

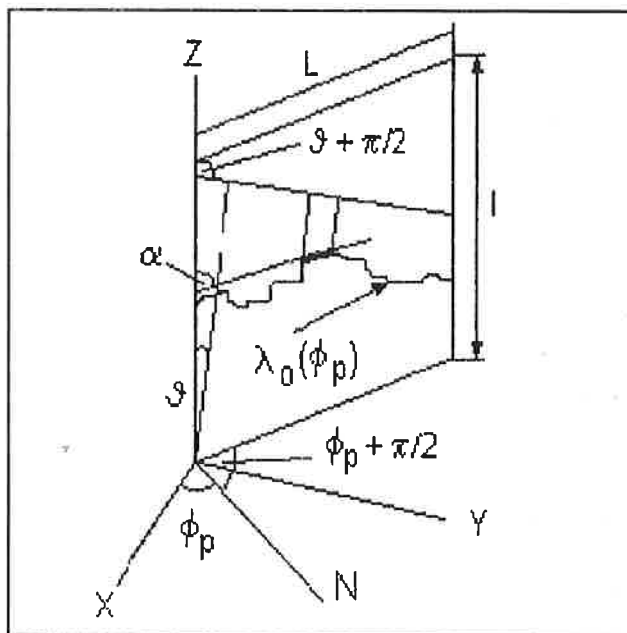


2. ábra. Profilérdesség (R_L) különböző alakú profilok esetén [6]

Megközelítőleg síklapokból álló, rideg, interkristallin töret felületele- meinek szög szerinti eloszlása a középpérték körül kisebb ingadozással jelentkezik, míg egy gödröcskés, szívós töreten minden lehetséges irányban lesznek felületelemek.

A töretfelületi érdesség számítása (2)

Tekintsünk egy l hosszúságú és L átmérőjű hengeres térfogatba zárt S valódi területű töretfelületet (3. ábra). Legyen a henger alapjának síkja (xy) a töret topográfiai középsíkja. Legyen φ_p a vizsgált sík normálisá-



3. ábra. A töretfelületi érdesség mérésére használt metszősík [2]

nak az x tengely pozitív irányával bezárt szöge, $\lambda_0(\varphi_p)$ pedig a töret- felület metszetének valódi hossza, ezen a síkon. A φ_p irányítású síkokon kapott profilok érdessége ekkor

$$R_L(\varphi_p) = \lambda_0(\varphi_p) / L$$

Legyen a töretprofil differenciális méretű vonalelemének érintője és a z tengely által bezárt szög α , valamint legyen $d\lambda(\alpha, \varphi_p)$ a vetület ($\alpha \dots \alpha + d\alpha$) szögű vonalelemeinek összes hossza a φ_p irányú síkon.

Definiáljuk a profil orientációs eloszlási függvényét, az $f(\alpha, \varphi_p)$ -t, az alábbi módon:

$$d\lambda(\alpha, \varphi_p) = \lambda_0(\varphi_p) f(\alpha, \varphi_p) d\alpha,$$

ahol $0 \leq \alpha \leq \pi$. Ezért $f(\alpha) d\alpha$ a vonalelemek diszkrét halmazából azon vonalelemek hosszának összegét jelöli, amelyek érintője az $(\alpha \dots \alpha + d\alpha)$ szögtartományba esik.

Ekkor alapvető sztereológiai összefüggések felhasználásával, valamint átlagolás és rendezés után kapjuk:

$$2\bar{P}_L = \frac{S}{V_0} = \frac{2S}{\pi L^2} \frac{1}{l} = R_s \frac{1}{l} = \frac{1}{12\pi} \int_0^{2\pi} R_L(\varphi_p) \psi(\varphi_p) d\varphi_p \quad (1)$$

$$\psi = \int_0^\pi \sin \vartheta \int_0^\pi [\cos(\vartheta + \pi/2 - \alpha)] f(\alpha) d\alpha d\vartheta \quad (2)$$

Ahol:

P_L = a töretprofil metsző egyenes egységnyi hosszúságúra eső metszéspontok száma,

SN_0 = a töretfelület (S) és a vizsgált térfogat (V_0) hányadosa, vagyis a fajlagos felület (S_V),

Ψ = a profil szerkezeti faktora,

$f(\alpha)$ = a töretprofil ívelemeinek az α szerinti eloszlási függvénye.

Más megközelítésben az (1) és (2) összefüggés tulajdonképpen az $(R_L \Psi)$ szorzat φ_p szerinti – vagyis a metszősíkban képzett – átlaga, azaz: $R_S = \bar{R}_L \Psi$. Ahhoz, hogy reprodukálható méréseket lehessen végezni a következő kérdéseket kell tisztáznunk:

- Hogyan lehet meghatározni a felületelemek eloszlásfüggvényét?
- Milyen alakú metszővonalat alkalmazunk?
- Hány függőleges síkmetszet szükséges a megbízható becsléshez? Vegyük sorra a lehetséges válaszokat:

A felületelemek eloszlásfüggvénye [3]

A töretfelületi érdesség számszerű meghatározása a következő méréseket teszi szükségessé: a töretprofil érdességének (R_L) és a profil szerkezeti faktorának (Ψ) meghatározása. A profilelemek α szögeinek ($0^\circ \dots 180^\circ$) mért adatait K osztályba sorolva $\Delta = \pi/K$ hosszúságú intervallumokat kapunk. Legyen $h_i \Delta$ azoknak a profilelemeknek az összes hosszúsága, amelyek szöge az $[(i-1)\Delta \dots i\Delta]$ intervallumba esik. Ekkor h_i a hisztogram i -ik oszlopának magassága. Geometriai megfontolások után írhatjuk, hogy a szerkezeti faktor:

$$\psi = \Delta \sum_{i=1}^K a_i h_i, \text{ ahol}$$

$$a_i = \sin[(i-1/2)\Delta] + [\pi/2 - (i-1/2)\Delta] \cos[(i-1/2)\Delta],$$

a h_i -től független.

A töretfelületi érdesség meghatározása ezek alapján az alábbi lépésekben hajtható végre:

- A síkmetszetek előállítás és a kapott profil szakaszokra bontása (szegmentálása),
- A profilérdesség meghatározása a szegmenshosszak és a vetületi hosszak hányadosaként,
- A szegmensek α szögeinek mérése; az α - $f(\alpha)$ hisztogram felvétele,
- A profil szerkezeti faktorának számítása,
- A felületi érdesség számítása a profilérdességek és szerkezeti faktorok szorzatának átlagaként.

A nemlineáris metszővonalak [1, 7]

Homogén töretfelület esetén az adott irányú metszővonalhoz tartozó, egységnyi vonalhosszra vonatkoztatott metszékszám $P_L(\vartheta, \varphi)$ nem függvénye a metszősíkknak, de inhomogenitás esetén a metszősík, vagy akár a metszővonal helyzetével jelentősen változhat. Annak a valószínűsége, hogy az egyenletes mintavétel során a metszővonal a $(\varphi \dots \varphi + d\varphi; \vartheta \dots \vartheta + d\vartheta)$ tartományba esik ($\sin \vartheta d\vartheta d\varphi$): (4π) ; így

$$\bar{P}_L = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi P_L(\varphi, \vartheta) \sin \vartheta d\vartheta d\varphi \quad (3)$$

Ezt azt jelenti, hogy $\bar{P}_L$ a $P_L(\vartheta, \varphi)$ -nak $\sin \vartheta$ -val súlyozott átlagaként kapható meg. Tekintsünk egy görbe metszővonalat; ennek hossza a

$(\vartheta \dots \vartheta + d\vartheta)$ intervallumban legyen $dL(\vartheta) = L_0 \sin \vartheta d\vartheta$, ahol L_0 a görbe teljes hossza. Ekkor a metszővonal metszéskéinek száma:

$$P_L^C = \int_0^{\pi/2} P_L(\vartheta, \varphi) \sin \vartheta d\vartheta$$

Ebből az következik, hogy $S_V = 2\bar{P}_L^C$ meghatározható olyan függőleges síkokon, amelyen a profil nyomvonalának metszékeit olyan alakú görbékkel hozzuk létre, amelyek hossza a $(\vartheta \dots \vartheta + d\vartheta)$ intervallumban éppen $\sin \vartheta d\vartheta$ -val arányos. Keressük tehát azt a görbét, amelynek metszéspontjaiból a fajlagos felület értéke közvetlenül meghatározható. Ezen görbe görbülete (a görbület $d\alpha/ds$ alakú vektoranalitikai értelmezése miatt) szükségszerűen $\kappa = 1/\sin \alpha$, ahol α a görbe érintője és a függőleges tengely által bezárt szög, amelynek megváltozása azonos az érintőével. Megoldásként a klasszikus geometria ciklois alakzata adódik, amelynek kistengelye párhuzamos a függőleges iránnyal.

A szükséges metszősíkok száma [3]

Geometriai megfontolások alapján: $dP_L^C(\vartheta, \varphi, \varphi_p) = f(\vartheta, \varphi, \varphi_p) dS_V(\vartheta, \varphi)$, ahol

$$f(\vartheta, \varphi, \varphi_p) = \frac{1}{2} \left[\cos \vartheta + \sin \vartheta \left| \sin(\varphi - \varphi_p) \right| \frac{\text{ctg} \vartheta}{\sin(\varphi - \varphi_p)} \right] \quad (4)$$

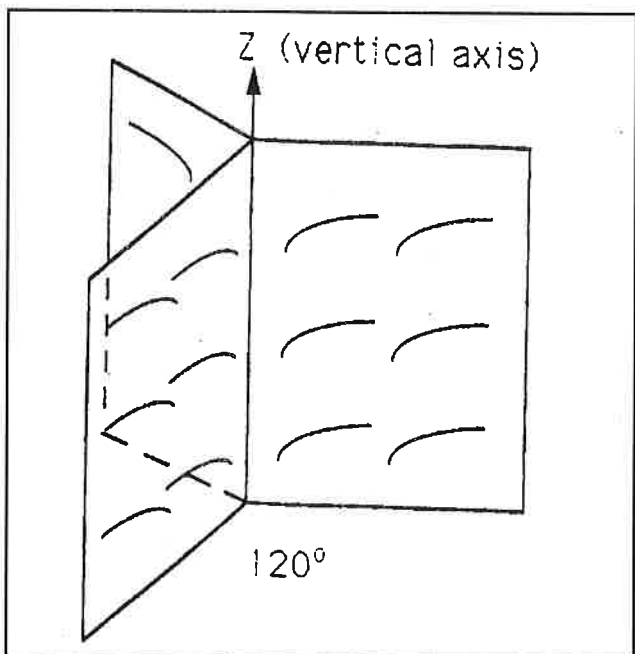
A különböző orientációjú m darab függőleges metszeten ($\varphi_p^i, i=1..m$) végzett mérések $[dP_L^C(\vartheta, \varphi)]_m$ átlaga:

$$[dP_L^C(\vartheta, \varphi)]_m = f_m(\vartheta, \varphi) dS_V(\vartheta, \varphi),$$

ahol az $f_m(\vartheta, \varphi)$ érték a síkmetszetek számának és irányának függvénye:

$$f_m(\vartheta, \varphi) = \frac{1}{2} \left[\cos \vartheta + \frac{\sin \vartheta}{m} \sum_{i=1}^m \left| \sin(\varphi - \varphi_p^i) \right| \frac{\text{ctg} \vartheta}{\sin(\varphi - \varphi_p^i)} \right] \quad (5)$$

Az m nagy értékeire e kifejezés határértéke az egyes paraméterek megválasztásától függetlenül 1/2. A függőleges tengely irányításának, a szükséges metszősíkok számának, valamint a metszősíkok irányításának megfelelő kombinációjával elérhető, hogy $f_m(\vartheta, \varphi)$ értéke minden (ϑ, φ) értékre 0,5 körül maradjon. Ez esetben ugyanis a különböző orientációjú felületeknek átlagából $S_V = 2(P_L^C)_m$, ahol $(P_L^C)_m$ az m darab optimális orientációjú síkban a profilelemek és cikloisok átlagos metszékszám. Ekkor a felülethányad nagy pontossággal meghatározható függetlenül a felület anizotrópiájától.



4. ábra. Az optimális metszősík rendszer: a trisector cikloissal [7]

Az (5)-ös egyenletet részletesen elemezve az alábbi megállapításokat tehetjük:

– Minél nagyobb az m érték (3.5), az elkövetett hiba annál kisebb. Az m érték növelésével azonban a szükséges számítások értéke megszorozódik.

– Az $f_m(\vartheta, \varphi)$ 5%-os kritikus pontossága az $m_{\min}=3$ ('trisector') esetben teljesül (4. ábra), ha:

• A metszések számlálása a függőlegessel párhuzamos kistengelyű cikloisokkal történik.

• Ha a felületelemek legalább 95%-a nem, vagy csak majdnem párhuzamos a függőleges tengellyel.

Tudniillik, az $f_m(\vartheta, \varphi)$ -nek az elméleti 0,5 érték körüli maximum 5%-os eltérése az $f_m(\vartheta, \varphi)$ érték ϑ szerinti eloszlása alapján 85°-nál kisebb ϑ -k esetén teljesül, ekkor $S_V=2.012[\overline{P_C}]_3$

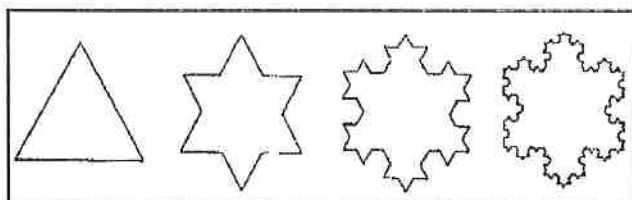
• A trisector egyes síkjain az átlagoknak statisztikailag egységesnek kell lenniük. Inhomogén minták esetén a trisectort a minta több pontján kell elhelyezni.

A töretfelületek fraktáljellemzői (4)

A mikroszerkezetek geometriai alakzatai a rend széles skáláján mozognak: a tökéletes rendezettségtől a majdnem teljes káoszhoz. A fraktálokkal jellemezhető struktúrák a rend alacsony fokát képviselik, hanem is teljesen rendezetlenek. Tipikus jellemvonásuk az önhasonlóság, amely szerint a nagyítástól függetlenül mindig azonos jellegzetességekkel rendelkező alakzatokat találunk.

A fraktálok matematikai iteráció útján létrejött, alapvetően geometriai alakzatok. Két csoportjukat különböztethetjük meg: a szabályos (vagy geometriai), valamint a véletlen (vagy random) fraktálokat.

A geometriai fraktálok előállításához előre meghatározott növekedési szabályt iterálunk; ekkor az alakzat valamely tulajdonságának logaritmusa az iterációs lépések száma (vagy egy ezzel analóg módon változó mennyiség, például hosszúság) logaritmusának függvényében lineárisan változik. Geometriai fraktál például az 5. ábrán látható triadikus von Koch-alakzat.



5. ábra. A szabályos fraktál

A véletlen fraktálok olyan rendszerek, amelyek statisztikusan szintén rendelkeznek a geometriai fraktál jellegzetességével.

A töretfelületek esetén azzal a feltételezéssel élünk, hogy a felület invariáns a skála-transzformációkkal szemben, azaz önhasonló, bármilyen nagyítást alkalmazunk is.

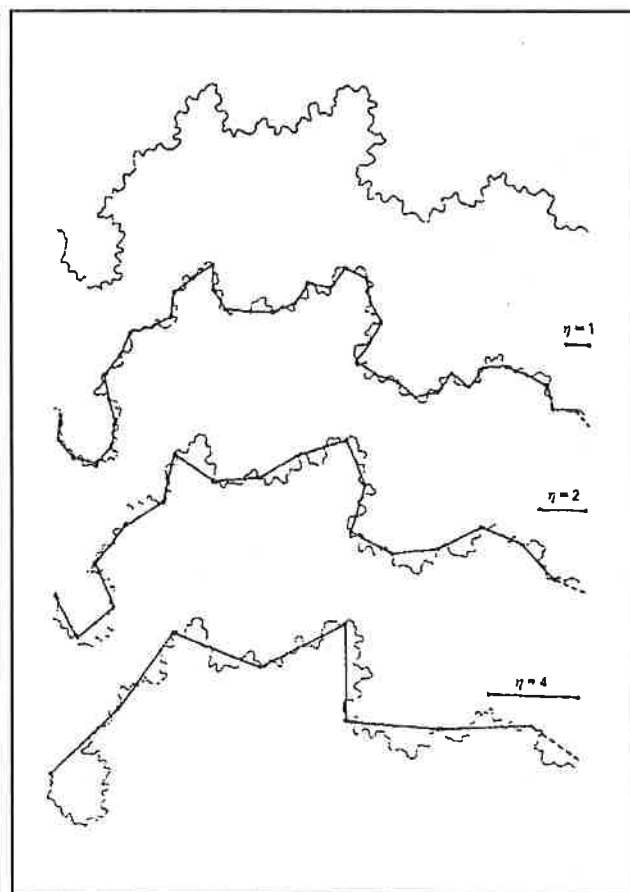
A töretprofil vizsgálatakor a nagyítás változtatásával változik az alkalmazható szegmens hossz. A (η) segítségével megmérhető a profil hossza a nagyítás függvényében (6. ábra). A profilírdességet R_L a profilhossz és a vetített hossz hányadosa adja. Ez – hasonlóan a geometriai fraktálokhöz – nyilvánvalóan függ az adott szegmenshossztól, az aktuális nagyítástól. A profilhossz nagyításfüggését matematikailag az ún. Mandelbrot-Richardson egyenlet adja meg:

$$R_L(\eta) = R_1 \eta^{1-D_L},$$

ahol η a szegmenshossz, R_1 az egységnyi η esetén mért profilírdesség, D_L pedig a profil fraktáldimenziója.

Definiáljuk analóg módon a felület fraktáldimenzióját, mint $\kappa=\eta^2$ függvényét:

$$R_s(\kappa) = R_2 \kappa^{2-D_s}$$



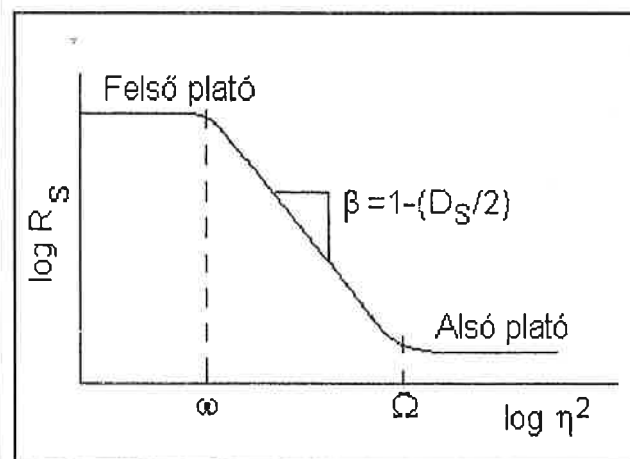
6. ábra. A profil hosszának függése a szegmenshossztól (η)

ahol R_s a töretfelületi írdesség, R_2 ennek értéke egységnyi κ -nál.

Ekkor írható: $R_s(\eta) = R_L(\eta) \psi(\eta)$.

A fraktáldimenzió ezek alapján mértékegységtől független, így azonos fraktáldimenzióval rendelkező két töret merőben különböző geometriai és metallurgiai sajátságokkal bírhat. Ezért a fraktál dimenzió D_s önmagában nem alkalmas a felület jellemzésére.

Az önhasonlósági kritérium két nagyságrendnél nem állja meg a helyét: egyrészt nagyon nagy nagyításoknál, ahol a felület elemi alkotórészeinek nagyságrendjébe ütközünk, másrészt a nagyon kis nagyításnál, ahol az eltört darab felületén már nem tudjuk megkülönböztetni a karakterisztikus vonásokat. Ennek következtében a profilometriás mérés (a geometriai fraktálok esetén egyenes Richardson-ábrák helyett) a töretfelületen sigmoid-görbét eredményez.



7. ábra. A töretfelület Richardson-görbéje

15. Nemzetközi Szakkiállítás és Szeminárium

REGULA

MAGYAR ECOLOGIA

MAGYAR ENERGIA

MAGYAR MEDICA

MAGYAR OPTIK

MAGYAR LABOR

1998. FEBRUÁR 17-20.

BUDAPEST

SPORTCSARNOK

További információ:

Congress

Kft.

1026 Budapest Szilágyi Erzsébet fasor 79.

Tel.: 212-0056 Fax: 156-6581

E-mail: congress@congress.hu

A 7. ábrán a mért értékek egy sematikus rajza látható; értelmezése a matematikai összefüggések és az anyag jellegzetességeinek figyelembevételével lehetséges. A jobb oldali *alsó platón* egyetlen szegmens fedi le az egész profilt, azaz $R_L=R_S=1$. A *felső plató* létezése logikai megfigyeléseken alapul: a klasszikus fraktáloktól eltérően, a töret felülete a nagyítással nem nőhet végtelenül, ennek anyagszerkezeti korlátai vannak.

