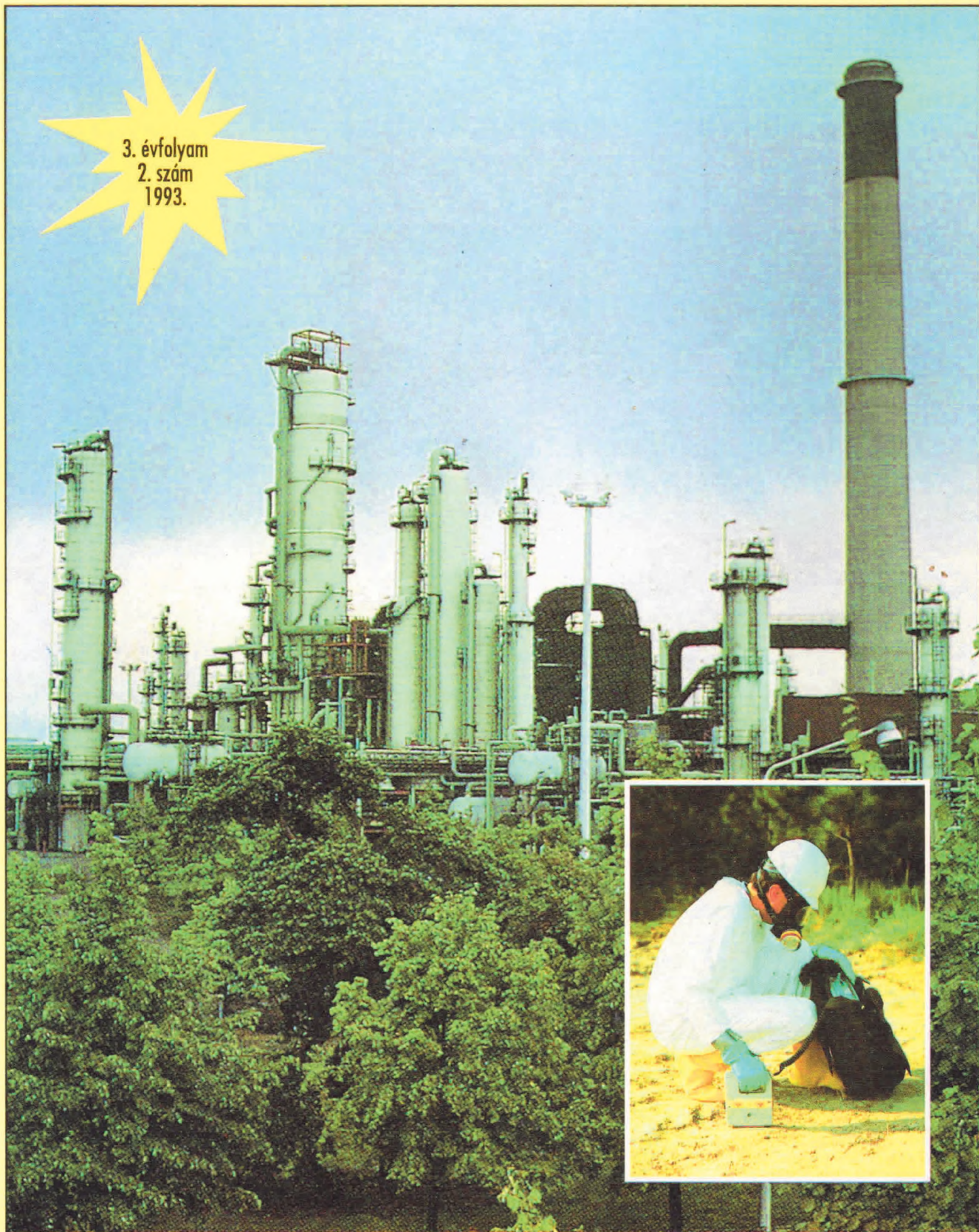


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

3. évfolyam
2. szám
1993.



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó TESTOR BT. címén
Budapest XII., Törpe u. 8.
1538 Budapest, Pf. 528.
Telefon: 155-9886
Telefax: 155-2618

Felelős szerkesztő:
dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

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

Szerkesztő:
Moldvai Ferencné

Kiadja:
TESTOR BT.

Felelős kiadó:
Szappanos György
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1993-ra
(1-4 szám): 1.000,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, ill.
postautalványon, vagy átutalással, az
OKHB RT 214-88883/2149-9467 szá.
számán. Az előfizető csekken a
KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az
előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása
a TESTOR BT. címén, Moldvai Ferencné
szerkesztőnél.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos
Szedés-tördelés: PC-Print BT.

Ha Ön az újságban megjelenő
cikkekről bővebben kíván érdeklődni
– akár visszamenőleg is – kérjük
a hivatkozási kód szám jelölésével
szerkesztőségünket megkeresni.

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében
fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Tartalom és forma

Bizonyára első ránézésre is feltűnt a tisztelt Olvasónak, hogy lapunk neve alatt megjelent a *minőségbiztosítás – állapotellenőrzés* szalagcím is, amely e tevékenységeknek az anyagvizsgálattal való szakmai összefonódását, egymásra utaltságát fejezi ki a tipográfia eszközeivel, összhangba hozva lapunk megjelenési formáját a tartalmával, amely – lapszerkesztési ars poeticáknak megfelelően – kezdettől fogva ezt tükrözte.

Bár a tartalom és a forma egységére való törekvés követésre méltó példáival is találkozhatunk már az új, vagy régi-új tulajdonosokkal újjászerveződő vállalatainknál, de még mintha jellemzőbb lenne minőségügyben a szólam, mint a helyes döntésen alapuló – kétségtelen anyagi forrásokat is igénylő – cselekvés, amely vállalati szinten teremtené meg az európai piacra jutás, azaz a talpon maradás és az egészséges fejlődés feltételeit.