A töretfelület fizikai jellemzőjének tekinthető a 7. ábrán látható ω és Ω érték. Ezek mind a felület geometriájától mind az anyag mikroszerkezeti tulajdonságaitól függenek. Az ω érték adja a töretfelület legkisebb fellelhető alakzatait; jellemzője lehet a mikroszerkezet azon legkisebb elemeinek, amelyek még szerepet játszottak a törési folyamatban.

Az Ω érték a felület homogenitását jellemezheti; csak az ennél kisebb alakzatok jelennek meg az Ω méretű mintákon. Így ez a statisztikus jellemzéshez szükséges minimális mintamérettel függ össze.

Összefoglalás

Egy töret képi jellegzetességei az anyagi minőségtől és az igénybevételi módtól függenek. A kvantitatív fraktográfia vizsgálati módszereivel a töretfelület jellemezhető: a mikroszkópos technikákban rejlő lehetőségek jó alapot szolgáltatnak annak feltételezésére, hogy gondos minta-előkészítéssel, matematikailag megalapozott összefüggések segítségével a vizsgált töretet kielégítően jellemző sztereológiai paramétereket nyerhetünk.

A töretfelületek kvantitatív jellemzésére szolgáló sztereológiai módszerek közül jelenleg a profilometriás analízis kecsegtet a legtöbb eredménnyel. Az $R_S=R_L\psi$ összefüggés matematikailag kellően megalapozott, mindemellett a mintadarabok előkészítése, a statisztikai szempontból optimális "trisector" alkalmazása lényeges technikai problémákat okoz.

A töretfelületek leírásának másik lehetséges módja a fraktáldimenzió (D_S) meghatározása, amely önmagában sajnos nem jellemzi a töretfelületet. Ugyanakkor a nagyítás jelentős növelésével eljuthatunk a töretfelületi érdesség felső határértékéhez, amely a töretfelület azon legkisebb fellelhető alakzatait jelzi, amelyek szerepet játszottak a törési folyamatban.

Ezek után joggal tekinthető perspektívának egy a töret sztereológiai paraméterei és a töréshez vezető igénybevételi módtól függő valamely törésmechanikai anyagjellemző között fennálló kapcsolat megtalálása. Ezáltal gyakorlatilag a törési folyamat során fellépő feszültségállapottól függő – azaz mérnöki jellegű – anyagjellemzőket hozhatunk létre. Ez a további kutató munkánk célja.

Irodalom

- [1] Baán M. és Roósz A. és Gácsi Z.: „Lemeztávolság tényleges értékének meghatározása perlitben” *Bányászati és Kohászati Lapok*, 110. évf., 9. szám. 1977, p. 392–397.
- [2] Gokhale, A. M. and Underwood, E. E.: „A General Method for Estimation of Fracture Surface Roughness: Part I. Theoretical Aspects”, *Metallurgical Transactions A*, Vol. 21A 1990, p. 1193–1199.
- [3] Gokhale, A. M. and Drury, W. J.: „A General Method for Estimation of Fracture Surface Roughness: Part II. Practical Considerations”, *Metallurgical Transactions A*, Vol. 21A 1990, p. 1201–1207.
- [4] Gokhale, A. M. and Drury, W. J.: „Measurement and Interpretation of Fracture Surface Fractal Dimension”, authorized reprint from *Metallography: Past, Present, and Future (75th Anniversary Volume)*, American Society for Testing and Materials, 1993, p. 295–310.
- [5] Underwood, E. E. and Banerji, K.: „Fractal Analysis of Fracture Surfaces”, *ASM Metals Handbook*, Vol. 12. 1994, p. 211–215.
- [6] El-Soudani, S. M.: „Theoretical Basis for the Quantitative Analysis of Fracture Surfaces”, *Metallography*, Vol. 7, 1974, p. 271–311.
- [7] Gokhale, A. M. and Drury, W. J.: „Efficient Measurement of Microstructural Surface Area Using 'Trisector'”, the author's reprint from *Metallurgical Transactions A*, 1994

Anyagvizsgálóink emlékülése Miskolc-Tapolcán

A honi anyagvizsgálók önálló egyesületté szerveződésének, a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete alapításának centenáriuma alkalmából szervezett emlékülést a házigazda szerepét vállaló Miskolci Akadémiai Bizottság (MAB) elnöke, *Kozák Imre* akadémikus nyitotta meg. A reformkor nemzetté kovácsoló fontosabb eseményeit jelzés értékűen érintő gondolatmenetében – október 6-án lévén – a szabadságharc vértanúira való emlékezés is helyt kapott. Az anyagvizsgálat és az egyesületalapítás jelentőségét az anyagtörvényeknek a mechanika alkalmazásában betöltött szerepének kiemelésével méltatta.

Prohászka János akadémikus, az MTA Műszaki Tudományok Osztályának elnöke az anyagtudomány és az anyagvizsgálat kölcsönhatására mutatott rá. Kiemelte a magyar származású *Polányi Mihály* és *Orowan Emil* jelentős szerepét a kristályos fémek reális szerkezetének kutatásában és a vizsgálattal meghatározott mechanikai tulajdonságaik értelmezésében.

Terplán Zénó akadémikus, aki a tudománytörténet-írásnak is kiváló művelője, felszólalásában szakmatörténetünk jeles személyiségeire egy-egy jellemző, megírt vagy átírt epizód közvetlen hangvételű felidézésével emlékezett.

A megnyitó méltó keretet és lehetőséget adott *Takács Jánosnak*, a Gépipari Tudományos Egyesület elnökének, hogy átadja a *Gillemot László Emlékérem* kitüntetését az anyagvizsgálat terén elért tudományos eredményeik és egyesületi, közéleti munkásságuk elismeréseként *Gillemot Ferencnek*, *Havas Istvánnak* és *Lehofer Kornél*nak.

Az anyagvizsgálat és az anyagvizsgálók honi szervezetei 1945 előtti és utáni korszakának történetéről *Tóth László* és *Lehofer Kornél* tartott, dokumentumokkal és idézetekkel gazdagon illusztrált előadást. Mondandójuk lényege előzetesen megjelent az Anyagvizsgálók Lapja 1997/3. és a Gép 1997/7–8. számaiban, amelyeket a résztvevők kézhez kaptak az *Anyagvizsgálat témájú közlemények* című füzetrel és a hozzá mellékelte, kereső szoftvert is tartalmazó hajlékony lemezzel együtt, amely tartalmazza az Anyagvizsgálók Közlönye (1914–1944), a Gép (1949–1996) és az Anyagvizsgálók Lapja (1991–1997) folyóiratokban megjelent közlemények címjegyzékét.

Előadásuk végén az emlékülés résztvevői néma felállással emlékeztek szakmánk elhunyt kiválóságaira, köztük az ülés előtt október 2-án elhunyt *Réti Pál*ra.

Szakmánk és egyesületünk sokszínű történetéhez és fejlődéséhez elválaszthatatlanul hozzátartoznak műszaki egyetemeink tanszéki és ipari laboratóriumaink közösségeinek tevékenysége.

A Budapesti Műszaki Egyetemen *Rejtő Sándor* vezetésével 1889-ben szerveződött Mechanikai Technológiai Tanszék munkájáról *Artinger István* egyetemi tanár, míg a Miskolci Egyetemen *Zorkóczy Béla* vezetésével 1950-ben azonos névvel megalakult tanszék tevékenységéről *Tisza Miklós* egyetemi tanár adott gazdagon illusztrált áttekintést. (Emlékülésünk kiadványának megjelenéséig forrásként ajánljuk *Artinger István*: A BME Mechanikai Technológiai Tanszék hozzájárulása a magyar anyagvizsgálat fejlődéséhez című tanulmányát, amely lapunk 1996/3. számában jelent meg, valamint a *Zorkóczy Béla* tudományos emlékülés alkalmából 1966-ban kiadott, A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék tudományos tevékenysége 1950–1995 című tanszéki kiadványt.)

Bárczy Pál egyetemi tanár előadásában *Kerpely Antalnak*, a magyar anyagvizsgálat kezdetét jelentő korszakától tananyagok és korabeli könyvrészletek ismertetésével mutatta be az anyagvizsgálati ismeretek szerepét a kohómérnök-képzésben. Az anyagvizsgálatot önálló tárgyként *Berkei Béla* vezette be 1905-ben, majd 1920-tól *Balázs István*, 1944-től *Verő József*, 1960-tól *Németh Emil* gondozta és fejlesztette a témakör egyetemi előadásait.

Balázs György ny. egyetemi tanár előadásából megismerhettük az

építőanyagok vizsgálatának történetét, amely 1894-ben indult a József-műegyetem Műszaki Mechanikai Laboratóriumában és a hozzákapcsolt Kísérleti Állomáson, amelyeknek működését a vallás és közoktatási miniszternek, a kereskedelmi miniszterrel egyetértésben kiadott 1894. évi 1138. eln. sz. rendelete hagyott jóvá. A hatósági jelleggel működő Kísérleti Állomás célja az volt, hogy az építő- és szerkezeti anyagok főleg szilárdsági és mérnöki szempontból fontos fizikai, kémiai tulajdonságait a tudomány módszereivel megvizsgálja, az eredményekről hivatalos bizonyítványt állítson ki, és azokat összefoglalóan Közleményekben tegye közzé. 1933-ig 13 ilyen Közlemény jelent meg. A korszerűen felszerelt intézet fejlesztését a két minisztérium és a vizsgálatokban érdekelt vállalatok támogatták. A Kísérleti Állomás 1903-tól az oktatást is szolgálta.

A Magyar Anyagvizsgálók Egyesületének első tagjai között megtalálható volt a Diósgyőri Acélárugyár, amely az egyesület megalakulása idején már több, mint 130 éves volt – mutatott rá *Kovács Károly*, a Metalcontrol ügyvezető igazgatója. Ez a több emberöltőnyi idő, – amely alatt az anyagra és vizsgálatára vonatkozó ismeretek alapvető természet-tudományos elvei kialakultak –, megtanította a diósgyőri kohászt és anyagvizsgálót arra, hogy termékei tulajdonságainak vizsgálati szempontjai és módszerei, valamint ezek megbízhatósága nem lehet a többi kutató- és vizsgálóhelytől független. Az előadó ezt illusztrálta egy 1802-ből való tanúsítási, egy 1815-ből származó körvizsgálati és egy 1868-as beszállítói vizsgálati dokumentum bemutatásával, majd felvázolta azt a pályát, amit a diósgyőri anyagvizsgálat napjainkig, a Metalcontrol Kft. megalakulásáig megtett.

Imre Lajos, a Közlekedéstudományi Intézet laborvezetője a hídgyártásunk anyagvizsgálati hátterének történetét vázolta fel előadásában, amely az alapanyagok, a hídacélok vizsgálatától, a különböző konstrukciójú és kivitelezésű, elsősorban hegesztett hídszerkezeti elemek gördülő terheléssel végzett összehasonlító élettartam-vizsgálataig terjed.

Somogyi György műszaki igazgató előadásában méltatta az AGMI Rt. jelenét és perspektíváját megalapozó jogelőd Weiss Manfréd Vas- és Fémművekben több, mint 70 éve alapított anyagvizsgáló laboratórium fejlődését jellemző és a hazai ipari anyagvizsgálat fejlődését is serkentően befolyásoló eredményeit. Hiszen a laboratóriumban olyan akadémiai tudományos fokozattal és magas állami kitüntetéssel is elismert tanácsadó, illetve vezető személyiségek is dolgoztak, mint *Gelei Sándor* és *Verő József*, illetve *Török Tibor*, *Réti Pál*, *Széki Pál*ma, *Hegedűs Zoltán* és még számosan, a szakmánk iránt elkötelezett és elismert szakemberek. Ez az a bázis, – mutatott rá az előadó –, amelyen a mai AGMI Rt. a Csepel Művek 1983-ban bekövetkezett felbomlását követően képes volt megújulni és az ország egyik legnagyobb független, számos hazai és nemzetközi szervezet által akkreditált anyagvizsgáló laboratóriumaként tevékenykedni, mégpedig nemcsak a hagyományos analitikai, roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok terén, hanem környezetvédelmi, rendszerszintű állapotellenőrzési, valamint minőségbiztosítási és munkavédelmi minősítési feladatokra is felkészülten.

Rittinger János állapotellenőrzési igazgató előadásában az erőművek karbantartására szakosodott Erőkar vállalat keretében 40 éve – *Becker István* kezdeményezésére és vezetésével – alapított, majd *Süle János* által is vezetett anyagvizsgáló laboratórium fejlődéstörténetének jellemző fordulóit és eredményeit tekintette át. Tevékenységük felőli a hőerőművek szerkezeti anyagainak tulajdonság-vizsgálatát, az erőművi káresetek elemzését és ezek megelőzését is szolgáló állapotellenőrzési roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati módszerek rendszerbe szervezett alkalmazását és fejlesztését. Az elmúlt 40 év során olyan értékes adatbázisra és szakértői tapasztalatokra tettek szert, amellyel – más hazai laboratóriumokkal együttműködve – a privatizációjukat követően egyenrangú partnerként tudtak illeszkedni az erőművek bizton-

ságos üzemeltetése érdekében bevezetett, az Európai Unió által finanszírozott TINCA számítógépesített szakértői rendszerhez (Gép 1997/7-8. p. 15.)

Fehérvári Attila, a Welmat Kft. igazgatója előadásában áttekintette a Vaskutban folyó K+F tevékenységet, amely meghatározóan hatott az ipari fejlődésre, és nagy értékű vizsgálo laboratóriumot hozott létre. A kutatóintézet tevékenységi korszakait az ipari, politikai célkitűzésekhez kapcsolatosan elemezte, feltárva azokat az okokat, amelyek az intézet működésének szükségszerű átalakításához vezettek. Így jött létre a Welmat Kft. a Vasipari Kutató Intézet anyagvizsgáló és hegesztési osztályából és a forgácsoló műhelyéből, átvéve az intézet szakembereit, eszközeit. Tevékenységüket a Vaskut telephelyén folytatják, ápolva és gyarapítva az intézet örökségét, és az átvett szakmakultúrát.

Az előadó kiemelte a Welmat információs bázisának és tudományos kapcsolatainak jelentőségét. Ismertette a főbb kutatási irányait, amelyek között első helyen áll a nukleáris szerkezetek biztonságos üzemelésének szolgálata. Példákkal illusztrálta az anyag- és a hegesztés-technológiai, valamint a roncsolásmentes anyagvizsgáló fejlesztések eredményeit, és a szerkezetintegritás-vizsgáló tevékenységüket.

Szakmánk fejlődéstörténetének mai valóságáról, az Európai Unió műszaki szabványai honosításának helyzetéről és a szabályozás szerinti megfeleltetési eljárás anyagvizsgáló következményeiről *Schuchttár Endre*, az IKIM osztályvezetője nyújtott áttekintést előadásában.

Szakmánk hazai fejlődéstörténetének felidézett mérföldköveinek megismerése után érdeklődő figyelem kísérté *Karol Kálna* pozsonyi kollégánk előadását, amelyben röviden áttekintette az egykori Csehszlovákiában, többek között a hegesztéstechnikai kutatásairól híres pozsonyi „Cabelka-intézetben” folyó törésmechanikai kutatások történetét és jelentősebb eredményeit, amellyel hozzájárultak egyetemes szakmakultúránk fejlődéséhez.

Az emlékülés jó alkalom volt a jövőbe tekintő, a hogyan tovább?, a

mit kell tennünk? kérdések köré *Rittinger János* vitavezetésével fellevezt gondolatok kötetlen megvitatására is. A különböző nézőpontokból elhangzott – néha ellentmondónak tűnő – vélemények ellenére megfogalmazódott az igény a jelenleg különböző egyesületi szervezeti keretek között működő szakmai közönségeink tevékenységét legalábbis koordináló, szövetségi jellegű szerveződés életre hívására, amely egyeztetett társadalmi kezdeményezéseivel, társadalmunk biztonsága és védelme érdekében, de szakmánknak a társadalmi munkamegosztásban betöltött felelősségteljes feladataival összhangban

- fokozottan, jogszabályokba foglaltan is érvényt szerez a társadalmilag ellenőrzött anyagvizsgáló szakértők kizárólagos foglalkoztatásának;
- társadalmi ellenőrzést gyakorol az anyagvizsgáló szakemberek képzése és továbbképzése felett, érvényesítve a vizsgálati technika és technológia fejlődéséből eredő és a nemzetközi szakmai és etikai követelményeket;
- társadalmi aktivitásával, rendezvényei és kiadványai révén elősegíti az anyagtudomány átfogó szemléletének érvényesülését az ipari tevékenység környezeti és társadalmi kockázatának csökkentése érdekében.

Az emlékülést fogadás zárta, amely módot adott az elhangzottak kötetlen továbbgondolására csakúgy, mint a baráti hangulatú eszmecserekre és vidámságokra, sőt a szakmánkat sajnos nem kellő számban képviselő hölgyek megtáncoltatására is.

★

Szervezőbizottságunk tájékoztatása szerint már szerkesztés alatt van az emlékülésen elhangzottaknál bővebb és eredeti dokumentumok másolataival illusztrált kiadvány, amelyhez a vállalkozó szerzők által megígért és még le nem adott kéziratok, floppyk és dokumentumok mielőbbi megküldését kérjük.

Lehofer Kornél – Tóth László

Törésmechanikai szeminárium

A törésmechanika művelésében és alkalmazásában érdekelt szakértők részvételével a már hagyományos, sorrendben a hatodik országos rendezvényre ismét Miskolc-Tapolcán került sor október 7-8-án.

A rendező és házigazda szerepét ezúttal a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete (Baylogi) vállalta mindnyájunk meglegedésére. A szemináriumot szakmailag támogatja a Miskolci Akadémiai Bizottság, a Miskolci Egyetem, a GTE anyagvizsgáló szakosztálya, a törésmechanika európai (ESIS) és nemzetközi (ICF) szervezeteinek Magyar Nemzeti Bizottságai és az MTS Trening Center.

A szemináriumot *Terplán Zénó* akadémikus rövid történeti áttekintést nyújtva nyitotta meg, majd *Cser László*, a Baylogi igazgatója köszöntötte a résztvevőket, vázolta az intézet és kiemelten a szeminárium témájához kapcsolódó szerkezetintegritási és minőségbiztosítási osztályuk tevékenységét.

A szeminárium témaválasztását a sokszínűség jellemezte.

Értékes gondolatok és javaslatok hangzottak el a rideg törés és a kifáradás biztonságos elkerüléséhez felhasználható tervezési határgörbék meghatározásának kérdéskörében. Ide kapcsolhatók a szerkezetek feszültséggyűjtő bemetszései hatásának elemzésével foglalkozó előadások is.

Több előadás témája volt a nagy szilárdságú szerkezeti acélok törésmechanikai jellemzőit befolyásoló hőkezelési, öregítési és a neutron-sugárzás okozta hatások vizsgálati eredményeinek a bemutatása.

A kisciklusú fáradás kérdéskörével több előadás is foglalkozott. A

vizsgálattechnikai problémákon túl elsősorban az igénybevételi ciklusok időbeni változásának, a hőmérsékletnek, a felkeményedés-megújulás kölcsönhatásának az élettartamra és a repedés terjedésére gyakorolt hatásai, valamint az eredmények értékeléséhez általánosan használt, empirikus Coffin-Manson összefüggés fizikai hátterének elemzése került bemutatásra.

Az erőművi szerkezetek állapotellenőrzésekor a replika-módszerrel feltárt kúszási károsodás törésmechanikai értékelésére bemutatott kísérleti módszer az Erőkar szakértőinek tapasztalatai szerint alkalmas a károsodás veszélyességének a megítélésére, és így az azonnali javításhoz szükséges leállás esetenként elkerülhető.

Nagyon fontos információkat tartalmaztak azok az előadások, amelyek a technikai műanyagok, a szilíciumnitrid-alapú kompozitok és kerámia törésmechanikai jellemzőinek vizsgálati tapasztalatait és eredményeit mutatták be.

Egy ígéretes szakértői programról is hallottunk beszámolót, amely a káresetek elemzéseinek eredményeinek adatbankját hasznosítja.

A szemináriumon elhangzottakat tartalmazó – megjelenés alatt álló – kiadványt az érdeklődők figyelmébe ajánlom.

A kétnapos szeminárium esti programja a Szegi Pincében nemcsak a tokaji borok készítése „titkainak” a megismerését és mással össze nem téveszthető zamatának megízlelését szolgálta, hanem egy jó hangulatú baráti beszélgetésre is módot adott.

– *ferKo* –



rapporT

The latest news in applied Instron technology

Force 12

Remember the Hurricane in Britain in 1987?

The damage caused to crops and vegetation was extensive throughout the U.K. and led to severe losses for many farmers and foresters. These extreme weather conditions led Dr. Roland Ennos of the School of Biological Sciences at Manchester University to start research into the mechanics of root systems, to see how stronger, more wind resistant crops could be produced.

Taking a leaf out of building foundation technology theory and applying it to the plant he and his team have examined how root systems should behave in soil to stop the plant from blowing over. Wheat, barley, sunflowers, maize and other crops could all be more firmly anchored to the ground as a result of the research.

Using an Instron testing system with Series IX software they have carried out thousands of measurements and



calculations to examine how real root systems behave, by literally pulling the plants from the soil, right down to the roots.

The Instron system was used to measure the force required to lift the whole plant as well as individual roots. Dr Ennos also developed a special attachment to push over tall plants, mature wheat for example, measuring the



force needed to topple the crop. Stems and roots received a three point bending test to measure stiffness of various parts of the root system.

Several optimum root systems have been identified for taller plants.

"We've also started to find that plants can actually sense their

mechanical environment and grow stronger roots in windy conditions" says Dr. Ennos. "No similar study has ever been performed and the results will be used to assist in the cross breeding of crop plants to produce strains with optimum root systems," he adds.

Dr. Ennos praises the Instron system for helping him to literally get down to the root cause of the problem.

The Train in Spain takes the Strain

The Spanish are introducing six new high speed trains to be built by GEC Alsthom Transporte, the company chosen by Renfe (the Spanish Rail Co.) for the construction. The trains will run between Valencia and Barcelona.

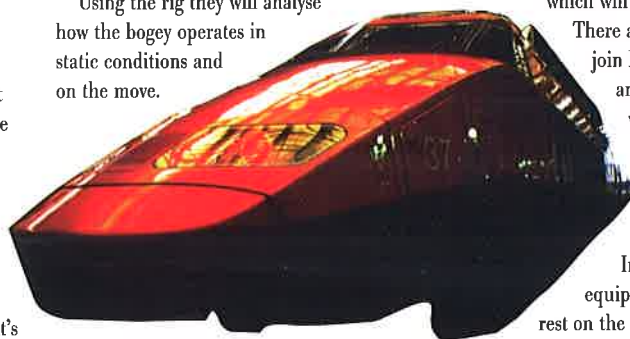
In turn, GEC have asked a group of researchers in the Valencian Polytechnic University to become bogey men. No, you won't find any goblins or objects of dread down in the Mechanical and Materials Engineering Department, just a lot of conscientious people whose job it is to test the resistance of the bogeys to be used in the trains.

The bogey is essentially a pivoted undercarriage which carries the body of the train. As well as keeping everyone on the rails it's

sprung for comfort and the pivot ensures the train can take very closed curves at high speed.

So the bogey men are running tests in the Polytechnic University Laboratory using a 6 actuator Instron rig with 8580 electronics and MAX software.

Using the rig they will analyse how the bogey operates in static conditions and on the move.



The high speed and load are simulated to facilitate detection of cracks, deformations and possible breaks, at much lower cost than tests on the actual rail.

Results of the tests will then be used in the specifications for building the high speed trains which will link major cities across Spain.

There are plans for an AVE train to join Madrid with Valencia in 2007 and the researchers hope the work with the Instron rig will lead to further testing of the future French high speed trains as well as the current Renfe ones in operation.

Important work for Instron equipment because a lot is going to rest on the bogeys.

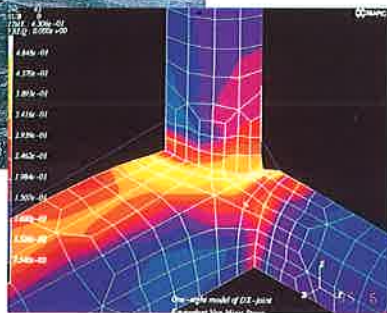
Joint test rigged up in Singapore



It covers an area of nine square metres, stands 6.6 metres high and weighs in at some 50 tons. Supporting it is a 1.3m thick re-inforced concrete floor slab of cellular construction, and you would have to travel to Singapore to see its unique features. It is a new multi-planar test rig located in the heavy structures laboratory at the School of Civil and Structural Engineering at Nanyang Technological University.

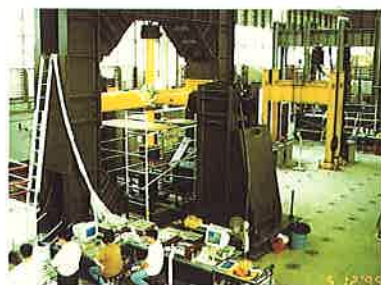
Steel structural hollow sections offer attractive engineering and architectural properties as structural members in both on-shore and off-shore construction - oil rigs spring immediately to mind. The problem is, the sections are difficult to connect up to form complete multi-planar tubular joints, and while research has been carried out on uniplanar joints, high cost and complexity has limited multi-plane joint research. Enter the support of the NSTB Marine Technology programme and the NTU Academic Research Fund, with a project led by Dr. Chiew, lecturer in charge.

The Instron control system consists of four 200 ton-



capacity actuators and digital controller. Loading can be applied in different axes simultaneously to simulate the actual loading which would be experienced in a 'real life' installation - making certain joints will withstand those pounding elements.

In parallel, large displacement finite element and stress analyses covering the full range of joint geometry parameters were also conducted to predict the performance of the joints.



Dr. Chiew says "the results we obtained correlate very well with our prediction. The system performs so satisfactorily we are now working on expanding its capability."

RUGGED TESTS

For Land Rover



Wool tests make their Mark

There they are, just a herd of sheep and lambs in the meadow or roaming the hill sides. Somehow, one day it will turn into one of the most versatile natural fabrics known to man.

Suits, coats, socks, jumpers, jackets, scarves, carpets, chairs - the list of things you can do with wool are endless, and the Woolmark, introduced by the International Wool Secretariat (IWS) in 1964, is one of the most successful and widely used textile trademarks in the world.

An important element of their programme is product development and technical support. Up near the moors at Ilkley in the U.K. you'll find the IWS Development Centre and their advanced materials testing facility.

In the laboratories an Instron testing system has been installed to speed the turnaround of data. Some 50 tests have now been established to cover different aspects of the products licensed to carry the Woolmark, products made by more than 3500 manufacturers around the world. It's reassuring to know that before a licence is granted for an individual product, it has to be fully tested to ensure it conforms to Woolmark specifications.

The Instron system is used for measuring the tensile strength of fabrics, single fibres and yarns, stretch tests on fabrics such as suits and upholstery materials, tear tests, seam slippage and seam strength tests. It's all about making sure what you wear or sit on is going to stand the test of time.





Twenty six years ago Land Rover pioneered the concept of a 4x4 off-roader with the creature comforts of a normal road-going vehicle.

The Range Rover Classic was born and production has since

been joined by the Land Rover Discovery. Together with Land Rovers these world-beaters are exported to every continent.

The £300 million development programme saw trials for the Range Rover over millions of

miles around the world, from scorching desert sun to frozen wastes and saturating heat, to the severest off-road terrains as well as streets and highways.

Punishment enough you might think, to highlight any areas which may need refinement, but long before the completed vehicle sets off, there are some rather special tests to be carried out.

Land Rover makes every part of its vehicles in-house, from gearboxes and engines to body shells and dashboards.

Down in the Materials Process and Equipment Technology division there's an Instron testing system making sure they meet Rover's punishing standards

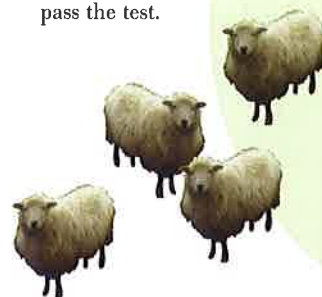
Hoses - made from two types of rubber or neoprene - are tested at operating condition in hot fuel and oil baths to

determine their tolerance. Seat fabric faces constant use ahead so it's subjected to tests for tear resistance. It's heated too, to simulate a day in desert temperatures then the effect of an overweight occupant getting into the seat, without it collapsing or tearing.

Then there's trim, adhesive must keep on being adhesive at all operating temperatures so tests make sure it sticks and the trim stays put.

Two materials, rubber and a glass fibre inner composition make up drive belts, the lifeline on any engine. They are tested to determine replacement cycles and service life.

So you can be certain, if you're dashing down the motorway or off-roading in the Outback in a model made by Land Rover, it's not before Instron has helped it pass the test.



Delivering good Water

was piped directly into homes. The programme eliminated the ancient calling of the galego, or water porter.

With the help of 12 Instron machines, LNEC are determining the long term characteristics of glass reinforced plastic (GRP) pipes with diameters up to 3000mm, for further enhancement of the system.

Two key tests are performed. One is to determine the relative long-term ultimate deflection - under wet conditions. Pipe specimens are immersed in water and subjected to different constant levels of compressive loading, with determination of the deflection at failure.

In the second test the method is similar, but because GRP is sensitive to water it is tested for creep and calculations are produced for long-term specific ring stiffness. Deflections are measured at various times up to 10,000 hours and regression analysis is based on the measured deflections.

Using the results obtained from the Instron Systems, LNEC can predict the deflection and creep in water pipes after 50 years. For a city with such a long history, technology is now proving a winner for the future.



The Romans occupied it from 250 BC to AD 409, the Moors took it in the 8th century and stayed for 433 years, British and French control alternated in the early 1800's.

Lisbon stands where the River Tagus, referred to by poets as the city's 'lover', flows into the Atlantic Ocean. The waters broaden to the Mar de Palha, a seven mile bay named for the sheen of its water which forms a beautiful harbour. Lisbon has been known by several names, Lizbuna and Lixbuna among them, but it is thought the name comes from agua boa or 'good water', and that is what LNEC, the Portuguese National Laboratory of Civil Engineering, is presently concerned with.

From around 1901 onwards new water supplies were laid in the city to augment the 1748 aqueduct of Aguas Livres, and the water



ERA cracks it.

heart of electricity generation has been the subject of a four year research programme conducted by ERA Technology Ltd. Sponsored by companies in the USA, Japan, Australia, Italy,



Finland, Denmark and the UK, their activity has been centred on an advanced materials testing system specially designed and manufactured for the research programme by Instron.

Specialist coatings manufacturers provided hollow test specimens designed to simulate a section of a turbine blade and these were

supplied ready coated with various superalloy materials.

A key factor in determining the life of a turbine blade is the ability of the coating to resist cracking. In a Thermo-Mechanical Fatigue environment the temperature rate of change can reach 50°C per second and to achieve this heating rate, test specimens are positioned inside two RF induction heating coils. Instron Windows-based TMF software provides the computer control.

Tests are conducted at temperatures in the range of 250-1050°C, the specimen being held by special water-cooled modular grips. The axial extensometer and RF heating coils were periodically removed for examination of the growth of cracks. The final outcome was a report to the sponsors and a greater understanding of what it takes to keep the wheels turning and our electricity generating.

Turn on a light switch, plug in the kettle, enjoy the warmth of central heating in the cold depths of winter.

All it takes is electricity and we all take that for granted. To make sure we have a constant supply, electricity companies rely on materials.

Performance of the coatings used on gas turbine blades, at the

Zip into action!

Zips take a lot of punishment but at YKK UK Ltd. they take a dim view of zips that aren't top notch - all the time. Producing around two million zips and touch-and-close fasteners each week calls for a special kind of quality control.



An Instron testing system is playing a key role in YKK's U.K. factory. YKK manufactures every component used in their fasteners and has fully automated equipment of its own design for the final assembly operation.

At the end of each day, samples from each production batch are collected for testing the following morning, to meet the performance requirements for zip fasteners specified in BS 3084.

Zips are subjected to test procedures to simulate the conditions which could be encountered in use. The tests all relate to tensile strength and procedures for individual tests are stored in a computer which controls the YKK machine, and Instron Series IX Materials Testing Software handles test calculations and results.



A high volume of test samples is necessary to ensure maintenance of the optimum quality assurance on the production lines, so ease and speed of throughput are essential. Equally important is equipment reliability and accurate, reproducible tests.

The Instron machine also carries out peel and shear tests on touch-and-close fasteners as well as being used for raw material testing.

So, test assured, YKK aims to provide products of high and uniform quality, and has fastened on to Instron to ensure they do.



EUROPE

Belgium, Netherlands and Denmark
Edegem Tel: (03) 454-0304 Fax (03) 454-1244

France
Guyancourt/Paris Tel: 1-3057-2353 Fax: 1-3064-6711

Germany, Austria and Switzerland
Ludwigshafen Tel: (0621) 69 07-0 Fax: (0621) 69 07-160

Italy
Milano Tel: (02) 380 00 003 Fax: (02) 308 69 88

Spain and Portugal
Barcelona Tel: (93) 5920503 Fax: (93) 592-0760

Sweden, Norway and Finland
Stockholm Tel: (08) 640 22 78 Fax: (08) 640 46 02

United Kingdom
High Wycombe Tel: (01494) 464646 Fax: (01494) 456123

NORTH/SOUTH AMERICA
Boston Tel: (617) 828-2500 Fax: (617) 575-5753

ASIA

China
Beijing Tel: 10-849-8103/8102 Fax: 10-84 8103

Japan
Tokyo Tel: 44853-8520 Fax: 44-861-0411
Osaka Tel: 06-380-0306 Fax: 06-337-2390
Nagoya Tel: 052-201-4541 Fax: 052-201-4542

Korea
Seoul Tel: 2-552-2311/2312/2313 Fax: 2-553-9180

Singapore
Tel: 774-3188 Fax: 774-1837

Taiwan
Hsinchu Tel: 35-722-155/156 Fax: 35-723-746

AUSTRALIA
Victoria Tel: 3-720-3477/3478 Fax: 3-9720-3728
New South Wales Tel: 2-9983-9912 Fax: 2-9949-9069

Yes, I would like to know more about the Instron Group products and services I have ticked below.

- Accessories for Materials..... ☐
- Testing Machines..... ☐
- Service, Calibration and Support..... ☐
- Hardness Testing..... ☐
- Spring Testing..... ☐
- Impact Testing..... ☐
- Fatigue Testing..... ☐
- Materials Testing..... ☐
- Simulation Testing..... ☐
- Other..... ☐

Name.....

Job Title.....

Company.....

Address.....

Postal Code.....

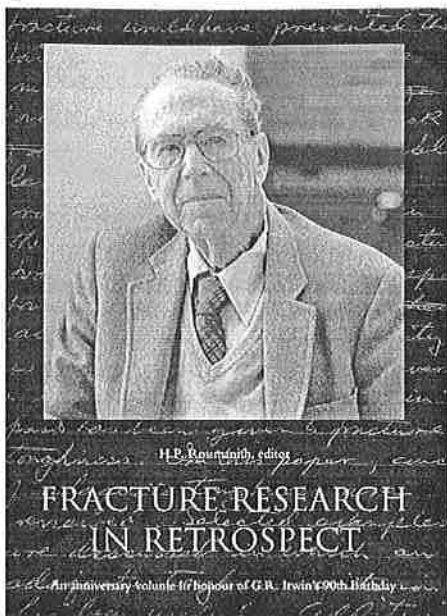
Telephone.....

Fax.....

Instron Systems Used.....

Why not have your testing application featured in Rapport?...
Call Paul Trendall on +44 1494 464646

Könyvismertetés



A *Fracture Research In Retrospect* című, H. P. Rossmanith szerkesztésében, a holland Balkema kiadónál 1997-ben megjelent könyv az első, amely történeti áttekintést ad a 20. századi mérnöki tudomány egyik ágazatáról, a törésmechanikáról.

A könyvben ötven felkért szakértő átfogóan elemzi a kezdetektől napjainkig a törésmechanika atyjának, a kilencven éves **George R. Irwin** szerepét. A könyv ebből a szempontból születésnapi ajándék az idős tudós számára.

A könyv azonban áttekinti a törésmechanika fejlődésének társadalmi háttérét, részletesen megvitatja a technológia fejlődésének legfontosabb eseményeit és azokat a káreseteket, amelyek visszahatottak a törésmechanika fejlődésére.

A könyv megírásában közreműködött valamennyi, a világon számon tartott törésutató központ, s ezáltal harmonikus egyensúlyt teremt a különböző gépészmérnöki, anyagtudományi, fizikai és egyéb megközelítési irányzatok között. Különösen értékes a ma már kevésbé ismert, de a kezdetekkor meghatározó jelentőségű publikációk bemutatása és elemzése.

A könyv közerthető nyelvezete nemcsak a műszaki szakemberek, hanem a művelődni vágyók széles rétege számára is magával ragadó izgalmas olvasmány. Hiszen a megértéshez nincs szükség a matematikában való jártasságra és egyéb előtanulmányra, helyette számos fénykép és rajz szemlélteti a törésmechanika lényegét. A törésmechanika szakértői pedig saját munkásságukat láthatják beleágyazva a törésutató általános fejlődésébe és perspektívájába. A diákok viszont sokat tanulhatnak a mérnökök és a tudósok eredményes együttműködését is szemléltető tudománytörténeti könyvből.

L. K.

Duna-Adria szimpózium

A kísérleti mechanikával foglalkozó, sorrendben a 14. szimpóziumnak az idén a horvátországi Porec város adott otthont. A szűkebb régió határai a résztvevők hovatarozása révén egyre „tágulnak”, hiszen a 90 résztvevő 11 országból érkezett, köztük egy-egy fő például Japánból, az USA-ból és Észtországból.

Az általános európai tendenciának megfelelően a résztvevők csaknem valamennyien egyetemi, főiskolai környezetben tevékenykednek, akik elsősorban a káresetek és a katasztrófák okainak kivizsgálására kapnak megbízást, míg az ipari nagyvállalatok fejlesztői – a titkosnak minősített munkáik miatt – távol maradnak az ilyen rendezvényektől.

A 31 óráis és a 35 poszter előadás közül két újszerű, még nem publikált elmélet emele ki. Az egyik a görbült felszínen történő mérések elméleti kérdései, amelyet a svájci *Schumann* professzor mutatott be. A másik téma az inverz problémák analízise, amelyről a német *Laermann* professzor tartott előadást.

Az elhangzott előadások többsége alapján általános tapasztalat a kísérleti mechanika szerepének erősödése a törésmechanikai problémák megoldásában, valamint a kísérleti mechanika és a numerikus számítástechnikai módszerek összehangolt alkalmazása.

A rendezvényen a *Vishay Measurement Group* bemutatta gazdag műszerkínálatát, a *Tideman* cég pedig a *Fudzsi* nyomáseloszlást mérő fóliát. A szakmai programot hajógyári látogatás és hangverseny színesítette.

A szervezőbizottság úgy határozott, hogy a soron következő 15. Duna-Adria szimpóziumot az olasz kollégák szervezhetik meg, mégpedig a bolognai egyetem továbbképző központjában, Bertinoróban.

A rendezvénysorozat – úgy tűnik – egyre népszerűbb, és az évenkénti megrendezés még a 14. alkalmat követően sem korlátozza a megfelelő számú és színvonalú dolgozatok kiválasztását.

Dr. Borbás Lajos,
a szervezőbizottság tagja

Együttműködés az Ikarus Rt. és a Testor BT. között

A Magyar Minőség Hét rendezvénysorozat keretében, 1997. november 11-én a szakajtó meghívott képviselőinek jelenlétében együttműködési szerződést írt alá az Ikarus Járműgyártó Rt. és vállalatcsoportjai nevében *dr. Hatala Pál* minőségbiztosítási igazgató és *Steindl Béla* logisztikai igazgató, illetve *Szappanos György*, a Testor BT. ügyvezető igazgatója.

Tájékoztatásuk alapján együttműködésük célja: az ISO 9001 szerinti minőségbiztosítási rendszer keretein belül a szükséges mérő- és vizsgálókészülékek korszerűsítése, mégpedig egyenértékű, illetve egységes ellenőrzési és vizsgálati technika, technológia és informatika megvalósítása. A Testor BT., mint 12 nemzetközileg ismert vizsgáló- és mérőkészülékeket gyártó cég hazai képviselője az Ikarusnak ezt a rendszerszemléletű igényét színvonalas szolgáltatást nyújtva és egyeztetett ütemben teljesítheti.

Az aláírást követően az aláíró vezetők és az Ikarus Rt. budapesti és székesfehérvári vállalatának jelen lévő vezető munkatársai válaszoltak a szaklapok főszerkesztőinek kérdéseire. Az elhangzottakat összefoglalva megtudtuk, hogy a nagyszámú alkatrészből és részegységből rendszerbe tervezett és szerelt minden egyes autóbussz típus meg kell feleljen az ENSZ EGB-előírásoknak ahhoz, hogy típusbizonyítvánnyal forgalomba hozható legyen. A követelmények szigorúak. Ezért egyrészt rendszeresen vizsgálják a felhasznált szerkezeti anyagok összetételét, mechanikai jellemzőit csakúgy, mint a festékrendszerek, a beszállított alkatrészek és részegységek minőségét. Másrészt, az új konstrukciók várható viselkedését számítógépes szimulációval ellenőrzik, illetve egyes karosszéria-elemek vizsgálatokat is végeznek. Az autóbusszok megkövetelt élettartama 12 év, illetve egy millió kilométer.

A Taurus Top 300 és Top 400 típusú radiál gumibroncsai megfelelnek a szigorú minőségi és tartóssági követelményeknek. Ugyanakkor a vevő igényei szerint más, például Michelin gumibroncsokkal, vagy mint Oroszország esetében a helyi gyártású abroncsokkal szereltek is szállítják járműveiket.