A minőségbiztosítás módszereit és eszközeit bemutató rendezvényeken megfordulva magam is tapasztaltam, hogy az egyes részterületekért felelős vállalati szakemberek fogékony érdeklődéssel és a megvalósítás reményével fogadják a problémáik műszakilag helyes és gazdaságos megoldására alkalmas javaslatokat. A megvalósítás mégis gyakran elmarad. És nem kizárólagosan az anyagi források szűkössége miatt! Hiszen megpályázható, kedvező feltételekkel igényelhető források maradnak kihasználatlanul!

Részben azért, mert a forráshoz jutás feltételei is alapvetően megváltoztak. Részben pedig azért, mert még sok vállalatnál hiányzik a minőségügy átfogó, autonóm szervezete, amely a jól átgondolt, a piaci és gazdasági elemzéssel alátámasztott minőségbiztosítási programot kidolgozná és megvalósítására döntést hozna.

Pedig a vállalat tevékenységével, az ISO 9000 sorozat megfelelőjével összhangban levő, működő és tanúsított minőségbiztosítási rendszer alapfeltétele a külföldi partnerekkel való sikeres együttműködési kapcsolatfelvételnek éppúgy mint a hazánkban is már elfogadott termékfelelősség-törvényre hivatkozva támasztott esetleges kártérítési követelések megalapozott kivédésének.

Cselekedjünk célratörően, határozottan!

Dr. Lehofer Kornél

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Dr. Nagy Gyula, Dr. Lukács János:

A terjedő repedés méretének mérési módszerei és a compliance módszer megbízhatósága fáradásos repedésterjedéskor

The measurement possibilities of crack propagation and the reliability of compliance method in case of a fatigue crack

Messmethoden der ausbreitende Riss und der Verlass der "compliance" Methode bei Ermüdungsrisssausbreitung 41

Dr. Kovács Károly:

A beton vizsgálatának sajátosságai

The characteristics of the investigation of concrete

Die Eigenarten der Betonprüfungen 45

Dr. Berke Péter, Ferencz Beatrix, Dr. Michelberger Pál:

Repülőgéphajtóművek rezgésmérése

Vibration measurement of jet engines

Schwingungsmessungen der Flugzeugsgetriebes 49

Szűcs Pál:

Nagy nyomáson és hőmérsékleten üzemelő csővezetékek állapotellenőrzése

Checking of conditions of pipe-line systems operated at high temperature and pressure

Zustandskontroll der Hochtemperatur- und Hochdruckrohrleitungen 51

Dr. Kántor Tibor:

Az optikai atomspektrometria néhány újabb módszere: oldatos vagy szilárdmintás elemzés?

New methods in optical atomic spectrometry; which way is better: analysing in solution or on solid sample?

Einige neue Methoden der optische Atomspektrometrie: Lösungs-oder Festprobenanalyse? 53

SZEMLÉ – REVIEW – RUNDSCHAU 56

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Kajdi Gyula:

Anyagvizsgálat hőelektromossággal

Non-destructive testing by means heat electricity

Materialprüfung nach dem thermo-elektrischen Prinzip 58

Dr. Lehofer Kornél:

A környezetszennyezés feltérképezése röntgenfluoreszcens elemzéssel

Mapping of the environment pollution by means XRF method

Ausmessungen der Umweltsunreinigungen mit Röntgenspektralanalyse 61

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSCHICHERUNG

Dr. Vorsatz Bruno:

Az analitikai kémia szerepe a minőségbiztosításban

The role of analytical chemistry in quality assurance

Die Rolle der analytische Chemie im Qualitätsschicherungen 63

Beregi András:

Hiteles anyagminták használatának szükségessége

The necessity of using of the cartified material samples

Benutzungsfleht der Werkstoffetalonen 65

HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN 44, 64

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

Dr. Tóth László:

Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriuma

Material Testing Laboratory of Dep. of Mechanical Technology at University of Miskolc

Materialprüfungslabor der Lehrstuhle für Mechanische Technologie von Miskolcer Universität 66

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONES – MEILENSTEINE

Dr. Tóth László:

Adalékok az anyagvizsgálat történetéhez

Contributions to the history of material testing

Beiträge zur Geschichte der Materialprüfung 68

KÖNYVISMERTETÉS – BOOK-REVIEW – BUCHBESPRECHUNG 69

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 70

A terjedő repedés méretének mérési módszerei és a compliance módszer megbízhatósága fáradásos repedésterjedéskor

Dr. Nagy Gyula* – Dr. Lukács János*

A repedést tartalmazó, ismétlődő igénybevétellel terhelt szerkezetek, szerkezeti elemek megbízható üzemeltetése szükségessé teszi a maradék élettartam becslését. A számítások elvégzéséhez nélkülözhetetlen anyagi mérőszámok fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatokból származtathatók. A vizsgálatok során mérni kell a terjedő repedés méretét (a), számlálni kell az igénybevételi ciklusok számát (N), majd számítani kell a fáradásos repedésterjedési sebességet (da/dN). Ennek birtokában, a feszültségintenzitási tényező tartománya (ΔK) segítségével megadható a fáradásos repedésterjedés kinetikai diagramja ($da/dN-\Delta K$), számíthatók az azt leíró összefüggés paraméterei.

A terjedő repedés méretének mérésére különböző módszerek terjedtek el. Ennek okai a próbatetek/szerkezetek anyagának, méretének különbözőségében, a repedésméret meghatározásának igényelt pontosságában, a repedésterjedés különböző körülményeiben (pl. hőmérséklet, közeg), a repedéskövetés automatizálásának szükségességében, valamint az adatfeldolgozás, adatkiértékelés metodikájában keresendők [1, 2]. A módszerek között természetesen vannak elterjedtebbek (pl. compliance módszer) és kevésbé gyakran alkalmazottak (pl. Barkhausen-zajt mérő módszer) is.

Az előzőek alapján közleményünk célkitűzései az alábbiakban fogalmazhatók meg:

- a terjedő repedés mérete mérési módszereinek áttekintése, a leggyakrabban alkalmazott módszerek rövid bemutatása,
- a compliance módszer alkalmazásához szükséges szétnyílás-repedésméret összefüggés meghatározása adott helyen elhelyezett szétnyílásmérő esetén,
- a fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatok során, a mérés reprodukálhatóságáról szerzett tapasztalatok közreadása.

A terjedő repedés méretének mérési módszerei

A terjedő repedés méretének mérési módszerei két nagy csoportba sorolhatók, a felületi repedésméretet szolgáltatató és az átlagos repedésméretet adó módszerek közé.

Felületi repedésméretet szolgáltatató módszerek:

- optikai módszer [1, 3],
- repedésnövekedést mérő szenzor alkalmazása [4],
- indirekt villamos potenciáleséses módszer [3, 5],
- örvényáramos módszer egyik változata [2].

Átlagos repedésméretet adó módszerek:

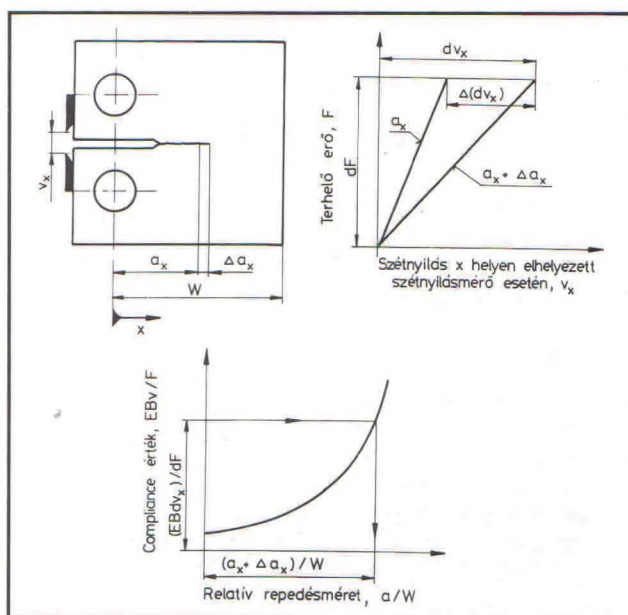
- compliance (reciprok rugóállandó) módszer [1, 6],
- direkt villamos potenciáleséses módszer [1],
- örvényáramos módszer másik változata [2],
- a terhelés aszimmetria tényezőjének változtatása [7],
- a próbatest hátfelületi összenyomódásának mérése (Back Face Strain) [8],
- a repedéscsúcs környezete nyúlásának mérése (Crack Trip Strain Measurement) [9],
- ultrahangos módszer [10],
- akusztikus emissziós módszer [11, 12],
- Barkhausen-zaj alapján mérő módszer [13, 14],
- a repedésfront hevítéssel való elszínezése [15].

A felsorolt módszerek közül legszélesebb körben is leggyakrabban az optikai, a compliance és a villamos potenciáleséses módszert alkalmazzák, ezért a következőkben csak ezekre térünk ki. A többi módszer elvét, alkalmazási területeit, előnyeit és hátrányait a hivatkozott források, valamint a [16] munka ismerteti.

Az optikai módszerrel [1, 3] a repedésméret változását a próbatest felületére felvitt és/vagy az érzékelő eszközön rendelkezésre álló skála segítségével követhetjük. Ez történhet szabad szemmel vagy nagyítás útján, a próbatest egyik vagy mindkét oldalán. A nagyított, kétoldali re-

déskövetés, különösen vastagabb próbatetek esetén megbízhatóbb. A módszer előnye, hogy egyszerűen kivitelezhető, nem igényel kalibrálást, s a vizsgált anyagnak nem kell idealizált (pl. legyen lineárisan rugalmas) vagy a vizsgálat fizikai elvéből adódó (pl. legyen ferromágneses) feltételeknek megfelelnie. A módszer hátránya, hogy szubjektív elemeket hordoz, a próbatest felületét a repedéscsúcs láthatósága érdekében megfelelően elő kell készíteni, a felgyorsult folyamatok nehezen vagy alig követhetők, s az automatikus adatregisztráció sem oldható meg.

A compliance (reciprok rugóállandó/rugómervség) módszer [1, 6] azon alapul, hogy a próbatest merevsége a repedés méretének változásával a repedésterjedés során változik, ami a kalibrációs görbe ismeretében felhasználható a repedés méretének meghatározására. Adott típusú és geometriájú próbatest esetén a mérés (kalibrálás) elrendezését, az erő-szétnyílás ($F-v_x$) függvény változását és a kalibrációs görbét az 1. ábra mutatja.



1. ábra A terjedő repedés méretének mérése compliance módszerrel

A pillanatnyi repedésméret a vizsgálat során, egy adott (x) helyen elhelyezett szétnyílásmérő esetén, a próbatest jellemző mérete (W), vastagsága (B) és anyagának rugalmassági modulusza (E) ismeretében az

$$v_x = \left(\frac{EBdv_x}{dF} + 1 \right)^{-1/2} \quad (1)$$

mennyiségből az

$$\frac{a}{W} = c_0 + c_1 v_x + c_2 v_x^2 + c_3 v_x^3 + c_4 v_x^4 + c_5 v_x^5 \quad (2)$$

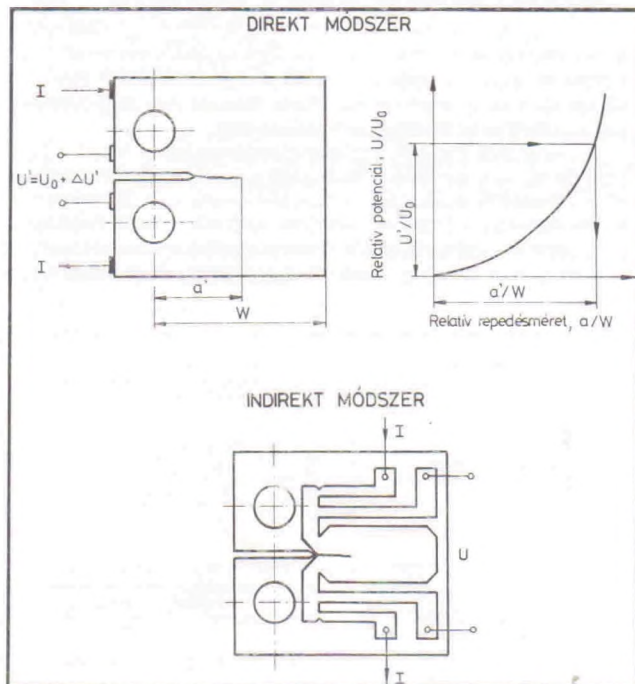
összefüggéssel meghatározható. A $c_0, \dots, c_5$ állandók a próbatest típusától, geometriájától és a szétnyílásmérés helyétől függenek. A leggyakrabban alkalmazott mérési helyeken (erő határvonalra, próbatest homlokfelületére) érvényes értékeik közleményekben megtalálhatók, illetve az ezektől eltérő mérési helyekre átszámíthatók [17, 18]. Az átszámítások megbízhatóságáról a források alig, vagy egyáltalán nem közölnek információkat.