Az autóbusszokba beépített anyagok megválasztásakor már szempont az elhasználódásukat követő újrahasznosíthatóság is, bár e téren még világszerte folynak kutatások.

Az Ikarus képviselőinek nyilatkozataiból kitűnt, hogy a termékeik minőségét elismerő díjak, például a Magyar Minőség Házába kerülésük mögött minőségbiztosítási rendszerük folyamatos és célirányos fejlesztése áll.

– ferko –

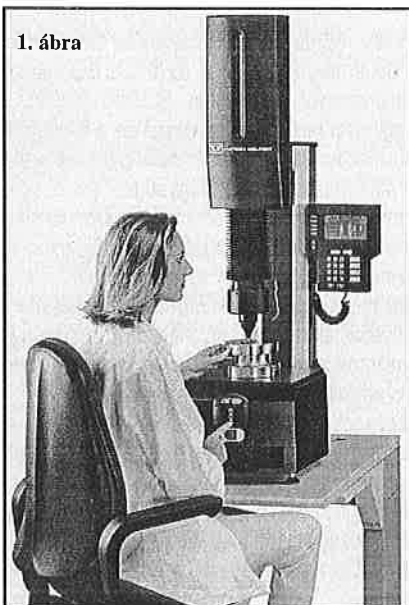
TESTOR 2000: az ezredforduló keménységmérője

Az Instron Ltd. (High Wycombe, England) által gyártott **Testor 2000 Rockwell keménységmérőgép** egy új, zárt hurkú elektronikus terhelő egységet foglal magába. Ennek az új rendszernek köszönhetően a vizsgálatok reprodukálhatósága és pontossága kb. 75 %-kal nőtt.

A hagyományos keménységmérőktől eltérően – amelyeknél a vizsgálandó próbatest mozog az álló szűrőszerszám felé – a Testor 2000 kialakítása feleslegessé teszi a menetes orsó alkalmazását, mivel a szűrőszerszám mozog a vizsgálandó tárgy felülete felé. Ezáltal az erő és a benyomódás közvetlenül a vizsgálat tengelyében mérhető. További előnye, hogy a szűrőszerszám ráközelítésének sebessége kb. 10-szer gyorsabb lehet, mint a korábbi megoldások esetén. A száloptikás megvilágító a vizsgált felület igen nagy fényerejű, jól fókuszált megvilágítását biztosítja.

A Testor 2000-ben optikai lineáris mérés-technikát alkalmaztak, mely igen nagy mérési pontosságot tesz lehetővé a teljes elmozdulás tartományában.

A mérési eredmények jól leolvasható digitális formában jelennek meg, a statisztikai analízis és adatértékelés automatikusan zajlik. Ezekből azután nyomtatott mérési jegyzőkönyv készül. A kezelőpanel, amelyet a leggyakrabban használatos keménységmérési kívánalmak alapján terveztek, gyors és kényelmes kezelhetőséget biztosít minden funkció tekintetében. (1. ábra) A gép a következő feladatok végrehajtására alkalmas: statisztikai analízis, keménységskálák egymásba való átszámítása, korrekció a felület jellemzői, pl. görbülete szerint, megy / nem megy vizsgálat, az előző vizsgálat paramétereinek visszahívása. A vizs-



1. ábra

galati paramétereiket program formájában tárolja, melyek bármikor újból behívhatók. A statisztikai analízis végeredményének megjelenítése folyadékkristályos képernyőjén grafikus, hisztogramok formájában.

További jellemzők:

- merev terhelőkeret
- igen nagy pontosságú, és ismételtetőségű terhelés-szabályzó rendszer
- teljesen automatikus mérés
- jó ergonomiai kialakítás, könnyű és gyors kezelhetőség
- a hagyományos rendszerekhez képest kb. 70%-kal kevesebb alkatrészből áll
- folyamatosan beállítható tűréshatárok
- a kezelőpanel magassága tetszőlegesen állítható, a panel a gép jobb vagy a bal oldalán is elhelyezhető
- a mérés paramétereit file formájában eltárolhatók (max. 20 file)
- a keménység értékeket eltárolja (max. 20 000 mért értékig)
- automatikus statisztikai kiértékelés
- T-hornys tárgyasztal, a nagyobb darabok rögzítésére
- automatikus biztonsági kapcsoló védi a kezelő személyt ill. a berendezés épségét
- a billentyűzet felirata követi a Windows 95 standardot
- a kontrol panel nyelve változtatható (angol, német, olasz, spanyol, francia, külön igényre egyéb nyelvek is)
- standard interfész a számítógép vagy nyomtató csatlakoztatásához
- kiterjedt szervizhálózat
- kompatibilis az Instron Wolpert kiegészítővel.

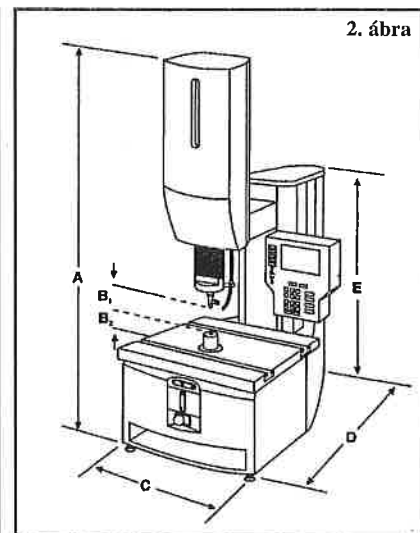
Főbb műszaki adatok (TESTOR 2001 R modell):

Előterhelés: 98.07 N
Főterhelés: 588.4 N / 980.7 N / 1.471 kN
Minden Testor 2000 sorozatú berendezés választható R, S és T kivitelben is (Rockwell, Super Rockwell, Twin /mindkettő/)

Méretek: (a 2. ábra jelölései szerint):

Modell	Méretek (mm)						Tömeg
	A	B1	B2	C	D	E	
TESTOR® 2001	1209	115	215	343	590	787	100 kg
TESTOR® 2002	1130	215	315	343	590	787	107 kg
TESTOR® 2003	1232	315	415	343	590	990	110 kg

A mérési adatok feldolgozása, kiértékelése és tárolása számítógéppel is történhet. Erre a célra legalkalmasabb a **HARDWIN Windows szoftver**, mely kompatibilis a TESTOR 2000 sorozatú keménységmérőkkel és az összes TESTOR PANEL-lel ellátott keménységmérővel.



2. ábra

A szoftver főbb jellemzői:

- programozható mérések, a mérés paramétereit file formájában eltárolhatók. Ennek köszönhetően a mérés alkalmával csak ezt az ini file-t kell behívni és a mérés gyakorlatilag egy gombnyomás hatására automatikusan megtörténik
- statisztikai kiértékelés (átlag, szórás, minimum- maximum érték, eloszlás, mérések száma, tartomány stb.)
- megy / nem megy vizsgálat (akár jelölő rendszer is csatlakoztatható hozzá, pl. festékszóró fejek)
- komplett jegyzőkönyvet szolgáltat, mely printelhető (bizonylatolás)
- a mért adatok automatikusan eltárolhatók, később visszahívhatók
- online grafikus ablak
- többnyelvű menürendszer
- Eht/Rht/Nht meghatározására alkalmas DIN 50190 szerint

A rendszer követelményei:

- Windows 3.1, 3.11 vagy Win95
- legalább 386-os processzor, minimum 8 MB RAM (nyomtatáshoz 16 MB RAM)
- TESTOR PANEL 13.0 Verzió vagy felette (elektromotoros terhelés esetén), TESTOR PANEL 6.0 vagy felette (súlyterheléses berendezések esetén)
- standard nullmodem kábel soros kommunikációhoz

Összegezve: a TESTOR 2000 akár termelési körülmények között, sorozatgyártásban, akár egy mechanikai laboratóriumban nagy pontosságú keménységmérőként alkalmazható. A mérés végrehajtását és kiértékelését segítő elektronikának köszönhetően a mérési ciklus rendkívül gyors lesz, a berendezés kezelése leegyszerűsödik a szolgáltatások jelentős bővülése mellett.

Ótth Péter

On-line krómspeciációs módszerek kidolgozása különböző típusú minták króm(III)- és króm(VI)-tartalmának meghatározására

Posta József*

A nyomelem-speciációról

Az analitikai kémiában a XX. századvég nagy kihívásának számít az elem-speciációs analitika megjelenése. A speciációs analitikával az a célunk, hogy az adott elemnek, nyomelemnek nemcsak az összes koncentrációját határozzuk meg a mintában, hanem annak különböző vegyértékű, oxidációs állapotú, kémiai kötésben lévő formáit külön-külön is. Ezek ismeretében a minta állapotáról lényegesen sokrétűbb és árnyaltabb információhoz juthatunk. Az elemnek ugyanis ezekről a kémiai formáitól függ az élettani hatása, toxicitása. A legtöbb toxikus nyomelemtől kiderült mostanára, hogy igen eltérő élettani hatásúak lehetnek annak különböző vegyértékű, illetve szeretlen ionos, komplexben kötött, vagy alkilezett formái [1–4].

A természetes mintákban előforduló arzénformák közül a szeretlen As(III) és As(V) tekinthető a legtoxikusabbnak. Az alkilezett formák: monometil-arzénsav (MMA), dimetil-arzénsav (DMA), arzenobetain (AsBet), arzenokolin (AsCo) az élő szervezetbe jutó szeretlen arzénformák detoxifikálódási termékei, amelyek ennek megfelelően kevésbé toxikusak. Az arzenokolin és arzenobetain arányának meghatározásával például becsülni lehet, hogy a biológiai rendszert mikor érte az arzén-szenyeződés.

Az előbbiekhöz hasonlóan igen eltérő a szeretlen higánysók és az alkilezett higányszármazékok toxicitása. Utóbbiaké mintegy 100-szorosa a szeretlen higánvegyületekének. Ez azt jelenti, hogy ha az alkilezett származék a szeretlen higánynak csupán 1%-a, már akkor is többszörösére nő a minta toxicitása. Az alkilezett higányszármazékok azért is jelentenek veszélyt az emberre, mert zsírolthatók lévén át tudnak jutni az agyvérgáton és az agyban komoly idegrendszeri károsodások léphetnek fel. Ezzel függ össze, hogy mostanára több országban betiltották a fogászatban az amalgám tömés használatát.

Ma már az is ismert, hogy például az ónnak mintegy 15–20 különböző toxicitású kémiai formája létezik a természetben, és arra is fény derült, hogy ezek nemcsak az ember által okozott környezeti szennyezés termékei, hanem ezek egy része a környezetben természetes úton is keletkezhetnek.

A kémiai analízis számára a nyomelemspeciáció több ok miatt jelent kihívást. A természetes mintákban előforduló jó néhány nyomelemnek a teljes koncentrációját sem egyszerű meghatározni, annak kis (pikogramm/cm³-nanogramm/cm³) koncentrációja miatt. Ha ez a koncentráció ráadásul több kémiai forma között oszlik meg, akkor az egyes koncentrációk még ennél is jóval kisebbek lesznek. Mindez felveti annak az égető szükségét, hogy még a jelenleg legnagyobb teljesítőképességűnek számító nyomelemanalitikai módszereknek (atommabszorpciós spektrometria-AAS, induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria-ICP-AES, induktív csatolású plazma tömegspektrometria-ICP-MS) is tovább növeljük a kimutatási képességét.

A nagy analitikai érzékenységű detektálást az elem különböző kémiai formái hatékony elválasztásának kell megelőznie. Erre a célra több más eljárás mellett, a kromatográfiai módszerektől várhatjuk a legszélesebb lehetőségeket. A szerves molekulák elválasztása terén nagy múlttal rendelkező kromatográfiai módszereket azonban ki kell terjeszteni az eddig kevésbé vizsgált elem-organikus, fém-organikus és szeretlen vegyületek, ionok elválasztására, ami az elem-speciációs analitika fő

területét jelenti. Ugyancsak ki kell dolgozni és optimalizálni kell a szeparáló módszerek és az atomspektrometria, mint elemselektív detektor kombinálásához szükséges kapcsolóelemeket, interface-eket.

A speciációs analízis esetén a mintavétel, a minta tárolása és a minta-előkészítés a hagyományos nyomelemanalízishez képest összehasonlíthatatlanul nagyobb (sok esetben ma még megoldhatatlan) feladatot jelent az analitikus számára ahhoz, hogy a műveletek során a kémiai formák aránya ne változzék a mintában.

A hagyományos nyomelem-analitikához hasonlóan a speciációs analitikában is a megbízható elemzés feltétele, hogy hiteles anyagminták, standard referencia-anyagok álljanak rendelkezésünkre. Ebben az esetben azonban olyan referencia-anyagokra van szükség, amelyekben az adott elem egyes kémiai formái külön-külön is garantált koncentrációkban vannak jelen. Azt, hogy ezek előállítása önmagában is nagy kihívás, az is mutatja, hogy ilyen standard referencia-anyag mindez ideig alig van kereskedelmi forgalomban.

Az előbbi problémák megoldásához, valamint magának a speciációs kémiai hátterének tisztázásához a kromatográfiával és atomspektrometriával foglalkozó kutatók mellett a szerves, a preparatív, a szeretlen, az egyensúlyi és a fizikai kémia szakembereinek tapasztalataira is szorosan együttműködésre is szükség van.

A krómspeciációról

A króm a természetben két, viszonylag stabil vegyérték-állapotú formában, Cr(III) és Cr(VI) alakban található meg. E két forma környezetre, biológiai rendszerekre gyakorolt élettani hatása teljesen ellentétes. Míg az egyéb, tipikusan toxikus elemeknek számító arzén, higany, kadmium, ólom esetén a különböző vegyérték- és kötésiállapotú formák toxicitásában inkább csak fokozati különbségek jelentkeznek, addig a króm esetén a két forma közül a Cr(III) az élő szervezet számára esszenciális, a Cr(VI) viszont kifejezetten toxikus. A Cr(III) fontos szerepet játszik az élő szervezet anyagcsere-folyamataiban. Így a glukóztolerancia-faktoron keresztül részt vesz a szénhidrát anyagcsere szabályozásában. Fokozza számos enzim aktivitását és stimuláló hatással van a koleszterol- és zsírsav-szintézisére. A Cr(III) króm(III)polikolinát-komplex formájában gyógyhatású készítményként kereskedelmi forgalomban is van. Ezzel szemben a Cr(VI), amely elsősorban kromát (CrO₄²⁻), bikromát (Cr₂O₇²⁻) ionokat jelent, az eddig elvégzett biológiai vizsgálatok alapján bármilyen kis mennyiségben kifejezetten toxikus, rákkeltő hatású forma. A rákkeltő hatás azzal magyarázható, hogy ezek relatíve kis ionméretük folytán a sejtfalon könnyen behatolva a sejtben belül fejtenek ki oxidáló hatást, melynek során a DNS-kód is sérülhet [5–6]. A Cr(III) és Cr(VI) fentebb vázolt ellentétes élettani hatása miatt különösen fontosá vált olyan analitikai módszerek kidolgozása, amelyek segítségével a természetes mintákban ezeket külön-külön meg tudjuk határozni.

A Cr(III) és Cr(VI) elválasztására és meghatározására a 70-es évektől kezdve számos módszer látott napvilágot. Ezek az extrakciós, ioncserés, együttelecsapásos, elektrokémiai [7–13] módszerek azonban eléggé munka- és időigényesek, valamint számos hibával voltak terhelve. A 80-as évek végén jelentek meg először azok a kombinált eljárások [14–18], melyek esetén valamilyen kromatográfiai szeparáló módszert atomspektrométerrel, mint elemselektív detektorral kapcsolunk össze. Utóbbi módszereknek egyebek mellett közös előnyük a korábbi eljárásokkal szemben, hogy megvalósult az on-line elemzés lehetősége. Ez azt jelenti, hogy a szeparáló egység folyadékáramába juttatott minta

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

a komponensek elválása után a folyadékkárammal együtt közvetlenül bejut a detektorba. Így néhány másodperccel a szeparálás után megtörténhet az elválasztott komponensek atomspektrometriás meghatározása is.

A folyadékkromatográfia és az atomspektrometria on-line kapcsolatán alapuló krómspeciációs kutatásainkat több éve kezdtük el nemzetközi kooperációban. Célunk itt az ezen a területen eddig elért eredményeinkből néhányat bemutatni, amelyek segítenek abban, hogy különböző krómtartalmú minták elemzéséhez a legmegfelelőbb speciációs módszert válasszuk ki. Ennek keretében többek között **bemutattunk egy olyan megbízható és gyors Cr(III)/Cr(VI) szeparáló és meghatározó módszert, amely segítségével szennyvizekből, talajextraktumokból a krómformák automatikus szériaelemzése végezhető el.**

A krómspeciáció terén az egyik fő problémát az jelentette, hogy a természetes minták (felszíni-, tenger- és ivóvíz, biológiai folyadékok) normál krómkoncentrációja igen kicsi, általában 0,1–1 ng/ml tartományba esik. Ennek megfelelően célunk bemutatni azokat a módszerfejlesztési lépéseket, amelyek segítségével lehetőség nyílt arra, hogy a természetes minták koncentrációját határozzuk meg mind a Cr(III)-, mind a Cr(VI)-tartalmat. E cél megvalósítása érdekében a nagynyomású folyadékkromatográfia és atomspektrometria on-line kombinációjával kialakított speciációs rendszerben megkerestük azokat a pontokat, amelyeknek a módosításával számottevően javítható volt a krómmeghatározás kimutatási képessége.

Ennek megfelelően egyrészt eljárásokat dolgoztunk ki a krómformák on-line dúsítására, másrészt megnöveltük a mintabevitel hatásfokát, harmadrészt megkerestük és optimalizáltuk a krómmeghatározás számára legjobb kimutatási képességű detektort.

Dúsítás

A krómspeciáció területén Cr(VI)-ra már eddig is álltak rendelkezésünkre dúsító módszerek [15–18], amelyet jól tudunk továbbfejleszteni. Cr(III) dúsítására azonban ez idáig az irodalomban kevés, könnyen bevezethető és hatékony módszert közölték. Ez a Cr(III)-akvakomplex inerte, nehezen komplexbe vihető jellegével áll kapcsolatban. Ezért céljaink érdekében Cr(III)-ra egy új kromatográfiás dúsító módszert dolgoztunk ki. Ezzel C-18-as fordított fázisú folyadékkromatográfiás oszlop felhasználásával mindkét krómforma on-line dúsítását meg tudtuk valósítani.

A C-18-as oszlop teljes körű alkalmazását néhány tényező korlátozza. Az oszlop erős savakra, lúgokra, nagy szervesanyag- és főleg fehérjetartalmú oldatokra érzékeny. Ilyen minták hatására az oszlop irreverzibilis változást, károsodást szenved. Jelentős hidrodinamikai ellenállása korlátozza a szeparálást, dúsítás sebességét. Ára viszonylag magas, és élettartama nem tekinthető korlátlanul. Ahhoz, hogy a krómspeciációt, nevezetesen a toxikus Cr(VI) dúsítását olyan mintatípusokra is elvégezhessük, amelyek a C-18-as oszlopot károsítanák, a molekuláris szorpció elvének felhasználásával olyan dúsító módszert dolgoztunk ki, amelyhez kromatográfiás oszlopra egyáltalán nincs szükség. A dúsításhoz csupán egy kellő hosszúságú kereskedelmi PEEK (poliéter-éter keton) csövet, ún. szorpció hurkot használtunk.

Nagynyomású porlasztás

Az atomspektrometriás módszereknél a hatékony mintabevitel szempontjából igen jelentős korlátozó tényező a pneumatikus porlasztók kis mintabeviteli hatásfoka. Ez a lángatomabszorpciós spektrometriánál (FAAS) sem több 5–10%-nál, a legmodernebb ICP spektrométereknél pedig csupán 1–2%. A spektrométerek kimutatási képességének javítása érdekében egy új rendszerű mintabevitelt, a nagynyomású folyadékporlasztást (HHPN=hydraulic high pressure nebulization) vezettük be [19–20]. A módszer azon alapszik, hogy a vívfolyadékot nagynyomású kromatográfiás (HPLC) pumpa segítségével 150–200 bar nyomással egy 20 µm átmérőjű kör keresztmetszetű lyukon préseljük keresztül. A lyukon így kilépő folyadékszála egy 15 mm távolságban elhelyezett üveggyöngynek ütközve nagy hányadban kis cseppméretű nedves aeroszollá alakul. A mintát pontos térfogatú mintahurokból bemérőcsap segít-

ségével juttatjuk a nagy nyomású vívfolyadék áramba. A nagynyomású porlasztás, különösen a kromatográfiás oszlop, vagy szorpció hurok elúciójához használt szerves oldószerekre ad igen nagy (60–90%) porlasztási hatásfokot.

Detektálás

Keresve a krómra nézve legkedvezőbb detektálási lehetőséget, négy atomspektrometriás módszert alkalmaztunk, és hasonlítottunk össze: a lángatomabszorpciós spektrometriát (FAAS), a lángemissziós spektrometriát (FES), az induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometriát (ICP-AES) és az induktív csatolású plazma tömegspektrometriát (ICP-MS) [21].