A compliance módszer előnye, hogy különleges (pl. alacsony/magas hőmérséklet, közeg) között is viszonylag alacsony költségigényű, a próbatest vizuális megfigyelésére nincs szükség, s könnyen automatizálható [19], így számítógéppel vezérelt vizsgálatokhoz gyakran alkalmazzák [20, 21, 22]. A módszer hátránya, hogy kalibrálást igényel, mérőeszköze

* Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, Miskolc

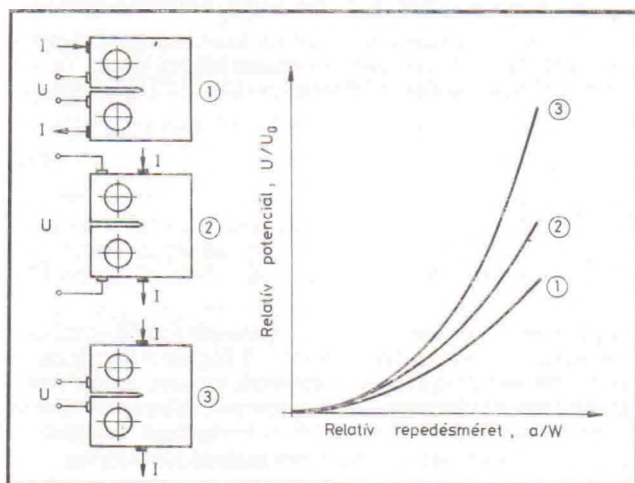
sérülésveszélyes, továbbá nagyobb képlékeny alakváltozások, s így egyes anyagminőségek esetén nem megbízható.

A villamos potenciálasses módszer során egyen- vagy váltakozó áramot (I) [1, 3, 5, 23] vezetnek a próbatesten át, s mérik villamos ellenállásának változását a feszültségváltozás (U) segítségével. Az ellenállás a repedésterjedés során, az ép keresztmetszet csökkenése következtében változik, ami kalibrációs görbe segítségével alkalmas a repedés méretének meghatározására. A módszer direkt változata esetén a feszültségváltozást közvetlenül a próbatesten mérik, indirekt változata esetén pedig a próbatestre ragasztott fémfóliában. A két változat elrendezését és a direkt változatra jellemző kalibrációs görbét a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra A terjedő repedés méretének mérése villamos potenciálasses módszerrel.

A direkt változat előnye, hogy viszonylag egyszerűen kivitelezhető, könnyen automatizálható, különleges körülmények között és három dimenziós repedésfrontok esetén [24] is alkalmazható. Hátránya, hogy kalibrálást, villamosan szigetelt próbatestet igényel, s a sok – a vizsgált anyagminőségre, illetve a mérési körülményekre visszavezethető – befolyásoló tényező nehezíti a pontos és megbízható mérést. Erre egy példát a 3. ábrán mutatunk be [1].



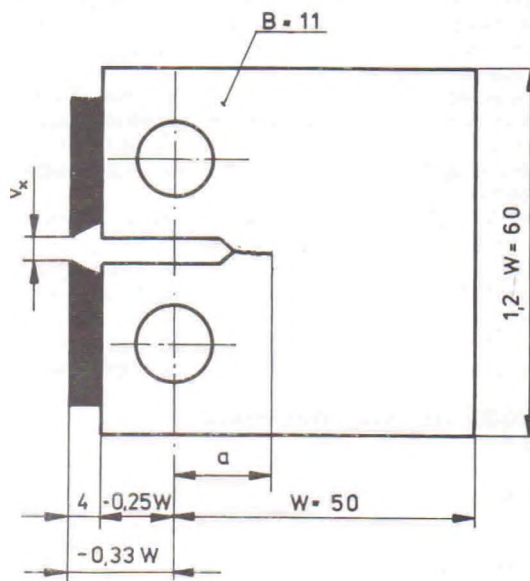
3. ábra A kalibrációs görbe és az árambevezetés, illetve a feszültségmérés helyének kapcsolata (elvi ábra) [1]

Az indirekt változat legfőbb előnye, hogy villamosan nem vezető anyagok esetén is alkalmazható, s hogy a repedésméret és a feszültség között az összefüggés lineáris.

A terjedő repedés méretének mérésére alkalmas módszereket összevetve kijelenthető, hogy a próbatest alakjának, méretének, a vizsgált körülményeinek stb. függvényében különböző módszerek alkalmazása lehet előnyös (optimális). Minden szituációra egyformán megfelelő módszer ebből következően nem ajánlható. A módszerek két nagy csoportját összehasonlítva megállapítható, hogy – az esetek többségében nem egyenes repedésfrontból adódóan – az átlagos repedésméretet szolgáltató módszerek adnak megbízhatóbb eredményt. Különösen igaz ez aszimmetrikus repedésfrontok kialakulásakor, amelyek egyes esetekben (pl. hegesztett kötések vizsgálata) elkerülhetetlenek.