A tapasztalatok szerint az ICP-AES kimutatási határa más elemekhez viszonyítva krómra nem különösen jó. Értéke nem különbözik jelentősen az atomabszorpciós módszerétől. A kvadrupol rendszerű ICP-MS esetén pedig az egyéb mátrixhatásokon túl a legjelentősebb zavaró hatást az okozza, hogy a plazmában nagy koncentrációban képződő $Ar^{40}C^{12}$ molekulaion tömege megegyezik a Cr^{52} izotóppal. Emiatt az elemzéseket a Cr^{52} -nél (83%) a természetben jóval kisebb (4%) arányban előforduló Cr^{50} izotóp vonalán kell végezni, ami a kimutatási határ jelentős csökkenésével jár [22].

Az előbbieket külön figyelmet fordítunk az acetilén/dinitrogén-oxid lángra, mint atomemissziós sugárforrásra. E nagy hőmérsékletű (3100 °C) redukív lángban szisztematikusan vizsgáltuk számos elem gerjesztési lehetőségeit. E vizsgálatok adatai szerint a króm a lángban az egyik legjobban gerjeszthető elemnek tekinthető. A $\lambda=425,4$ nm hullámhossznál egy igen intenzív, spektrális zavarásoktól mentes vonala található.

Készülékek és eszközök

Cr(III) és Cr(VI) szeparálásához és dúsításához Knauer 64 típusú HPLC pumpát, Knauer PEEK (poliéter-éter keton) betétes bemérőcsapokat, fémmentes PEEK csöveket és mintahurkokat használtunk. A kromatográfiás oszlop 5 cm hosszúságú Knauer C-18-as fordított fázisú kolonna volt, szorpció hurokként pedig 220 cm hosszúságú PEEK kapillárist alkalmaztunk. A FIA (flow injection analysis) módszereknél a minták, vívfolyadékok, eluensek, komplexképző reagensek szabályozott áramoltatását ATOMKI-gyártmányú perisztaltikus pumpával végeztük.

Szeparálás illetve dúsítás után a minták krómtartalmát Varian SpectrAA-10 és Philips PU9200X típusú lángatomabszorpciós/lángemissziós spektrométerrel, Spectro gyártmányú Spectroflame ICP/AES, valamint Perkin-Elmer Sciex gyártmányú Elan 5000 típusú ICP-MS készülékekkel határoztuk meg.

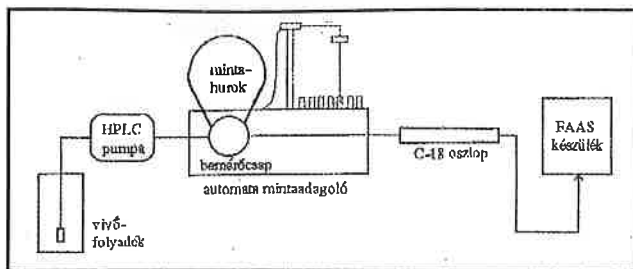
A szeparáló/dúsító és a detektáló rendszer között a kapcsolatot az esetek egy részében a spektrométerek pneumatikus porlasztója, más esetekben pedig az előbbieknél nagyobb mintabeviteli hatásfokot biztosító nagynyomású folyadékporlasztás (HHPN) jelentette.

Szeparáló és dúsító eljárások

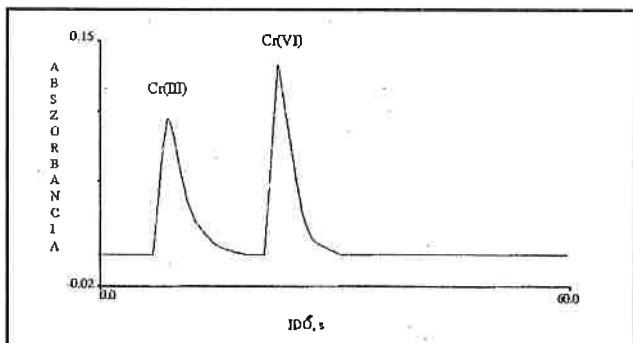
Cr(III)/Cr(VI) szeparáció TBA-sóval [22–23]

A szeparáció azon alapszik, hogy a nagynyomású folyadékkromatográfiás (HPLC) pumpával továbbított metanoltartalmú eluenshez és a mintahurokba töltött mintához adott tetrabutil-ammóniumsó (TBA-só) a Cr(VI)-tal ionpár-komplexet képez. A rendszerbe iktatott C-18-as kolonnán a minta Cr(III)-tartalma (az egyéb szervetlen kationokkal, anionokkal együtt) akadálytalanul áthalad. A Cr(VI)-ionpár-komplex a C-18-al való kölcsönhatás miatt viszont határozott késéssel jut keresztül az oszlopon. Ezért a Cr(III) és Cr(VI) egymástól eltérő időszakaszban jut be a detektorba. Következésképpen a két vegyértékformára időben jól elkülönülő két csúcsot kapunk, melynek görbe alatti területe, illetve csúcsmagassága arányos a Cr(III) és a Cr(VI) koncentrációjával. Az előbbi elven működő automatizált on-line krómspeciációs rendszer vázlatát az 1. ábrán, a kapott kromatogramot pedig a 2. ábrán mutatjuk be. Az eluens

összetétele az eredetileg kidolgozott recept szerint: $3 \cdot 10^{-4}$ mol/l TBA-só, 40% metanol, pH=3 jégecettel beállítva. A mintae pedig: $5 \cdot 10^{-3}$ mol/l TBA-só, pH=3 jégecettel beállítva. Ez jelenleg az irodalomban a leggyorsabb (30 s) Cr(III)/Cr(VI) szeparáló módszernek számít.



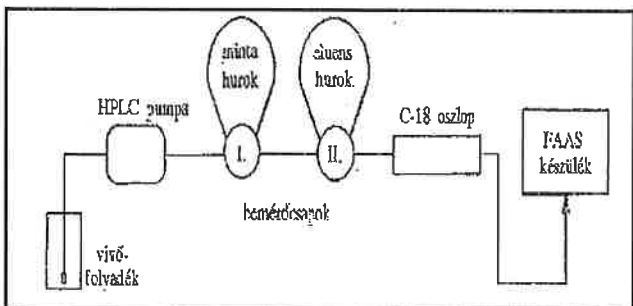
1. ábra. Cr(III)/Cr(VI) on-line elválasztására kidolgozott automatikus elemző rendszer



2. ábra. 2-2 µg/ml Cr(III)/Cr(VI) FAAS detektálással kapott kromatogramja

Cr(VI) dúsítás TBA-sóval [22-23]

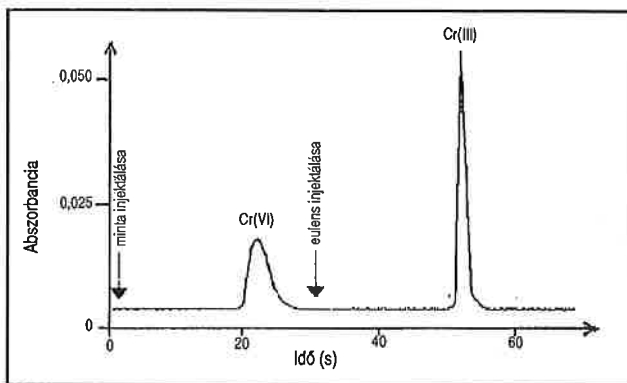
Cr(VI) on-line kromatográfiás dúsítását az on-line szeparáló rendszer módosításával alakítottuk ki. A dúsításnál, a szeparációhoz hasonlóan azt használtuk ki, hogy a Cr(VI) tetrabutylammonium (TBA)-sókkal olyan ionpár-komplexet képez, amely a C-18 oszlopon megkötődik. Eszerint a HPLC pumpa után elhelyezett nagyobb (2-5 ml-es) mintahurokból a Cr(VI)-TBA komplex az oszlopra jutva ott kvantitatíve megkötődött, ha a vívőfolyadék ecetsavval pH=3-ra beállított desztillált víz volt. A megkötődés után egy másik bemérőcsapon keresztül az oszlopról a Cr(VI)-ot 1 ml 60%-os metanollal eluálva a spektrométer atomizáló/gerjesztő terébe juttattuk. A módszer kísérleti elrendezését a 3. ábrán mutatjuk be.



3. ábra. Cr(III)/Cr(VI) on-line szeparáló/dúsító és atomspektrometriás meghatározó módszer kísérleti elrendezése

Cr(III)/Cr(VI) szeparáció KH-ftaláttal [24-25]

Ha Cr(III) és Cr(VI) KH-ftalát-tartalmú vizes oldatát fordított C-18 kromatográfiás oszlopon vezetjük keresztül, akkor a Cr(VI) a kolonnán akadálytalanul halad át, a Cr(III) viszont kvantitatíve megkötődik az oszlopon. Ha ezt követően az oszlopot metanollal eluáljuk, a megkötött Cr(III) a ftaláttal együtt gyorsan és teljes mennyiségében leoldódik az oszlopról. A módszer kísérleti elrendezése megegyezik a 3. ábrán bemutatottal. A króm formák kromatogramja a 4. ábrán látható.



4. ábra. 1-1 µg/ml Cr(III)/Cr(VI) nagy nyomású folyadékkromatográfiás elválasztással és FAAS detektálással kapott kromatogramja

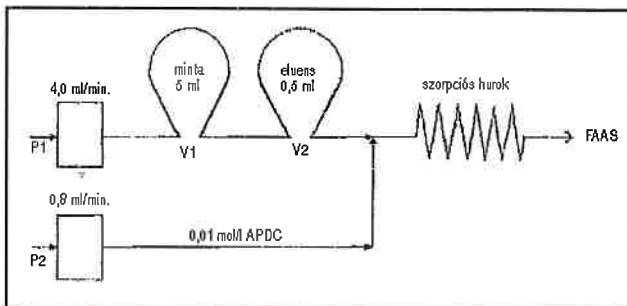
A Cr(III) itt észlelt megkötődése a fordított fázisú C-18-as oszlopon teljesen újszerű jelenség. A C-18 oszlop töltete és a ftalát között apoláris kölcsönhatás feltételezhető. Az viszont egyelőre nehezen értelmezhető, hogy a kölcsönhatás során milyen szorpciós erők lépnek fel, amelyek biztosítják a Cr(III)-akvakomplexek nagy hatékonyságú kötődését a KH-ftaláttal kezelt oszlopon. A módszer külön érdekessége, hogy nagyszámú elemet érintő szisztematikus vizsgálataink szerint ez a kölcsönhatás Cr(III)-ra teljesen szelektívnek mutatkozik.

Cr(III) dúsítás KH-ftaláttal [24-25]

A Cr(III) dúsítási módszerhez ugyancsak C-18-as fordított fázisú kolonnát használtunk. Vizsgálataink szerint, ha C-18 oszlopra 0,075 mol/l KH-ftalát tartalmú minta (pH=3,8) vizes oldatát visszük, az oszlopon kialakuló ftalátréteg sajátos szorpciós kölcsönhatás folytán kvantitatíve képes megkötni az oszlopon áthaladó ionokat. Ezt a kromatográfiás szempontból is újszerűnek mondható hatást használtuk ki a dúsítási művelethez. 2-5 ml mintaoldatból megkötött Cr(III)-t 1 ml 80%-os metanol-víz eleggyel eluáltuk és juttattuk a detektorba. E műveletekhez is az 1. ábrán látható kísérleti elrendezést használtuk.

Cr(VI) szorpciós dúsítása [26]

Ez a dúsítási módszer azon az elven alapszik, hogy oldatfázisban előállított bizonyos fémkomplexek adott pH értéken (például a Cr-PDC, pH=1,9-nél) molekuláris szorpcióval kvantitatíve megkötődnek hidrofób sajátságú felületeken, ilyen anyagból (teflon, polietilén, PEEK) készült csövek belső falán (szorpciós hurok). A módszer kísérleti elrendezését az 5. ábrán mutatjuk be.



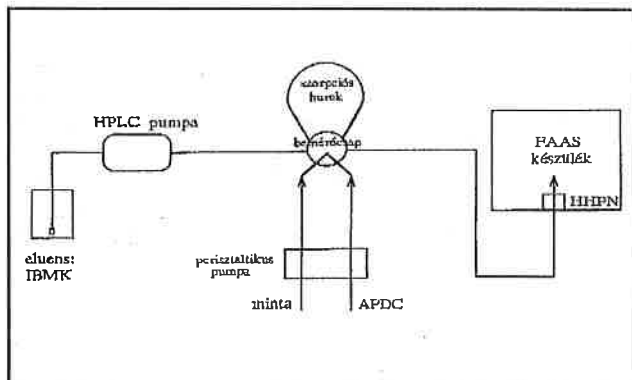
5. ábra. On-line Cr(VI) dúsító FI-FAAS rendszer vázlatos rajza. P1, P2 perisztaltikus pumpák; V1, V2 mintaváltó csapok, minta és eluens hurok

Ez a típusú Cr(VI) dúsítás két lépésből áll. Az 1. lépésben a P1 perisztaltikus pumpa ágában haladó adott térfogatú (5 ml) Cr(VI)-tartalmú mintaoldat a szorpciós hurok előtt összekeveredik a P2 perisztaltikus pumpa által áramoltatott APDC oldattal. Az ekkor keletkező Cr-PDC komplex a 2 ml térfogatú, spirális PEEK hurok belső falán szorpciós úttal megkötődik. A 2. lépésben leállítjuk a 2. pumpát, majd egy IBMK-vel (izobutil-metil keton) töltött 0,5 ml-es mintahurok segítségével vezessük el az eluens injektálását. A IBMK gyorsan, kvantitatíve leoldja és a lángba öblíti a PEEK cső belső falán megkötődött Cr-PDC komplexet.

E szorpciós módszert mi dolgoztuk ki elsőként Cr(VI) dúsítására. Az előbbi eljárásnál ugyancsak mi alkalmaztunk bogozott hurkot (knotted reactor) helyett egyszerű PEEK hurkot. E szorpciós dúsítás előnye többek között, hogy a Cr(VI) olyan mintákból is meghatározható, amelyek matrixanyaga károsíthatja a C-18 oszlopot (például: tej, vérszérum).

Cr(VI) szorpciós dúsítása és nagynyomású mintabevitelle [27]

A Cr(VI)-ra szorpciós dúsítással elérhető kimutatási határ javítása érdekében az előző fejezetben leírt módszert úgy módosítottuk, hogy a FIA-rendszerű dúsításhoz használt szorpciós hurkot bemérőcsap segítségével a nagy nyomású porlasztó folyadékkáramába iktattuk. Így a szorpciós dúsítást követő elúciós lépés során a detektáláshoz a pneumatikusnál nagyobb hatékonyságú, nagynyomású mintabevitelt alkalmaztunk. A módszer kísérleti elrendezését a 6. ábrán mutatjuk be.



6. ábra. Cr(VI) szorpciós dúsításának és nagynyomású mintabevitellel történő lángatomabszorpciós spektrometriás detektálásának kísérleti elrendezése

Eredmények és értékelésük

Az előző fejezetekben ismertetett dúsító eljárásokat atomspektrometriás detektorokkal kombinálva meghatároztuk a módszerek teljesítőképességét (érzékenység, kimutatási határ, precizitás, zavarűrész, elemzési sebesség stb.). Ezek közül az 1. táblázatban azt mutatjuk be, hogy a kiválasztott dúsítási, mintabeviteli és detektálási módszerek együttesen hogyan hatnak a krómspeciáció kimutatási határára.

1. táblázat. A Cr(VI) különböző on-line szeparálási/dúsítási/atom-spektrometriás detektálási módszerrel kapott kimutatási határai

Szeparáló/dúsító eljárás	Mintabevitel	Detektálási módszer	Kimutatási határ (3σ) ng/ml
Cr(III)/Cr(VI)	PN	FAAS	80,0
szeparálás	HHPN	FAAS	20,0
(TBA-sóval)	HHPN-DES	ICP/AES	4,0
Szorpciós dúsítás	PN	FAAS	2,00
Szorpciós dúsítás	HHPN	FAAS	0,70
Dúsítás C-18-on	HHPN	FAAS	0,53
Dúsítás C-18-on	PN	ICP-AES	0,36
Dúsítás C-18-on	PN	ICP-MS	0,12
Dúsítás C-18-on	HHPN	FES (Ac/N ₂ O)	0,020
Dúsítás C-18-on	HHPN	FES (Ac/N ₂ O)	0,025*

* Cr(III)-ra vonatkozó kimutatási határ

PN=pneumatikus porlasztás, HHPN=nagynyomású porlasztás, DES=deszolvatálás (A nagynyomású porlasztás során keletkező nagy mennyiségű nedves aeroszol kioltja a plazmát. Ezért az analízishez az aeroszolt előzetesen deszolvatálással oldószertmentesíteni kell.) FES (Ac/N₂O)=acetilén/dinitrogén-oxid lánggal működő lángemissziós spektrométer.

Az 1. táblázatban közölt kimutatási határ adatai segítenek megítélni, hogy a krómot különböző koncentrációban tartalmazó mintatípusoknál a speciációhoz melyik on-line módszert alkalmazzuk. Az adatokból az is kitűnik, hogy olyan természetes mintákban, mint ivóvíz, tengervíz, vérszérum, vizelet, amelyek összkrómtartalma 0,1–1 ng/ml tartományba esik, a krómspeciációra a legjobb kimutatási határ akkor érhető el, ha az alábbi lépések szerint járunk el:

1. A Cr(III)-at KH-ftaláttal, a Cr(VI)-ot TBA-sóval C-18 oszlopon, vagy APDC-vel szorpciós hurokban dúsítjuk.
2. A mintabevitel a detektorba nagynyomású porlasztással (HHPN) történik.
3. Detektorként acetilén/dinitrogén-oxid lánggal működő lángfotométert (FES) alkalmazunk

Figyelemre méltó, hogy a közölt detektorok közül az egyik legolcsóbb bizonyult a legjobbnak. A FES üzemmód és az acetilén/N₂O láng használata a már jó ideje forgalomban levő csaknem minden FAAS készüléknél gyárilag biztosított.

A 2. táblázatban néhány minta (ivóvíz, felszíni víz, vizelet és néhány Béres Rt. készítmény) krómspeciációjának vizsgálati eredményeit tüntettük fel. A természetes mintának számító vízminták, vér, vizelet és cigaretta mellett a Béres Rt. számos nyomelem-készítményének elemzésére került sor. Az elemzés helyességének ellenőrzésére pedig krómtartalmú standard referencia mintát (tonhal) határoztunk meg. A mintabevitellel és a detektáláshoz az 1. táblázat kimutatási határai alapján pneumatikus és nagynyomású porlasztást, és lángemissziós/atomabszorpciós, illetve ICP/AES módszert alkalmaztunk. Az alkalmazott szeparáló és dúsító módszereket a táblázat utolsó oszlopában tüntettük fel. A cigaretta, teljes vér és tonhal esetén a minta-előkészítés (savas roncsolás) olyan volt, hogy az összes krómtartalom Cr(III) alakban volt jelen.

2. táblázat. Néhány mintatípus Cr(III) és Cr(VI) koncentrációi

Minta	Cr(III) ng/ml	Cr(VI) ng/ml
Ivóvíz, Debrecen	0,44±0,02	0,19±0,01
Ivóvíz, Karcag	0,15±0,01	<0,10
Tisza, Tivadarnál	–	<0,05
Tisza, Tiszadadánál	–	0,15±0,02
Szamos, Tunyogmatolcsnál	–	3,0±0,2
Vizelet	24±1	<0,1
	μg/ml	μg/ml
Béres csepp plusz, módosított	67,0±1,5	<0,0005
N-203 kísérleti oldat	0,936±0,002	<0,0005
D-200 (dohányvírus elleni szer)	20,0±0,3	1015±14
Columba-Stibol	61,1±0,1	<0,0005
Béres Vitasport pezsgőtabletta (50 ml-re oldva)	1,04±0,01	<0,0005

A 3. táblázatban különböző típusú minták (növényi minták, élelmiszerek, cigaretták, tejpor, vér, tonhal) összes krómtartalmát adtuk meg. Ezek a vizsgálatok azért sorolhatók a krómspeciáció témakörébe, mert a meghatározáshoz az előzőekben ismertetett Cr(III) és Cr(VI) dúsító eljárásokat használtuk fel. Vizsgálataink szerint, ha a minta-előkészítés nedves roncsolással történt, az összes krómtartalom Cr(III) alakban lesz jelen. Ha a mintákat 800 °C-on hamvasztottuk, az összes króm a hamuban forró vízzel teljesen kioldható Cr(VI) alakká konvertálódott.

3. táblázat Különböző minták összes krómtartalma Cr(III) ill. Cr(VI) alakban meghatározva.