Vizsgálatok

A compliance módszer alkalmazásához szükséges (2) összefüggés együtthatóinak meghatározása, valamint a mérés reprodukálhatóságának megítélése érdekében végzett vizsgálatokhoz 37 C anyagminőségű (MSZ 6280) CT próbatestet használtunk. A próbatestek geometriáját a 4. ábra mutatja, amelyen feltüntettük a mérőcsőrök helyét és méretét is.



4. ábra A vizsgálatokhoz használt CT próbatestek geometriája

Az állandó terhelésamplitúdójú repedésterjedési sebesség vizsgálatokat MTS 312 típusú elektrohidraulikus anyagvizsgáló berendezésen, szobahőmérsékleten és levegőn, szinuszos alakú fárasztási függvény szerint végeztük, $R = 0.1$ -es terhelés aszimmetria tényezővel. A vizsgálatok során mértük a repedés méretét optikai módszerrel, ezzel egyidejűleg X-Y íróra rajzoltuk az erő-szétnyílás diagramot és számítottuk az igénybevételi ciklusokat. A megfelelő pontossággal mérhető repedésméret és a próbatest jellemző méretének viszonya mind a kilenc próbatest esetén a

$$0,2 \leq \frac{a}{W} \leq 0,65 \quad (3)$$

intervallumba esett.

A vizsgálatok második szakaszában újabb nyolc próbatesten végeztünk repedésterjedési sebesség vizsgálatot, a már ismertetett körülmények között. E vizsgálatok eredményeit használtuk fel a reprodukálhatóság elemzéséhez.

Eredmények és értékelésük

Elsőként a [17] közleményben ismertetett adatok és összefüggések segítségével meghatároztuk (átszámítottuk) a (2) kifejezés $c_0, \dots, c_5$ együtthatóit, a vizsgálatainknak megfelelő, $x = -0.33 W$ -nál elhelyezett szétnyílásmérő esetére.

Második lépésben a kilenc próbatesten elvégzett mérés adatainak (optikai úton mért repedésméret, erő-szétnyílás diagram) értékelésével,

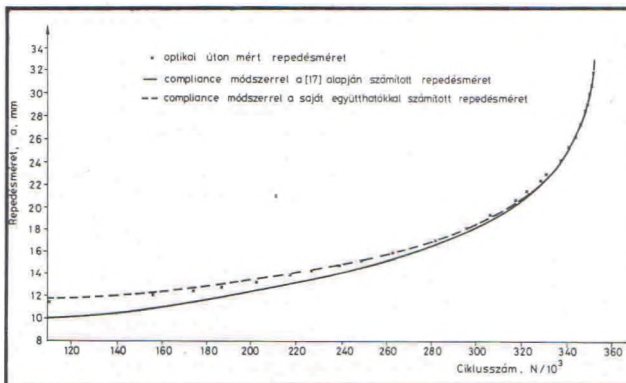
IBM PC számítógépre írt program segítségével, szintén meghatároztuk a (2) összefüggésben szereplő állandókat. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat.

A (2) összefüggés állandói a [17] irodalom és az elvégzett vizsgálatok alapján

Állandó	Forrás	
	[17] irodalom	saját vizsgálatok
C ₀	1.0023	0.9978
C ₁	-5.0088	-5.1252
C ₂	26.5549	26.5929
C ₃	-364.7542	-321.8754
C ₄	2011.998	1554.006
C ₅	-3914.669	-2397.107

A harmadik lépésben az összefüggések alkalmazhatóságának megítélésére, az újabb nyolc próbatesten elvégzett fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálat eredményeit használtuk fel. Itt az optikai úton mért és a compliance módszer segítségével számított repedésméretek hasonlítottuk össze. Az adatok részletes értékeléséből megállapítottuk, hogy az optikai úton mért és a compliance módszerrel számított repedésméretek közötti relatív hiba általában 5 %-nál kisebb volt, ha a saját mérésekből meghatározott számító összefüggést használtuk fel. Néhány esetben – főleg a kisebb repedésméreteknel – a relatív hiba 5–10 % közé esett. Abban az esetben, ha a [17] irodalom adatainak felhasználásával meghatározott összefüggést használtuk, a relatív hiba a kisebb repedésméreteknel 10–20 % közé eshetett. Ezt szemlélteti egy próbatest esetén az 5. ábra.



5. ábra Az optikai úton mért és a compliance módszerrel, különböző együtthatókkal számított repedésméret-igénybevételi ciklusszám görbék

Az értékelés utolsó fázisában az azonosság és a reprodukálhatóság vizsgálatát kiterjesztettük a fáradásos repedésterjedés kinetikai diagramjának középső szakaszát leíró Paris-Erdogan összefüggés [25] kitevőjére (n). A széles körben alkalmazott formula az alábbi:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^n \quad (4)$$

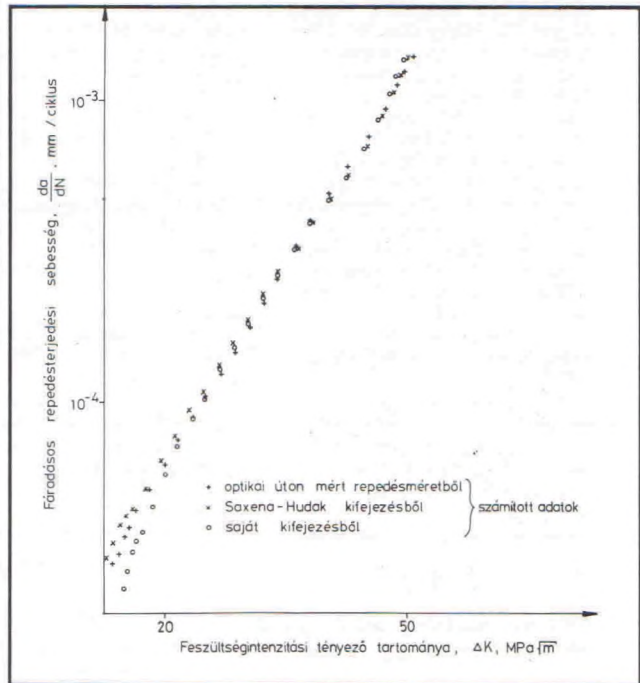
Az n értékét az optikai úton mért és a kétféle módon szétnyílásmérésből számított repedésméretek segítségével egyaránt meghatároztuk. A kinetikai diagramokban jelentkező eltérésekre a 6. ábrán mutatunk be egy példát.