Minta	Nedves roncsolás Cr(III) formában dúsítva µg/g	Hamvasztás Cr(VI) formában dúsítva µg/g
Bab, Phaseolus vulgaris	–	0,054±0,010
Burgonya, Solanum tuberosum	–	0,094±0,015
Fodamenta, Mentha sp.	–	0,377±0,012
Fokhagyma, Allium sativum	–	0,49±0,08
Hegyi juharlevél, Acer pseudo-platanus	–	0,28±0,008
Kapor (levél), Anethum graveolens	–	0,88±0,07
Karalábé, Brassica oleracea var. ganglyoides	–	0,020±0,005
Karfiol, Brassica oleracea var. cauliflora	–	0,17±0,04
Kerti retek (gyökér), Raphanus sativus	–	0,04±0,006
Kerti retek (levél), Raphanus sativus	–	0,057±0,007
Kávé	–	<0,07
Kenyér	–	0,061±0,010
Mustár	–	0,12±0,009
Sajt	–	0,088±0,008
Száraz tészta	–	<0,05
Tejpor	–	<0,06
Tojás (fehérje)	–	0,47±0,07
Tojás (sárgája)	–	<0,10
Sopiana	2,09±0,22	2,12±0,12
Sopiana lights	–	0,87±0,12
Sopiana extra lights	–	3,02±0,25
Symphonia	–	1,32±0,21
Helikon	–	1,21±0,18
Marlboro	–	0,93±0,10
Tejpor	0,51±0,03	–
Teljes vér	10,0±0,5	–
IAEA-350 tonhal	–	–
(Standard referencia minta)	0,622±0,023	0,617±0,045
Bizonylat szerint Cr _(össz)	0,650	–

A krómspeciáció további irányai

A krómformák átalakulása

Már régóta tanulmányozott folyamat a természetes vizekben (folyókában, tavakban) a jelenlévő szervesanyagok hatására a toxikus Cr(VI) spontán átalakulása, detoxifikálódása Cr(III)-má. Tengerszék vizében ugyanakkor megfigyelhető volt ezzel ellentétes folyamat is [28]. Nevezetesen a tengeri üledék mangán-oxidjai hatására lejátszódhat a Cr(III) Cr(VI)-ra átalakulása is. Utóbbi átalakulási folyamatok azonban elsősorban emberi tevékenység következményei. Általánosan megállapítható, hogy minden olyan levegő kizárása nélkül folyó hőfolyamatban, ahol krómot tartalmazó anyag égetése (hulladékok, iszapok égetése, cigarettázás), több száz °C-on folyó hevítése (cserép, téglák égetése, kenyérsütés, kenyérpírítás) zajlik, ott mindig megy végbe Cr(III)→Cr(VI) átalakulás. Ezért igen fontos gyakorlati feladat a kidolgozott krómspeciációs módszerekkel a folyamatok követése, a termékek elemzésére konkrét eljárások kidolgozása.

Szerves krómformák vizsgálata

A krómspeciációnak a másik vetületét jelenti annak vizsgálata, hogy biológiai fluidumokban, testnedvekben jelenlévő króm milyen molekulákhoz kötődik, pl. milyen peptid, nukleotid felelős annak szállításáért a szervezetben. E vizsgálatok egyik lehetősége a méretkizárásos kromatográfia (SEC=size Exclusion Chromatography), amely vizsgálatoknál ugyancsak folyamatban vannak.

Krómspeciáció CE-ICP/MS módszerrel

Mind a Cr(III)/Cr(VI) speciációhoz, mind a szerves kötésben lévő krómformák elválasztásához univerzális, nagy felbontású, gyors módszernek ígérkezik a kapilláris elektroforézis (CE), amelyet a nagy kimutatási képességű ICP AES és ICP MS módszerekkel kombináltak [29, 30].

Krómspeciáció elektrotermikus elpárolgatással (ETV-ICP/AES)

A kromatográfiától eltérő elvű elválasztást jelent, ha a mintában az adott elem különböző formáit azok eltérő illékonyasága alapján választjuk el. A mintát grafitcsőben elektrotermikus úton programozottan hevítjük, és az elpárolgó komponensek gőzeit (az azokból képződő aeroszolt) az atomspektrométer plazmájába öblítjük. Az elektrotermikus elpárolgatással (ETV=Electrothermal Vaporization) esély látszik szilárd fázisból olyan krómformák elválasztására is, amelyek a minta feloldásával azonnal elbomlanának (Cr(II), Cr(IV)formák).

Köszönetnyilvánítás

Közreműködő munkatársak: Gáspár Attila, Braun Mihály, Sógor Csilla, Ombódi László, Fehérvári Miklós, Tóth Róbert, Lőki Angéla, Takács Imre (KLTE, Debrecen); H. Berndt, G. Schaldach, S. K. Luo (ISAS, Dortmund); S. Caroli, A. Alimonti, F. Petrucci (ISS, Róma); R. M. Barnes, J. Rodrigo (Univ. of Massachusetts, Amherst).

Megköszönjük a T4508 és a 020235 sz. OTKA, az MKM FKFP 1045/1997 sz. pályázat valamint a Pro Renovanda 1991 és a Pro Regione 1997 támogatását.

Irodalom

1. S. Caroli (ed): Speciation in Bioinorganic Chemistry, Wiley, New York, 1996
2. A. M. Ure, C. M. Davidson (eds): Chemical Speciation in the Environment, Chapman and Hall, London, 1995.
3. E. Berman: Toxic Metals and Their Analysis, Heyden, London, 1980.
4. O. F. X. Donard, R. Riitsema: Hyphenated Techniques Applied to the Speciation of Organometallic Compounds in the Environment, In Barcelo (ed): Environmental Analysis, Elsevier, Amsterdam, 1993.
5. J. O. Nriagu, E. Nieboer (eds): Chromium in the Natural and Human Environment, Wiley, New York, 1988.
6. S. A. Katz, H. Salem, The Biological and Environmental Chemistry of Chromium, VCH, New York, 1994.
7. J. Pavel, J. Kliment, S. Stoerk, O. Suter, Fresenius Z. Anal. Chem., 321, 587, 1985.
8. C. M. Wai, L. M. Tsay, J. C. Yu: Microchim. Acta, Part II, 73, 1987.
9. A. Miyazaki, R. M. Barnes: Anal. Chem., 53, 364, 1981.
10. K. Isshiki, Y. Sohrin, H. Karatani, E. Nakayama: Anal. Chim. Acta, 224, 55, 1989.
11. J. Obiols, R. Devesa, J. Garcia-Berro, J. Serra: Int. J. Environ. Anal. Chem. 30, 197, 1987.
12. G. E. Batley, J. P. Matousek, Anal. Chem., 52, 1570, 1980.
13. R. M. Issa, B. A. Abdel-Nabey H. Dadek, Electrochim. Acta, 13, 1827, 1968.
14. I. S. Krull, K. W. Panaro, L. L. Gershamann, J. Chromatogr. Sci., 21, 460, 1983.
15. A. Syty, R. G. Christensen, T. C. Rains, J. Anal. At. Spectrom., 3, 193, 1988.
16. A. G. Cox, I. G. Cook, C. W. McLeod, Analyst, 110, 331, 1985.
17. I. T. Urasa, S. H. Nam, J. Chromatogr. Sci., 27, 30, 1989.
18. M. Sperling, S. Xu, B. Welz, Anal. Chem., 64, 3101, 1992.
19. H. Berndt: Fresenius Z. Anal. Chem., 331, 321, 1988.
20. J. Posta, H. Berndt: Spectrochim. Acta, 47(B), 993, 1992.
21. Bertalan É. Anyagvizsgálók Lapja, 84, 1994.
22. J. Posta, A. Alimonti, F. Petrucci, S. Caroli, Anal. Chim. Acta, 325, 185, 1996.
23. J. Posta, H. Berndt, S. K. Luo, G. Schaldach: Anal. Chem., 65, 2590, 1993.
24. A. Gáspár, J. Posta, R. Tóth: J. Anal. At. Spectrom., 11, 1067, 1996.
25. Gáspár A., Posta J., Tóth R.: Magy. Kém. Folyóirat, 103, 330, 1997.
26. Gáspár A., Posta J.: Magy. Kém. Foly., 102, 503, 1996.
27. Gáspár A., Posta J., Sógor Cs.: Magy. Kém. Folyóirat, közlés alatt.
28. E. Nakayama, T. Kuwamoto, H. Tokoro, T. Fujinaga, Anal. Chim. Acta, 131, 247, 1981.
29. J. Posta, J. Rodrigo, R. M. Barnes, Balaton Symposium on High Performance Separation Methods, Siófok, Hungary, 1997, Book of Abstract, p37.
30. J. Posta, J. Rodrigo, R. M. Barnes, XXX. Colloquium Spectroscopicum Internationale, Melbourne, Australia, 1997, Book of Abstract, p97.

Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában

2. rész: Az anyagvizsgálat helye a minőségügyi rendszerekben, minőség az anyagvizsgálatban

Dr. Koczor Zoltán – Marschall Marcell

A minőségügyi rendszer főbb jellemzői

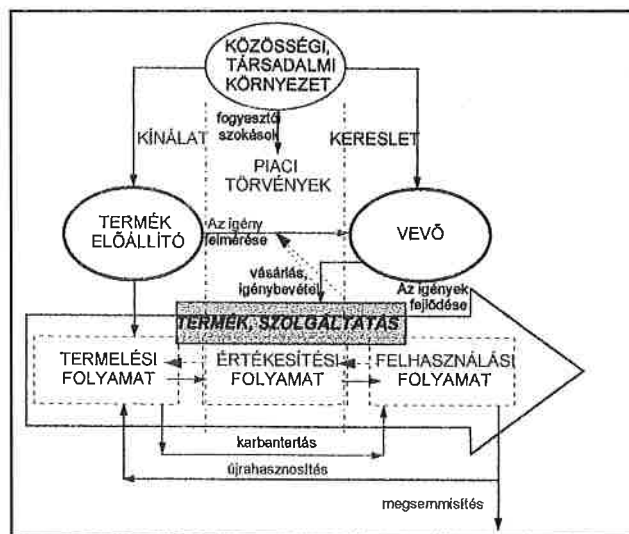
A termékekkel kapcsolatban álló piaci szereplők

A minőségügy elsősorban a piacon értékesített termékek előállításával és rendeltetés szerinti felhasználásával foglalkozik. A terméket a szó legáltalánosabb értelmezésével „tevékenységek vagy folyamatok eredménye”¹-ként használjuk. Ennek alapján termékként értelmezzük a megfogható javakat előállító gyártók és a szolgáltatást nyújtók szükségletet kielégítő teljesítményét. A termékekkel kapcsolatosan gyakran használják az alábbi általános kategóriákat:

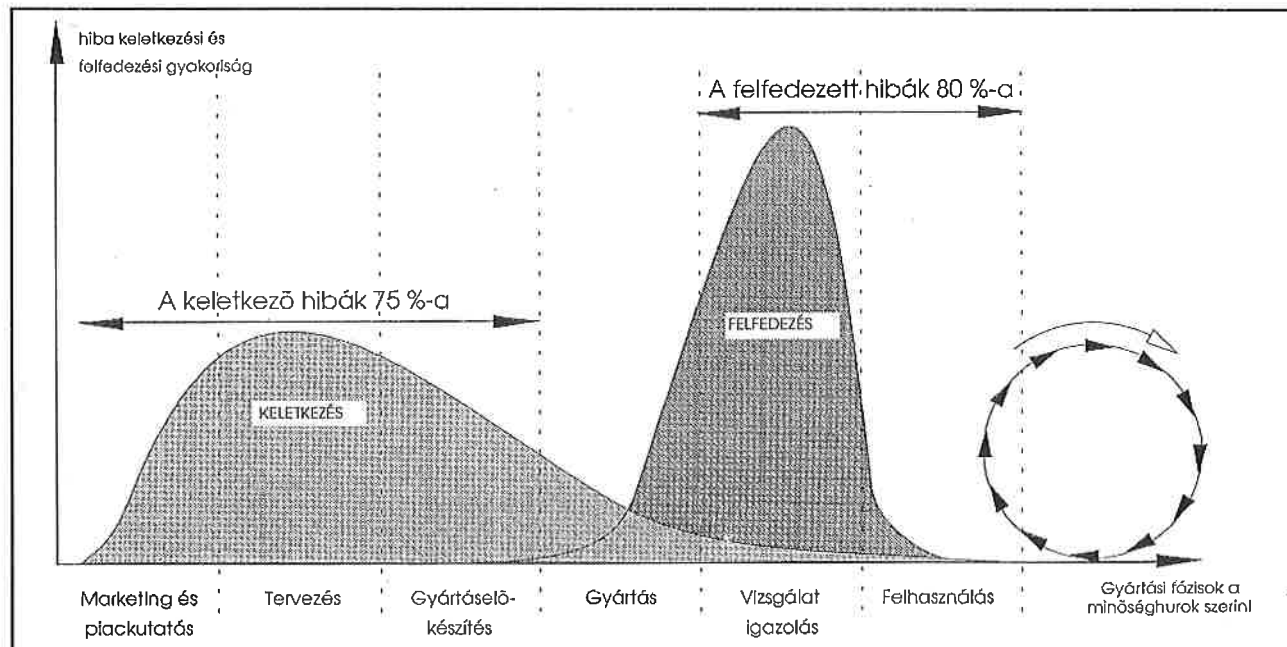
- hardver (pl. alkatrészek és az ezekből összeszerelt egységek),
- szoftver (pl. számítógépprogramok, eljárások, információk, adatok, feljegyzések),
- anyagok vagy feldolgozott termékek (pl. alapanyagok, folyadékok, gázok, lemezek, huzalok),
- szolgáltatások (pl. biztosítás, bank, szállítás)

A termékek lehetnek ezeknek az általános termékkategóriáknak a kombinációi is.¹

A termékekkel kapcsolatban másik fontos jellemző, hogy az a megrendelés, vásárlás, szállítás során a fogyasztó vagy vevő személyéhez kapcsolódik, ahol azt felhasználják. A termék sajátosságainak elsősorban erre a felhasználásra kell tekintettel lennie.



1. ábra. A termelési, értékesítési és felhasználási folyamat fázisai, a szereplők, a kifejtett hatások és a környezeti jellemzők.



2. ábra. A hibák keletkezésének és felfedezésének elkülönítése

A termékek életciklusával kapcsolatos folyamatok esetében (1. ábra) mindig értelmezhető a termék előállítója és vevője. A terméket kínáló és azt megvétel szándékkal kereső személy vagy szervezet a minőségügy által tárgyalt folyamat két főszereplője. A termék előállítója hivatott a termékkel kapcsolatos elvárásokat felmérni és a termelési vagy szolgáltatási folyamatban létrehozni. Mindez nemcsak a termelő jószándékán múlik, hanem a piaci törvények is ezt szorgalmazzák. Legalábbis azok

nál a vállalatoknál, amelyek hosszú távon, hasznot hajtva, biztonsággal akarnak a piac szereplői lenni.

A hibák keletkezésének és felfedezésének helye a termelési folyamatban

A termék hibái a piacfelmérésből, a terméktervezésből, kivitelezésből, az ellenőrzésből vagy a nem megfelelő felhasználásból származhatnak. A hibák keletkezésének és felfedezésének egymástól mérhető időbeli eltérése nagymértékben meghatározza a hibák következményeit, amit végső soron mindig költségként vehetünk figyelembe. Az ez irányú

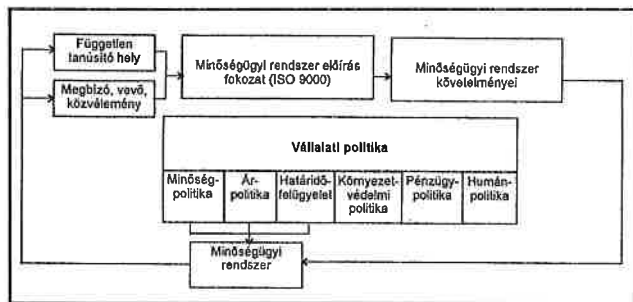
¹ MSZ EN ISO 8402:1996

felmérések mutatják, hogy az elkövetett hibák zöme (75%-a) a termék életciklusának első szakaszaiban keletkezik, ami felhívja a figyelmet a helyes piacutatási és tervezési módszerek fontosságára. (2. ábra)

A minőségügyi rendszerek célja és a célok lebontása konkrét eszközökké

A minőségügyi rendszerek egy meghatározott és kellően tudatosított vállalati küldetést szolgálnak, mely küldetést a menedzsment fogalmaz meg. A vállalat küldetése a vállalat alapvető céljából vezethető le, annak egy adott időszakra való értelmezése. Meghatározza a működési kört, a belső működés, valamint a külső kapcsolatokban érintettekkel való együttműködés alapelveit. A küldetésben az fogalmazódik meg mind a vállalat dolgozói, mind pedig a vállalat környezete (vevői, szállítói, kooperációs partnerei) számára, milyen módon próbálja meg a vállalkozás az alapvető célt elérni. Kifejezi mindazokat az értékeket, amelyek fontosak a vállalat számára.

A vállalati küldetésnyilatkozat a stratégiai tervezés elengedhetetlen eleme, amelynek szerves része vagy abból levezethető következménye a vállalati minőségpolitika. (3. ábra) Ez a vállalat egészére és minden tevékenységére érvényes, amely az egyes részlegek céljaira tovább bontható. A minőségügyi célokat nagy tudatossággal számszerűsített formában kell megadni, hogy betöltését, teljesítését objektíven mérni lehessen.



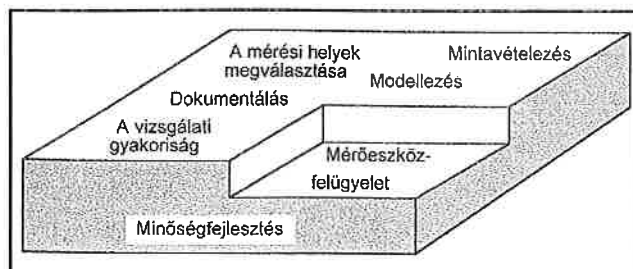
3. ábra. A vállalati politika minőségügyi kapcsolódása

Az élvonalbeli minőségügyi rendszerrel rendelkező szervezetek a minőségfejlesztést a külsők számára is meggyőző módon úgy hajtják végre, hogy ezek közül a minőségi mutatók közül a legfontosabbakat és a legjobban áttekinthetőket időszakosan tervcélként módosítják. Ezekhez a mutatókhoz kell a hatékony működést megtalálni. (selejtárány, képességi mutatók, szerződések teljesítésének aránya, oktatottság...)

A mérésügyi minőségbiztosítás

Ami igaz egy vállalat működésére, mint modell, az jól használható analógiaként az egész vállalati mérésügyre, azon belül az anyagvizsgálatra. A méréseknek éppúgy értelmezhető „vevője” és „környezete”, valamint a megfelelőség-ár-elérhetőség hármassával jellemezhető minősége van, mint a termék-előállító és szolgáltató folyamatoknak.

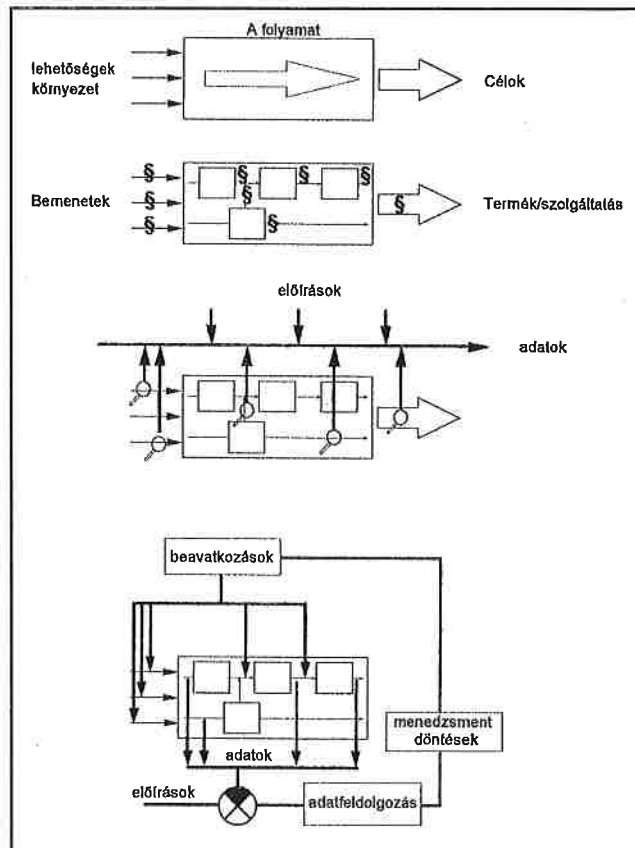
A mérések minőségügyénél ketté válik a minőségfejlesztés és a minőségbiztosítás. Meglátásunk szerint a minőségfejlesztés kérdése elméleti szempontból szabadabban értelmezhető (4. ábra). Ide sorolható a mérési folyamat tervezése és fejlesztése. A mérés minőségbiztosítási



4. ábra. Minőségfejlesztés és minőségbiztosítás a mérési tevékenység során

szempontjai, melyek a mérőeszköz-felügyelet feladatainak feleltethetők meg és a gyakorlat számára legtöbbször komoly problémákat jelentenek.

A minőségügyi tevékenység itt is célokkal, a célok lebontásával, vizsgálattal (felülvizsgálatokkal) és visszacsatolással történik, mint egy értéktérítő folyamatban. (5. ábra)



5. ábra. A folyamatok és a mérési tevékenység minőségszabályozási modellje. A célok megfelelő meghatározása, a célok lebontása, a tevékenység felülvizsgálata, a visszacsatolás.

A mérések célrendszere adott működési környezetben a vizsgálati körülményeknek vagy a felülvizsgálati kérdéseknek legjobban megfelelő mérési eljárás. A mérések céljával kapcsolatosan a méréstervezés fogalmát kell említenünk: Ennek két egyformán hangsúlyos része van, • a problémához illeszkedő vizsgálati mód, leképezés (modellezés) kiválasztása, • a megnyugtató (megbízható) elmélyültségű információszerzés.

A mérés, mint modellezés

Az anyagvizsgálat: „kérdés a természet felé”. Informatív, helyes választ pedig csak megfelelő kérdésekre adhatunk. A vizsgálati kérdés megfogalmazása és a válaszok lehetséges körének kijelölése modellezés segítségével történhet.

A megismerésnek – így az alakváltozási törvényszerűségek leírásának is – legáltalánosabb útja a különböző mértékig tudatos modellezés. A valóság bármely leegyszerűsített, általánosított mását modellek nevezzük. A térképek, a játékautók, a vállalati mérlegek, az olyan kijelentések, mint „egységben az erő”, az olyan egyenletek, mint az $E=mc^2$ mind modellek. Ez a bekezdés egy verbális modell volt arról, mik is a modellek.

A jó modell nem egyszerűen egy leegyszerűsítés, hanem a valóság egy minket érdeklő részének az adott körülmények közül való kiemelése, annak sajátos aspektusainak hangsúlyozása. Ennek során kiszűrjük a bonyolult és zavarba ejtő világból a lényegyet egy bizonyos cél elérésének érdekében.

A repülőgép megfelelő modellje a valódi gép alakját és súlyeloszlását másolja le, hogy repülési tulajdonságait a szélcsatorná-

ban kipróbáljuk, de a színe bármilyen lehet. A légítársaság kialakítása számára készített modell viszont bármilyen súlyeloszlású lehet, eltúlózhatja a gép áramvonalasságát is, de a megfelelő színnel kell kifesteni.

Röviden szólva, modellt készíteni és a modellt értékelni csakis egy világosan megadott célhoz képest lehet. A legjobb modellek csak annyit tartalmaznak, ami ehhez a célhoz szükséges és nem többet.

A modell kialakítására két eltérő lehetőség is kínálkozik:

- a deduktív és
- az induktív módszer.

A deduktív módszer alkalmazásánál a vizsgált jelenség belső felépítését ismertnek tételezzük fel, vagy erőfeszítéseket teszünk annak megismerésére. A lényegi folyamatokat „átlátva” és a törvényszerűségeket ismerve a részekből állítjuk össze a teljes jelenséget.

A deduktív módszer pl. a polimerek terhelés-alakváltozás leírására az ún. „molekuláris szerkezeti elmélet”. Ez a deformációk időbeli lefutását a molekuláris szinten lejátszódó átrendeződések és szerkezeti változások alapján megfelelő molekuláris modellre alapozva értelmezi. Ennek során valamennyi jelenség iránya és jellege értelmezhető, de a deformációs kinetikai problémák sokszor csak minőségileg értelmezhetők (jelentős eltérések figyelhetők meg a számított és a tapasztalt értékek között), így a módszer gyakorlati használhatósága rendkívül korlátozott.

Az induktív módszer alkalmazása során elsősorban a vizsgált jelenség bementével és kimenetével foglalkozunk, annak oksági levezetésére nem törekszünk („fekete doboz”).

A valóságnak megfelelően számszerűsíthető molekuláris szerkezeti elmélet hiánya miatt a deformációs kinetikai problémák mennyiségi leírására dolgozták ki a viszkoelaszticitás fenomenológiai elméletét. A fenomenológiai megközelítés során az anyagot homogén kontinuumnak tekintik és a makroszkópos mechanikai viselkedés, illetve a feszültség – deformáció – idő kapcsolat formális mennyiségi leírására törekednek, de nem tárnak fel ezek anyagszerkezeti alapjait.

Ezzel a módszerrel olyan differenciálegyenletekhez jutunk, melyek szemléletesen megjelenítik a deformáció – feszültség – idő összefüggéseket. Felírásukhoz az egyes anyagszerkezeti tulajdonságokat hozzájuk hasonló alakváltozást mutató ún. analóg modellelemből építjük fel. A „hasnolóság” alatt jelen esetben a megközelítően azonos differenciálegyenlettel leírható deformációt értjük.

A megfelelően megválasztott mérési modell tekintettel van a lehetőségekre is.

Tekintsünk egy példát! Ha általában vagyunk kíváncsiak egy szöveten átáramló levegő mennyiségére, alkalmas lehet egy porozitás vagy egy vastagságmérés is. Ha azonban egy ruházat széllel szembeni ellenállására vagyunk kíváncsiak, jó, ha adott nyomáson, meghatározott geometriai elrendezés mellett az időegység alatt átáramlott légmennyiséget határozzuk meg. Ez a jellemző elsősorban a kelmé szerkezeti elemeinek sűrűségével állítható be. A kelmék porozitását, mely a szellős nyári ruhaanyagoktól az eső- és szélálló ruhákig, szűrőkelmekig terjedően eltérő mértékű, stacioner körülmények közötti légáteresztőképesség-vizsgálattal ellenőrzik.

Míg a ruházati kelmék vizsgálatánál megelégszünk a stacioner mérési körülményekkel, a biztonságtechnika területén – például az autók légzsákjainak vizsgálata kapcsán – megjelent egy új igény, az alkalmazási körülményeket jobban modellező, dinamikus légáteresztő-képességi vizsgálatra.

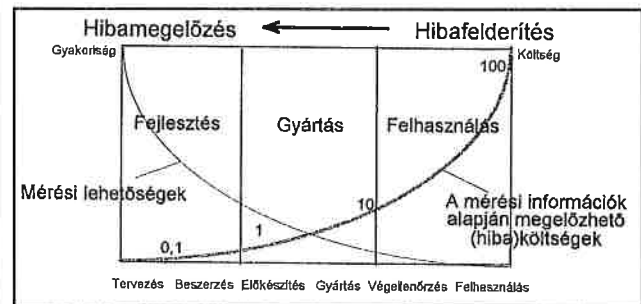
A dinamikus légáteresztő-képesség vizsgálatára kialakított mérőeszköz létrehozása során a légzsák „használata”: az ütközést követő felfúvás és a tehetetlenségükön fogva becsapódó testek, mint külső terhelés hatására létrejövő légtelenítés folyamatát modellezték.

Olyan esetekben, amikor egyetlen paraméterrel nem modellezhető a felhasználó szempontjából elfogadható – elvárt – minőség, funkcióvizsgálatok, komplex mérési tevékenységek elvégzését lehetővé tevő (a leggyakrabban az igénybevételt modellező) mérőpadok kialakítására van szükség.

A mérés, mint a szükséges elmélyültségű információszerzés

A gyártófolyamat minőségi hibái a folyamat egyes lépéseiben továbbjutva selejtet, mennyiségi veszteségeket (pl. hulladék, károsanyag-kibocsátás) okoznak, távolabb haladva minőségi veszteségek létrejöt-

téhez (költségnövekedés, határidő-csúszás, csökkenő értéknövekedés) a vevőig eljutva pedig reklamációk megjelenéséhez vezetnek. A minőségbiztosítási rendszerek fő feladata olyan ellenőrzési rendszer kialakítása és működtetése, mely nagy biztonsággal kiszűri a folyamat hibás elemeit és olyan információ bázist szolgáltat, amely lehetővé teszi a folyamatba történő hatékony beavatkozást a hibák okainak kiküszöbölésére és a hibák megelőzésére. (6. ábra)



6. ábra. A beavatkozási hatékonyság és a hibák fajlagos költségeinek nagyságrendi változása az életciklus-szakaszok mentén

Látható, hogy a folyamat eltérő helyein elhelyezett mérés „értéke” és kockázatsűrűsége nagyságrendekkel térhet el egymástól.

A folyamatorientált minőségbiztosítási rendszerek a gyártói tevékenységet olyan célirányos tevékenységek (részfolyamatok) meghatározott cél érdekében szervezett rendszerként értelmezik, melyek a folyamat (szakmaspecifikus) bemeneteket alakítják át a vevői elvárásoknak megfelelő kimenetekké. A folyamatok be- és kimeneteket általánosan anyag- energia és információáramokként értelmezzük a rájuk jellemző hasznos, veszteség- és visszacsatolási ágakkal. A vizsgálati tevékenységek e modell bármely pontján és áramán értelmezhetők. A minőségügyi rendszerek az anyag- (és energia-) áramok területén a beérkező áruk ellenőrzése, a gyártásközi ellenőrzés és a végellenőrzés feladatait és sajátosságait szabályozza. (7. ábra)

A mérési modell keretében vizsgálható az egyes mérések értéke a szabályozás szempontjából a mérési gyakoriság és a mérőeszköz terhelhetősége közti összefüggés, valamint a gyakoriság a beavatkozások időigénye és a helyesbítő folyamatokra jellemző holtidők szempontjából.

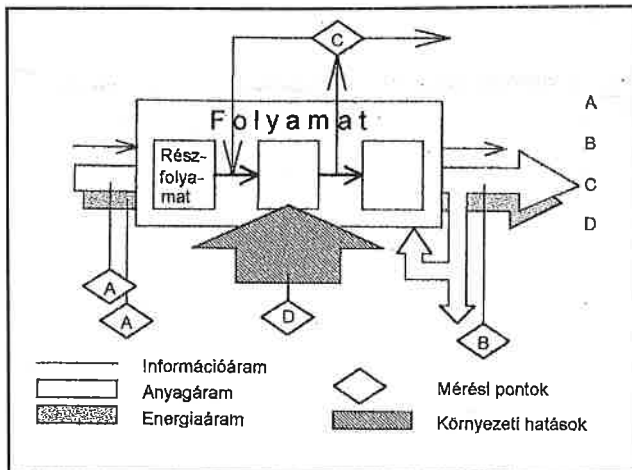
A vizsgálattervezés során a paraméterek közül kell kiválasztani azokat, amelyek a termék megítélésével a legjobban korrelálnak és mérésük technikailag a legmegbízhatóbban és leghatékonyabban megvalósítható (a mért jellemzőnek, a mérőeszköznek, a mérési gyakoriságnak, a minta nagyságának... a mérési folyamat és körülmények meghatározása). Ehhez gyakran nem csupán a mérendő jellemző kiválasztására, hanem a mérési módszer kialakítására, fejlesztésére is szükség van.

A vizsgálati tervek és a vizsgálati tevékenység ellenőrzésére a minőségbiztosítási rendszerek a belső auditálási rendszer keretén belül írják elő felülvizsgálatokat. Ezek során a rendelkezésre álló dokumentumok (mérési terv, a megfelelőségi szinteket, határokat tartalmazó feljegyzések és a vizsgálati utasítások) meglétét, azok következetes végrehajtását és az előírt feljegyzések készítését, azok tartalmát vizsgálják az érvényes előírások tükrében és hogy ezek mennyire hatékonyan támogatják a megfelelő minőség megvalósítását

A mérések tervezésénél egyetlen minőségügyi jelentős példát említünk. Az FMEA (a Lehetséges hibamód és hibahatás elemzés) során az egyes hibák kockázatának megítélésénél (egy harmadik részt) döntő szempont, hogy mi az esélye a hiba „átcsúszásának” a minőségügyi vizsgálatok rendszerén. Ha egy hiba ennek alapján jelentősnek mutatkozik, a beavatkozás formájára is gyakran válik előírásra a vizsgálatok sűrítése, a pontosabb vagy zavartalanabb mérés.

A mérési információk megbízhatóságát, a labortól (a helyi „szakasztól”) és a mérést végző személytől (gyakorlatosság, készségek és képességek) való függőségét megismételhetőségi és reprodukálhatósági vizsgálatok keretében ellenőrzik.

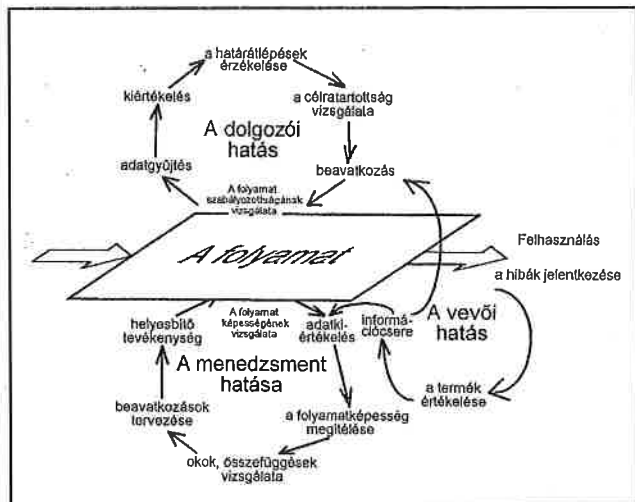
A korszerű minőségügyi szemléletben a gyártófolyamatokba illesztett vizsgálatok szerepének megítélésében jelentős változás megy végbe. A folyamatok szervezésében egyre nagyobb hangsúlyt kapó hibameg-



7. ábra. A folyamatorientált minőségbiztosítási rendszer
A: a beérkező áruk ellenőrzése, B: végellenőrzés, C: gyártásközi ellenőrzés, D: a környezeti hatások ellenőrzése

előzés mellett a mérési, anyagvizsgálati tevékenység a megfelelő és selejtes termékek szétválogatása helyett egyre inkább az elért, megvalósított minőség tanúsítására, igazolására irányul. Míg a klasszikus gyártástervezés a minőség megvalósításának, a termék létrehozásának lépéseit tudatosan választotta el az ellenőrzés feladataitól, az új szemléletű minőségügy a vizsgálatokat visszateszi a folyamatban közvetlenül résztvevők hatáskörébe. Az önellenőrzési rendszerek a folyamatok nagy

fokú szervezethez tartoznak meg, a vizsgálatokat végzőktől pedig jóval nagyobb elkötelezettséget és felelősségérzetet várnak el. (8. ábra) A menedzsment hatáskörébe tartozó folyamatszerkesztés célja a gyártó-folyamatok folyamatképeség-vizsgálatán alapuló hosszú távú felügyelete. A dolgozói önellenőrzés a folyamat rövid távú ingadozásainak, a folyamat szabályozottságának („célra tartottságának”) felügyeletét veszi át.



8. ábra. Az önellenőrzési rendszer helye a folyamatokban



Nemességvizsgáló és Hitelesítő Intézet Hungarian Assay Office

1089 Budapest VIII., Bláthy Ottó u. 3.
Tel.: (36-1) 313-8621, 333-0147; Fax: (36-1) 313-0020
MNB 10032000 01454093

A Nemességvizsgáló és Hitelesítő Intézet (NEHITI) a jogszabályokban meghatározott feladatain túl vállalja mindenféle nemességfém- és nemességfém-tartalmú termék analitikai vizsgálatát, valamint egyéb fémvizsgálatokat a NAT által akkreditált vizsgálólaboratóriumában. Az Intézet az Igazságügyi Minisztérium által nyilvántartásba vett szakértőként végez nemességvizsgálatot és azonosítja az eredeti vagy a hamis fémjelkeket. Intézetünket feladatainak ellátásában széles körű nemzetközi tapasztalatok segítik.

A NEHITI tevékenységi körei:

1. Nemességvizsgálatok
 - ékszerekből
 - ipari mellék- és főtermékekből
 - hulladék anyagokból
 - bányatermékekből
2. Ötvözetanalízisek
3. Szakértői vélemények készítése
 - nemesség meghatározás
 - fémjelazonosítás
 - hamis fémjel felismerés témákban.

AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.

Anyagvizsgáló tanfolyamok!

Ultrahangos, örvényáramos, radiológiai, mágneses, penetrációs, vizuális anyagvizsgáló szakképzése és minősítése
(Az MSZ EN 473 szerint)

Mechanikai anyagvizsgáló szakképesítés
(OKJ szerint)

Tartályvizsgáló szakképzés
(a 11/1994 és a 44/1995 IKM rendeletek figyelembevételével)

Érdeklődni lehet:

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

A Diósgyőri Gépgyár anyagvizsgáló tevékenységének rövid története

Mustos Péter

A mai Digép elődjének a MÁVAG (Magyar Állami Vas-, Acél- és Gépgyár) D-gyárát tekintik, vagy ahogy itt nevezték: az Újgyárat (szemben az Ó-gyárral, vagy C-gyárral, amely a Kohászatot jelentette). A két gyár között igen szoros kapcsolat állt fenn; 1946-48 között igazgatóságuk is közös volt. Ebben az időben a metallográfiai adatokért a Kohászat laboratóriumához kellett fordulni.

A termelés felfutásával a DIMÁVAG-ból 1950-ben kivált a Nehézszerológépgyár és a Könnyűgépgyár.

A három gyárban közel párhuzamosan kezdtek fejlődni az anyagvizsgálattal foglalkozó vegyi és metallográfiai osztályok és csoportok. A DIMÁVAG-ban 1956-ban szervezték a főenergetikán belül egy osztályt vegyi és metallográfiai csoporttal. Az osztályt a főenergetikus: *Laczka János* irányította, a metallográfiai csoportot *Beke Józsefné* vezette. A csoport egy lakatosból és egy anyagvizsgálóból állt még. Technikai eszköze egy MIM 6-os fémmikroszkóp volt.

A polgári gyártmányok gyártásának fokozódása fellendülést hozott a metallográfiai csoport részére is, amely ekkor már a MEO-hoz tartozott. A fő problémákat a rugók törése, a vasúti kerékpárgyártás alapanyag- és szövetszerkezet-vizsgálata, valamint a hőkezelő üzem selejtjei jelentették. *Macz Ferencnek*, a MEO anyagvizsgáló csoport vezetőjének lelkes kezdeményezésére érlelődött a gondolat az önálló metallográfia megteremtésére.

1960-ban több új anyagvizsgáló gépet kapott a csoport, (mikroszkópok, keménységmérők).

1962-ben újra egyesítették a három gyárat és ekkor összevonták a három metallográfiával foglalkozó csoportot is. A metallográfia így végleg osztállyá vált, vezetője a könnyűgépgyári metallográfia főnöke, *Fazekas Sándor* lett. Híres fotósunk *Doma István* volt, akit *Tószegi József* követett. Az osztály szervezetiileg a főmetallurgus alá tartozott, akit ekkor *Macz Ferenc* volt.

Macz Ferenc nyugdíjazása után *Perjési Gyula* lett a főmetallurgus. Az ő vezető korszaka alatt a vegyi osztályt elszervezték a főmetallurgiától.

Az 1969-es kovácsüzemi rekonstrukció jelentős technikai fejlődést hozott a metallográfiának. Az osztály új épülettel bővült, sok technikai eszközt kapott: akkor érkezett a pulzátoros szakitógép, a vacuutherm berendezés, a mágneses repedésvizsgáló, több laborkemence.

1975 januárjában *Fazekas Sándor* meghalt, az osztály megbízott vezetőként *Kubis József* irányította.

Tovább bővült a műszerpark keménységmérő gépekkel, a forgófárasztógéppel, az ipari hűtőszekrényvel és az indiai ütőgéppel. A próbamegmunkálót is az osztályunkhoz csatolták, az osztály létszáma 25 fő körül ingadozott.

Az önálló vegyi laboratórium létszáma 15 fő körül ingadozott, később belőlük hasították ki a vegyi technológiai osztályt.

1975 októberében *Kovács Károlyt* nevezték ki a metallográfiai osztály élére. Az osztály tevékenysége arra irányult, hogy modern, fémtani alapokon nyugvó vizsgálatokat is beindíthassunk, és az osztály szerepe az ellenőrzéstől a gyártás konstrukciós szaka felé növekedjék. Mindezt az osztály nevének változása is jelezte: először a fémtani osztály, majd a fémtechnológiai osztály nevet viselte. A műszerpark is tovább bővült: x-y írók, pásztázó elektronmikroszkóp, finomnyúlásmérő, erőmérőcellák érkeztek.

Intenzív kapcsolat alakult ki a Vaskut fémtani osztályával a számítógépes rendelés-elbírálás és a hőkezelési technológia-tervezés területén.

Az osztály fontos szerepet játszott a Digép fehér-hőkezelő és gáznitridáló üzemének beindításában is. Jó munkakapcsolat alakult ki a Nehézipari Műszaki Egyetem fémtani és mechanikai technológiai tan-
székével.

1979 júliusában *Kovács Károly* kandidátusi aspirantúrára távozott, utódja az osztály korábbi szárnyra bocsátója: *Fazekas Ferenc*, majd *Kubis József* lett.