A különböző módon meghatározott n értékek azonosságát az ismeretlen elosztású alapsokaság esetén alkalmazható Wilcoxon-próba segítségével [26] hasonlítottuk össze. A kis minták esetére érvényes próbát elvégezve, $\epsilon = 0.05$ kétoldali szignifikanciaszinten, azt kaptuk, hogy azok azonosnak tekinthetők. A kitevő (n) meghatározásának reprodukálhatóságát kifejező variancia (szórás) együttható értékében sem találtunk lényeges eltérést, amit a 2. táblázat mutat.

2. táblázat

A különböző módon meghatározott n értékek, mint statisztikai minták legfontosabb jellemzői

Jellemző	A meghatározásnál alkalmazott módszer		
	optikai	[17] irodalom	saját vizsgálatok
átlag	3.35	3.30	3.47
szórás	0.306	0.261	0.307
variancia együttható, %	9.14	7.91	8.84



6. ábra A fáradásos repedésterjedés kinetikai diagramja az optikai úton mért és a compliance módszerrel, különböző együtthatókkal számított repedésméretek esetén

Megemlítjük, hogy ugyanezen anyagminőség, összesen 32 próbatest eredményeit tartalmazó statisztikai mintájának átlaga 3.444-re, variancia együtthatója pedig 9.13 %-ra adódott.

Következtetések

A közlemény célkitűzéseit és az elvégzett vizsgálatokat, azok eredményeit és értékelésüket figyelembe véve, az alábbi következtetések fogalmazhatók meg:

– A terjedő repedés méretének mérésére alkalmas módszerek közül az átlagos repedésméretet szolgáltatók megbízhatóbbak mint a felületi repedésméretet adók, ezért azok alkalmazása célszerű. Nem lehet azonban a lehetséges módszerek közül egyetlen alkalmazását sem általánosan elfogadhatónak tekinteni.

– Az elvégzett fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatok során az optikai és a compliance módszerrel mért repedésméretek különbsége általában kisebbre adódott, mint a mért értékek 5 %-a. Néhány egyedi esetben, elsősorban kisebb repedésméreteknel, 20 %-os relatív hibát is mértünk, ami a vizsgálat kezdeti szakaszának gondos értékelésére hívja fel a figyelmet.

– Körültekintően elvégzett fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatoknál a repedésméret mérésének optikai vagy compliance módszere azonos reprodukálhatóságot biztosít.

– A repedésméret mérésének módja nem befolyásolja szignifikánsan a Paris-Erdogan összefüggés kitevőjének értékét.

932 041 001 107

Irodalom

- [1] Schwalbe, K.-H.: Test Techniques. 5th International Conference on Fracture (5th ICF), Cannes, France, 29 March-3 April 1981. Ed.: Francois, D., Pergamon Press, 1981, Advances in Fracture Research, Volume 4, pl. 1421-1446.
- [2] Metals Handbook. Ninth Edition. Volume 8, Mechanical Testing, American Society for Metals, 1985.
- [3] Dobí, D.: Az acélok fáradt repedés sebesség meghatározása a Ravnei Nemzeti szakkönyvtárban. IV. Országos Törésmechanikai Szeminárium, Miskolc-Lillafüred, 1991. április 10-12. Közlönygyűjtemény, pl. 1-10.
- [4] Katalog 500. Teil A-DMS-Katalogisierung. Measurement Group Messtechnik GmbH, 1988. p. 78-79.
- [5] Fractomat und Krak Gages. Gyártmányismertető. RUMUL Russenberger Prüfmaschinen AG, Neuhausen am Rheinfall, Switzerland, p. 1-4.
- [6] Duggan, T.V.; Proctor, M.W.: Measurement of Crack Length from Changes in Specimen Compliance. The Measurement of Crack Length and Shape During Fatigue and Fatigue. Ed.: Beevers, C.J. EMAS, Ltd., Warley, 1980. p. 1-27.
- [7] Truchon, M.; Lieurade, H.-P.: Experimental Study of Surface Crack Propagation in an E 36 Steel. 5th International Conference on Fracture (5th ICF), Cannes, France, 29 March-3 April 1981. Ed.: Francois, D., Pergamon Press, 1981, Advances in Fracture Research, Volume 1, p. 33-39.
- [8] Richards, C.E.; Deans, W.F.: The Measurement of Crack Length and Load Using Strain Gauges. The Measurement of Crack Length and Shape During Fatigue and Fatigue. Ed.: Beevers, C.J. EMAS, Ltd., Warley, 1980. p. 28-68.
- [9] Curry, D.A.; Milne, I.: The Detection and Measurement of Crack Growth during Ductile Fracture. The Measurement of Crack Length and Shape During Fatigue and Fatigue. Ed.: Beevers, C.J. EMAS, Ltd., Warley, 1980. p. 401-434.
- [10] De Vadder, D.; Perky, Y.; Francois, D.: A New Ready-to-use Apparatus for Accurate Measurements on Fatigue Specimens. 10th Congress on Material Testing, Budapest, 1991. október 7-11. Ed.: Czoboly, E. GTE, Budapest, 1991. pl. 633-638.
- [11] Lindley, T.C.; McIntyre, P.: Application of Acoustic Emission to Crack Detection and Measurement. The Measurement of Crack Length and Shape During Fatigue and Fatigue. Ed.: Beevers, C.J. EMAS, Ltd., Warley, 1980. p. 285-344.
- [12] Pellionisz, P.: Akusztikus emissziós vizsgálat. II. rész: Alkalmazási területek. Anyagvizsgáló Lapja. (1) 1991/3. p. 79-81.
- [13] JIEVA, Vol. 3, No. 4, July 1978. p. 289-291.
- [14] Posgay, Gy.: Ferromágneses anyagok vizsgálata Barkhausen-zaj mérésével. Anyagvizsgáló Lapja, (1) 1992/1. p. 26-28.
- [15] ASTM E 813-89: Standard Test Method for J_{IC}, A Measure of Fracture Toughness.
- [16] Richards, C.E.: Some Guidelines to the Selection of Techniques. The Measurement of Crack Length and Shape During Fatigue and Fatigue. Ed.: Beevers, C.J. EMAS, Ltd., Warley, 1980. p. 461-468.
- [17] Saxena, A.; Hudak, S.J.Jr.: Review and Extension of Compliance Information for Common Crack Growth Specimens. International Journal of Fracture, Vol. 14, No. 5, October 1978. p. 453-468.
- [18] Shang-Xian, W.: Crack Length Calculation Formula for Three Point Bend Specimens. International Journal of Fracture, Vol. 24. 1984. pl. R33-R35.
- [19] Abbott, K.R.; Doig, P.: A Microcomputer Control System for the Measurement of Fatigue Crack Growth Data. Engineering Fracture Mechanics, Vol. 23. No. 6. p. 965-976. 1986.
- [20] 759 TestWare, 759.04 Crack Growth Test. MTS Systems Corporation, Software Version 1.02A. MTS Document Number: 115725-02A. Minneapolis, Minnesota, 1988.
- [21] Instron 2490 Series Application Program. Crack Propagation Program. Cat. No. 2490-085. Manual No. M22-12490-10. Instron Corporation, 1989.
- [22] Computer Aided Test System (CATS). Bulletin CATS 24-5M. SATC Systems Inc., Grove City, PA. p. 1-20.
- [23] Koula, V.; Kunt, H.: Stabel Crack Growth Detection by AC Potentiometric Method. 8th Congress on Material Testing, Budapest, 1982. szeptember 28-október 1. OMIKK-TECHNOINFORM, Budapest, 1982. Lectures, II. Volume p. 474-478.
- [24] Bauding, G.; Policella, H.: Progress in Potential Drop Technique. Application to Three-dimensional Crack Fronts. 5th International Conference on Fracture (5th ICF), Cannes, France, 29 March-3 April 1981. Ed.: Francois, D., Pergamon Press, 1981, Advances in Fracture Research, Volume 4, p. 1954-1964.
- [25] Paris, P.; Erdogan, F.: A Critical Analysis of Crack Propagation Laws. Journal of Basic Engineering, Transactions of the ASME, December 1963. p. 528-534.
- [26] Balogh, A.; Dukát, F.; Sallay, L.: Minőségellenőrzés és megbízhatóság. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

HÍREK

2nd Seminar: Workshop Teaching and Education in Fracture and Fatigue

Miskolc–Tapolca, 1993. március 12–13.

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke a Bécsi Műszaki Egyetemmel közösen szervezte meg a fáradás és törés területéhez kapcsolódó képzéssel, oktatással foglalkozó szakemberek találkozóit. E rendezvényen hazánkkal együtt 12 ország képviseltette magát vezető szakembereivel. (Izrael, Franciaország, Hollandia, Anglia, Spanyolország, Németország, Ausztria, Szlovákia, Jugoszlávia, Ukrajna, Lengyelország.) A mintegy 45 résztvevő igazán családi légkörben vitatta meg egyrészt az oktatási tapasztalataikat, mind a tematikát, mind pedig annak módszertanát, másrészt a jövőbeni összehangolt, közös cselekvési irányokat. Az előadók közül nehéz kiemelni bármelyiket is, hisz ez teljesen önkényes lenne. Általános megalapításként a következők fogalmazódtak meg:

- a törés és fáradás területén hiányzik az igazán jól megszerkesztett, zsebkönyvként használható könyvsorozat;
- az oktatás nagyon fémcentrikus, hiányzik az átfogóbb szemléletmódot tükröző oktatási anyag (nemfémes anyagok, kompozitok, műanyagok, kerámiák, üvegek, kőzetek, beton);
- a posztgraduális képzés területén az összefoglaló és szintetizáló szerkezeti integritás irányába célszerű erősíteni oktatásunkat;
- oktatásmódszaki kérdésekre nagy súlyt kell fektetni a gyors és szemléletes megértés érdekében;
- nemzetközi szakmai szervezetekben célszerű kezdeményezni oktatással foglalkozó szakbizottság létrehozását (mind az ESIS-ben, mind pedig az ICF-ben – ez utóbbi kongresszusa Kievdben lesz ez év júniusában, ahol e javaslat betervezésére kerül);
- a távoktatás is helyet kaphat az e területen folyó képzésben akkor, ha a megfelelő minőségű és mennyiségű oktatási segédlet rendelkezésre áll (erre nézve az Open University jelen lévő két szakembere előadásban kitér, bemutatva az oktatási rendszerük felépítésén kívül az egyik speciális

Failure of Stressed Materials – kurzusuk anyagait, amelyek a Mechanikai Technológiai Tanszéken megtalálhatók):

- a konferencia-sorozat folytatására általános igény van.

A hazai tapasztalatokat a Budapesti Műszaki Egyetem és a Miskolci Egyetem oktatói foglalták össze. Az OMFb Mecénázta pályázat nyújtotta segítség lehetővé tette azt, hogy a hazai szakemberek részvételi díj nélkül látogathassák az előadásokat.

A konferencia nemzetközi aktualitását jól jellemzi az, hogy a szakmai körökben igen nagy nemzetközi elismertségű folyóirat, a *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures* (az ESIS hivatalos lapja) évente egy külön számot az oktatás kérdéseire kíván fordítani.

Dr. Tóth László

Modern mérés-technika és minőségbiztosítás

Ez év február 9–12. között tartotta meg a Modern méréstechnika és minőségbiztosítás című szakkiallítást a PT Precíziós Technika Kft.

Száz különböző termékkel bővült az egyébként is gazdag eszköztár: az érzésség- és profilmérés teljes palettájával a német Hommel cégtől, valamint az egyedülálló pontos Helicon típusú mérőgéppel, amely az idomszerek és mérőeszközök nagy pontosságú kalibrálására szolgál; gyártója az ugyancsak németországi Helios cég.