A vegyi osztályt a speciális gyártáshoz csatolták és fontos szerepet kapott a galvánüzem kiszolgálásában. Vezetője: *Tóth Józsefné* volt. A precíziós öntőde rekonstrukciója kapcsán egy fix és egy hordozható quantométerrel, atomabszorpciós vegyelemzővel, sópermetkamrával bővült az ottani műszerpark.

A metallográfiai vizsgálatokban is változatos feladatokat jelentettek a speciális gyártáshoz felhasznált anyagok vegyi és mechanikai ellenőrzése. Polgári területen a Domange-Jarret vasúti ütköző gyártásának bevezetése hozott sok új feladatot.

Időközben a régi épületszárnyat az alatta kipattant salakhányótűz miatt le kellett bontani.

Kovács Károly 1982-ben visszatért az aspirantúráról az osztály vezetéséhez. Kandidátusi disszertációját 1986-ban védte meg. Az ehhez szükséges vizsgálatok egy részét a metallográfia és a vegyi laboratórium végezte. 1989-től a kohászat anyagvizsgáló tevékenységét irányítja; utódja *Kubis József* lett.

1991-ben a metallográfiához csatolták a MEO mechanikai laborját, 1992-ben a vegyi osztályt. 1993-ban a vegyi laboratórium átköltözött a metallográfia épületébe. Rövid ideig a speciális gyártáshoz szükséges röntgen- és izotóp laboratórium is osztályunkhoz tartozott.

A Digép felszámolási-eladási eljárása során a gyár, és így az anyagvizsgálat tevékenysége is, jelentősen csökkent, az összevont osztály létszáma 10-12 főre apadt. 1994-ben az anyagvizsgáló osztályt a Digép Melegalakítógyárához csatolták.

A speciális termelés megszűnésével és a polgári termékek más önelszámoló gyár által történő gyártásával az osztály tevékenysége a melegüzemi alapanyagok és késztermékek ellenőrzésére csökkent. Időközben a próbamegmunkálót a forgácsoló üzemhez szervezték. Ezzel az osztály létszáma 6 főre apadt.

A Melegalakítógyár – és benne a metallográfiai osztály – még 1995-ben megszerezte a TÜV minőségbiztosítási tanúsítást. Ez a részleg látja el a hosszmérő eszközök házi kalibrálását is. Ám, a jelen gazdasági helyzetben már nincs pénz az anyagvizsgálat fejlesztésére, modern eszközök beszerzésére, az osztály által a termékefejlesztéshez adható segítség felhasználására.

A metallográfián – a kezdettől napjainkig számolva –, 163-an dolgoztak hosszabb-rövidebb ideig. Amit itt tanultak, azt bizonyára jól kamatoztatták a műszaki élet egyéb területein. Diplomatervezők és szakmai gyakorlatosok népes serege is öregbítette osztályunk hírnevét.

Dr. Réti Pál (1911–1997)



Még együtt készültünk az emlékülésre, amelyet a Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete alapításának 100 éves évfordulója alkalmából szerveztünk, de Miskolc-Tapolcán már nélkülöznünk kellett a szak-

mánk és közösségünk iránt elkötelezett hangvételű felszólalását. Életműve október 2-án lezárult, és mi már csak néma főhajítással emlékezhettünk szakosztály- és szakmatörténetünk általa is formált korszakának köztiszteltben álló személyiségére.

Réti Pál 1911. augusztus 3-án született Budapesten. Gépészmérnöki oklevelét a Műegyetemen szerezte 1935-ben. „Akkor is gazdasági válság volt” – nyilatkozta az Anyagvizsgálók Lapjának 80. születésnapja alkalmából – „egy évig kerestem munkát... 1936. november 12-én kezdtem dolgozni a Weiss Manfréd gyárban és 1973. július 1-jén kúldtek nyugdíjba a Csepel Művektől. Mindenki tudja, hogy a gyárnak több neve is volt, de én egy helyen dolgoztam 37 évig.”

A pályakezdő mérnök rövidesen a szerkesztés mellett működő kis anyagvizsgáló laboratóriumba kérte át magát, amely a repülőgépgyártás követelményei miatt hamarosan korszerű szakító- és fásztógépekkel felszerelt mechanikai laboratóriummá fejlődött, amelynek ő lett a részlegvezetője. Így meghatározó szereplőjévé lett a háborús években az új, korszerű anyagvizsgáló laboratórium felépítésének és felszerelésének, amelyben már helyet kapott a dr. Török Tibor által vezetett szinképelemző és a dr. Mázor László vezette kémiai laboratórium, valamint a metallográfiai laboratórium, amely javaslatára az összetett vizsgálatok eredményeit szakvéleménnyé formálva továbbította a megrendelő gyáregységeknek. Ez idő tájt a repülőgépmotorok könnyűfémöntvényeinek ellenőrzéséhez bevezette a röntgenvizsgálatokat. A fejlesztéseket a háború természetesen megzavarta, a bombázások alatt az épület is megsérült, de a helyreállítás után végül is ő szervezte meg és irányította Csepelen az ország első, korszerűen felszerelt, ipari anyagvizsgáló intézetét, amely AGMI Rt. néven ma is működik, és amely a Csepeli Tröszt széteséséig egyaránt szolgálta magas színvonalon a csepeli kohászati és gépészeti termékek minőség-ellenőrzését, valamint gyártmány- és technológiafejlesztését. Az itt folyó tevékenység színvonalát számos elfogadott és hasznosított szabadalom és tudományos fokozattal elismert eredmény fémjelzi.

A negyvenes évek végén Réti Pál szűkebb szakmai érdeklődése a dinamikus fejlődésnek indult roncsolásmentes anyagvizsgálat felé fordult. Az Akadémia műszerbizottságában, amelyet Hevesi Gyula akadémikus vezetett, sikerült elfogadtatnia egy korszerű izotóplaboratórium típustervét. Ennek alapján először Csepelen épült fel az ötvenes évek közepén az első ipari laboratórium hazánkban, amely Co-60 sugárforrásaival alkalmassá vált vastag falú öntvények radiográfiai vizsgálatára csakúgy, mint a kohászati technológiai folyamatok radioaktív nyomjelzés-technikai vizsgálatára is. Elsőként ő vezette be az ultrahangos defektoszkópiai vizsgálatokat a mindennapi gyakorlatba 1953-ban.

Ipari tapasztalatait és kutatási eredményeit 129 dolgozata, hét önálló szakkönyve és számos konferenciaelőadása tartalmazza. A *Fémek roncsolásmentes vizsgálata* című könyvét (1954), amely orosz (1972) és német (1974) nyelven is megjelent, átfogó elméleti és gyakorlati tankönyvként használják ma is, hasonlóképpen a *Korszerű fémipari anyagvizsgálatok* című könyvét is, amelyért 1984-ben nívódíjat kapott. Szakcikkeit két alkalommal GTE Irodalmi díjjal jutalmazták (1968, 1977). Kandidátusi értekezését 1954-ben védte meg, s 1960-ban a Budapesti Műszaki Egyetem doktorrá avatta.

Ismereteit az Oktatásban is gyümölcsöztette: a BME Csepeli Tagozatán 1955–58 között az anyagvizsgálat tárgy előadója volt. A BME Közlekedésmérnöki Karán pedig a szakmérnöképzésben vett részt. Oktatási munkája elismeréséül a BME Egyetemi Tanácsa 1974. szeptember 30-ai hatállyal *címzetes egyetemi tanárrá* nevezte ki.

1973-ban, akarata ellenére, nyugdíjazták. „Életem legnagyobb törését az okozta, amikor 62 évesen, munkabírásom teljében elküldtek...” – nyilatkozta. „Másodállásom volt 1953–1977 között a Láng Gépgyárban, ...dolgoztam a MÁV-nál 1978–79-ben és az Ipari Minisztériumban 1985–89-ben, mint szakértő. Ha összeszámolom, 46 év munkaviszonyom volt. És persze a GTE-ben, amit rám bízta.” Főállású szakmai tevékenységét magas szintű elismerések kísérték: 1974-ben a Köztársasági Érdemérem ezüst fokozata, 1973-ban a Munka Érdemrend bronz fokozata kitüntetésben részesült.

Műszaki tudományos társadalmi tevékenysége is igen aktív volt. 1948 végén a Híradástechnikai Tudományos Egyesület orvosi röntgen szakbizottságán belül megalakította az ipari röntgen szakcsoportot. Alapító tagja volt az 1949 februárjában szerveződött Gépipari Tudományos Egyesületnek, amelynek technológiai szakosztálya keretében anyagvizsgáló szakcsoportot szervezett 1952-ben. Ez a közösség lett 1957-ben a GTE anyagvizsgáló szakosztálya, amelynek 1969-ig titkára, majd 1980-ig elnöke volt, de tiszteletbeli vezetőségi tagként haláláig aktív vezető egyénisége maradt. Szakosztályunkat és a hazai roncsolásmentes anyagvizsgálat szakterületét 1970–78 között szavazati jogú küldöttként képviselte a Roncsolásmentes Anyagvizsgálat Nemzetközi Szervezetében, az ICNDT-ben. Tíz éven át tagja volt egyesületünk Gép című folyóirata szerkesztőbizottságának. Egyesületi munkásságát Bánki Donát-díj (1959), GTE Egyesületi Érem (1970, 1975, 1986) és Gillemot László Emlékérem (1991) kitüntetésekkel ismerte el szakmai közösségünk.

Centenárium emlékülésünkre készülődve vezetőségünk szakmánk doyenjét a hat évtizedes eredményes ipari anyagvizsgáló, laboratóriumszervezői, szakértői, szakírói, oktatói és közéleti munkásságának elismeréséül felterjesztette a Magyar Köztársaság Arany Érdemkereszt polgári tagozata kitüntetésre, amelyet ez év március 15-én köztársasági elnökünk adott át neki. Májusi vezetőségi ülésünkön köszöntöttük Őt ez alkalomból, amire ő nemcsak szóban, hanem nekünk címzett levelét is átnyújtva meleg szavakkal válaszolt. Levele – most, hogy már nincs közöttünk – búcsú és végakarat is egyben, így írt: „...amikor közel 45 éves ipari, elméleti és oktatói tevékenységet be kellett fejeznem, szeretett szakmám továbbfejlődését a GTE keretében, köztetek figyelhettem tovább... Engedjétek meg, hogy hálásan megköszönjem Nektek azt a szeretetet és támogatást, melyet pályám során tőletek kaphattam... Kívánok szeretett Szakosztályunk újabb felvirágoztatásához sok szerencsét és boldogságot.” – Pali bácsi! Erre fogunk törekedni! Nyugodj békében!

L.K.

Tanfolyamok 1998-ban

KÖRNYEZETI MENEDZSMENT RENDSZER, KMR-TANFOLYAMOK

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

1. KMR gyakorlati bevezető A vezetőség részére egy napos tanfolyam, 1998. január 12-én.

2. KMR megszervezése kétnapos tanfolyam a munkatársak részére 1998. január 14–15-én.

A végzett hallgatók ORDINEX – Nemzetközi Szakértők Szövetsége, Párizs és MMT-tanúsítványt kapnak.

A tanfolyamok díja: naponta 12.500 Ft/fő

A British Standards Institution (BSI) Oktatási Szolgálat, a GUC, az MMT és a MOA tanfolyamai:

3. KMR – belső auditor, háromnapos tanfolyam 1998. január 19–21-én és február 2–4-én. Részvételi feltétel: a 2. tanfolyami vagy ezzel egyenértékű végzettség.

A végzett hallgatók BSI- és MMT-tanúsítványt kapnak.

A tanfolyam díja: 56.500 Ft/fő

4. KMR auditor, vezető auditor, ötnapos tanfolyam a képzéssel már gyakorlatot szerzett auditorok részére, 1998. február 9–13-án. A tanfolyam díja: 96.500 Ft/fő.

A végzett hallgatók BSI-tanúsítványt kapnak.

Az 1–4. tanfolyamok szakmai vezetője: Prof.Dr.h.c. Turchany Gyula.

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

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

1. A kölni TÜV Akademie Rheinland tanúsítványát adó tanfolyamok

1.1. Minőségügyi szakember. Időtartama: 8 nap + vizsga (2x1 hét).

Tanfolyami + vizsgadíj: 93.700 + 20.000 Ft

1.2. Minőségügyi megbízott. Időtartama: 12 nap + vizsga (3x1 hét).

Tanfolyami + vizsgadíj: 147.000 + 20.000 Ft

1.3. Minőségügyi menedzser. Időtartama: 12 nap + vizsga (3x1 hét).

Képesített minőségügyi megbízottak részére! Tanfolyami + vizsgadíj: 147.000 + 20.000 Ft

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

Képesített minőségügyi megbízottak részére. Tanfolyami + vizsgadíj: 259.300 + 20.000 Ft

Magánszemélyek részére a TÜV Rheinland Alapítvány 85% támogatást ad, azaz a hallgatónak 38.880 Ft tanfolyami díjat kell fizetni.

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

Tanfolyami + vizsgadíj: 108.600 + 20.000 Ft

2. A TÜV Rheinland Akadémia magyar nyelvű tanúsítványát adó szaktanfolyamok

2.1. Mérőeszköz-felügyelő. Időtartama: 3 nap. Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

2.2. Értékesítési folyamatirányító. Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

2.3. Beszerzési folyamatirányító. Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

2.4. Karbantartási folyamatirányító. Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

2.5. Vállalati auditor. Időtartama: 3 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

2.6. Vevőszolgálati megbízott. Időtartama: 2 nap.

Tanfolyami + vizsgadíj: 26.600 + 6.000 Ft

2.7. Minőségügyi oktató. Időtartama: 3 nap.

Képesített minőségügyi megbízottak vagy menedzserek részére!

Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

2.8. Minőségügyi tanácsadó. Időtartama: 3 nap.

Képesített minőségügyi menedzserek részére! Tanfolyami + vizsgadíj: 39.500 + 6.000 Ft

A 2. pontban felsorolt tanfolyamok 1998. március hónap végén indulnak Budapesten. A Minőség Oktatásért Alapítványhoz csatlakozott vállalatok alkalmazottai a részvételi költségekből 20% kedvezményt kapnak. Szállás igényelhető (kétágyas szoba + reggeli és vacsora személyenként 4.500 Ft/éjszaka).

Felvilágosítás: MMT, Somogyi Miklós, tel.: 215-6061, fax: 218-0267.

TÜV Rheinland Akadémia, Serester Andrea, tel.: 268-0364, fax: 268-0671.

OKJ szerinti szakképesítést nyújtó tanfolyamok:

Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (53 5401 05 sz.)

Minőségellenőr (50–5401–01 sz.)

A tanfolyamok 1998. március hónap végén indulnak.

Jelentkezés: 1998. március 6-ig. – Feltétel: szakközépiskolai végzettség + két éves gyakorlat. A tanfolyamok költsége: 62.500 Ft., vizsgaköltséggel együtt.

A Minőség az Oktatásért Alapítványhoz csatlakozott vállalatok alkalmazottai a részvételi költségekből 20% kedvezményt kapnak. Vonatkozik ez a TQM alaptanfolyamra is!

Jelentkezés és felvilágosítás: Magyar Minőség Társaság, 1091 Budapest, Üllői út 25.

Tel.: 215-6060. Fax: 218-0627.

KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK

Az ISO 14000 szabványsorozat szerinti környezetirányítási rendszerek bevezetésére felkészítő tanfolyamrendszer:

– Környezetvédelmi auditor (TÜV-bizonyítvány);

– Környezetvédelmi szakelőadó (OKJ-szakképesítés);

– Veszélyes hulladék- és termékdíj ügyintéző;

– Alapfokú közegészségügyi (mérgekkezelő): ÁNTSZ-bizonyítvány;

– Veszélyes áru ügyintéző (ADR), OKJ-szakképesítés;

– Települési és nem veszélyes hulladék kezelő, OKJ-szakképesítés.

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

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK:

– Radiológiai vizsgáló: RT1, RT2, RT3

– Ultrahangos vizsgáló: UT1, UT2, UT3, UT2T

– Mágneses, penetrációs, vizuális vizsgáló: MPVT1, MPVT2

– Örvényáramos vizsgáló: ET1, ET2

– Tömörségvizsgáló

– Mechanikai anyagvizsgáló

– Tartályvizsgáló

– Rezgéselemző: VAT1, VAT2

– Szinkropelemző: ST1, ST2

– Általános hegesztett terméket vizsgáló Inspektor: INSP

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

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

Nemzetközi rendezvények 1998-ban

Int. Conf. on Application of Radioisotopes and Radiation in Industrial Development, Mumbai, India, 1998. február 4–6. Cím: dr. D.D. Sood, Bhabha Atomic Research Center, Trombay, Mumbai 400085 India. Tel.: +91 22 557 6720, fax: +91 22 556 0750, E-mail: ddsood@magnum.bract 1. ernet.in.

microCAD'98 – Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos Konferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1998. február 24–26. Jelentkezés előadással azonnal; résztvevőnek 1998. január 31-ig. Cím: Miskolci Egyetem, Tudománysszervezési és Nemzetközi Osztály, 3515 Miskolc-Egyetemváros, Fax: 46/365-174, E-mail: microdac@gold.uni-miskolc.hu

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

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

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

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

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

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

E-mail: u-otuonye@imeche.org.uk.

The 15th Instrumentation and Measurement Technology Conf., St. Paul Hotel, Minnesota, USA, 1998. május 18–20. Cím: Robert Myers, IMTC 98 Conf. Coordinator, 3685 Motor Ave, Suite 240, Los Angeles, CA 90034-5750, USA.

Tel.: +310 287 1463, fax: +310 287 1851, E-mail: bob.myers@ieee.org.

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

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

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

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

35th Int. Conf. on Ultrasonics and Acoustic Emission, Chateau of Trest, Czech Republic, 1998. szeptember 14–18. Cím: ing Hana Kotschová, Geophysical Inst.AS CR, Bocni II/401, 14131 Prague 4, Czech Republic.

Tel.: +420 2 671 03074, fax: +420 2 761 549, E-mail: hko@ig.cas.cz.; WWW: http://www.ig.cas.cz.

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

Országos rendezvények 1998-ban:

GÉPÉSZET '98 holnap és holnapután, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 1998. május 28–29. Konferencia és kiállítás. Jelentkezés előadás-kivonattal: 1997. december 15-ig, kiállítóként 1998. március 31-ig.

Információt ad: Antal Akos, Tel.: 463-2402, E-mail: akos@fot.bme.hu.

PROCEQ-készülékek betonépítmények és -elemek vizsgálatára



PROFOMETER 4
Betonvaskereső

Digitális készülék a betonvas szerkezeti helyének és átmérőjének a meghatározására és a betonfedettség megmérésére.

A készülék lehetővé teszi:

- A betonacél megkeresését optikai és akusztikus jeladással.
- A fedettség pontos megmérését pontszondával 130 mm-ig, mélyszondával 300 mm-ig.
- Kiválasztott határértékkel történő gyorskeresést.
- A betonvas átmérőjének roncsolásmentes meghatározását ± 1 mm pontossággal.
- A betonvasháló láthatóvá tételét Cyberscan segítségével.
- A betonfedettség szűrkefokozatos megjelenítését.



SCHMIDT
Betonvizsgáló kalapács

Beton és más építőanyagok roncsolásmentes minőségellenőrzésére kész építményeken ill. előregyártott elemeken.

Modell N

Normál magas- és mélyépítményekhez, üténergia 2,207 N.m.

Modell NR

Alkalmazási területe az N modellével azonos, de beépített regisztrálókészülékkel rendelkezik.

Modell L

Ütésérzékeny részek vizsgálatára és zsugluzási nyomok azonosítására, üténergia 0,735 N.m.

Modell LR

Alkalmazási területe az L modellével azonos, de beépített regisztrálókészülékkel rendelkezik.

Modell M

Betonjárdák, repülőgép kifutópályák és duzzasztófalak vizsgálatára, üténergia 29,43 N.m.

Modell P

Lengőkalapács könnyűszerkezeti anyagok, vakolatok és bevonatok vizsgálatára, üténergia 0,883 N.m.

Modell PT

Lengőkalapács nagyon kis szilárdságú építőanyagok vizsgálatára, üténergia 0,883 N.m.

Modell PM

Lengőkalapács falazóhabarcs vizsgálatára, üténergia 0,883 N.m.



DIGI-SCHMIDT 2
Betonvizsgáló

Beépített átszámítási táblázatokkal ellátott elektronikus mérőkészülék tömegcikk és építési objektumok széles körének racionális és biztonságos minőségellenőrzésére.

- Automatikus ütésirány korrekció.
- Kiértékelés a PROCEQ standard görbék, vagy egyéni munkagörbék alapján.
- Automatikus átszámítási táblázat kocka- és henger nyomószilárdságra.
- A mért értékek szám és vonaldiagram formában jelennek meg.
- Az adatok továbbfeldolgozásra PC-re ill. nyomtatóra vihetők.

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**



ALMEMO® MÉRŐRENDSZER

Fizikai, elektromos és kémiai mennyiségek mérése

kijelzése, tárolása, dokumentálása, felügyelete, kiértékelése.



AHLEBORN

- 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!