Mindezek bemutatása a PT Precízió Technika Kft. klimatizált kalibráló laboratóriumában történt, ahol 20 °C hőmérsékleten tartva mind a mérőberendezéseket, mind a mérendő eszközöket garantáltan minőségi munka végezhető. Nagy érdeklődés kísérte a kiváló minőségű hossz mérő eszközöket is, valamint az érintésmentes mérőtechnikát: a pneumatikus mérőszközök alkalmazását.

Bemutatták ezen kívül a fejlett autópárban már elterjedt, az indukzív tapintók és elektronikus oszlopos kijelzők segítségével mérő eljárásokat, amelyek 0.0001 mm (egyzüed mikron) felbontás mellett a gyártási folyamatba beépítve is kiváló stabilitást biztosítanak.

Mindezeket az eszközöket kiegészítették a keménység-, rétegvastagság- és hőmérsékletmérők.

A kiállítás súlyponti témája volt az ISO 9000 szabvány-sorozathoz illeszkedő számítógéppel támogatott minőségbiztosítási rendszer (CAQ), a gyártásközi SPC, amellyel a beérkező idegenár, valamint a kimenő minőségbiztosítási feladatai megoldhatók.

Arendszeri ipari számítógéphez csatolt mérőeszközök alkalmazásával mutattuk be az érdeklődő csoportok számára videóval kibővített előadás keretében

Ugyancsak csoportos bemutató keretében ismerhetők meg a látogatók a Mercedes-Benz Autógyár által kifejlesztett és magyarra fordított MAXIMO 3 számítógépes üzemelteli és karbantartási szoftvercsomagot.

Bemutatásra került a DIN-BUS nagy zavarvédetségű, soros adatgyűjtő rendszer is, melynek segítségével megvalósítható elektronikus jelforgalom (pl. mérési adatgyűjtés). A DIN előírásait kielégítő rendszer a német CS Computersystem cég terméke.

Megítisztelte látogatásával a kiállítást az OMH részéről Tomanyiczka Kálmán úr, valamint az OMFB részéről Mokri J. Ferencné és Jerszabek Lajos, továbbá MH MITI-től Bán József igazgató úr munkatársaival.

Székecsy István

Korszerű anyagelemző készülékek

A Testor BT. március 9-én szakmai bemutatót és tapasztalatcserét szervezett, melyen közreműködött a finn Outokumpu Instruments export menedzsere is. A résztvevők üzem közben ismerkedhettek meg az **ARC-MET 900 mobil, optikai emissziós spektrométer** és az **X-MET 880 hordozható röntgen-fluoreszcens analízátor** előnyös tulajdonságait, amit a magukkal hozott fémminták elemzési eredményei is alátámasztottak. (A készülékekről lapunk 1991/3. és 1992/1. számaiban olvashatnak ismeretést.)

Mivel a helyszíni szerelések és karbantartások minőségbiztosítása, az anyagkeveredések okozta károk megelőzése, az elfekvő anyagkészletek és hulladékok hasznosítása megköveteli a gyors, megbízható és gazdaságos anyagösszetétel-ellenőrzést, ezért a Testor felvette terméklistájába ezen korszerű eszközöket.

A beton vizsgálatának sajátosságai

Dr. Kovács Károly

A beton anyagtani jellemzői

A beton az a szerkezeti anyag, amit a legnagyobb mennyiségben állítanak elő az építőiparban és az előállított mennyiség nagy részét in situ készítik, nagy felelősséget hárítva a beton összetételét és feldolgozását tervező- irányító vezetőre.

A beton tehát tömegtermék, ezért a helyi olcsó adalékanyagokat kell felhasználni, amelyek a legtöbb esetben eredeti állapotukban nem ideális összetételűek, azaz szemcsészetük méreteloszlása nem biztosítja a tervezett betontulajdonsághoz szükséges optimális összetételt. A legtöbb esetben ezért a szemcsészet méreteloszlásának megváltoztatására is szükség van. Az ideális szemcseloszlás kialakításánál figyelembe veszik a tervezett beton funkcióját, a helyi lehetőségeket (adalékanyag osztályozása, beton bedolgozás stb.).

Betonon általában a cement kötőanyagú, szilárd, szemcsés adalékanyagú, kőszzerű rideg anyagot értjük; meg kell azonban jegyezni, hogy egyre nagyobb mennyiségben alkalmaznak más kötőanyagokat is a szemcsés anyagok megkötéséhez. Elsősorban a műgyanta kötőanyag jöhet számításba. Ezt a rendszert polimerbetonnak (PC) nevezzük.

Igen elterjedten használják a vegyes kötőanyagú betonokat is, mert ezek egyesítik a cement- és a polimerkötés előnyeit (PCC rendszerek). A pótlólagos kötőerő kialakítására használják a polimerrel impregnált betonokat (PIC).

A betonok ideális szemcseméret-eloszlása függ a kötőanyag fajtájától is.

A betonok tulajdonságai nagymértékben függenek a testsűrűségi, -tömörégi viszonyaitól. A testsűrűség kialakulásában jelentős szerepe van az alkalmazott adalékanyag sűrűségének, testsűrűségének, a kötőanyag mennyiségének, a bedolgozási technológiának stb.

Testsűrűség szempontjából megkülönböztetünk *normál betont* (egyszerű betont), amelynek a jele C (Concrete) és testsűrűsége 2001–2500 kg/m³; *könnyűbetont* (LC), testsűrűsége 601–2000 kg/m³ között (teherbíró könnyűbeton), ill. 200–600 kg/m³ között (hőszigetelő könnyűbeton); továbbá 2501 kg/m³ feletti testsűrűségnél *nehézbetont* (MSZ 4719). A továbbiakban elsősorban csak a cementkötésű betonok tulajdonságait tárgyaljuk, mert döntő többségben ezeket alkalmazzák. A beton kötőanyaga tehát a cement. Ez víz hatására köt és szilárdul. A kötés 1,5–2 órával a víz hozzáadása után kezdődik, illetve válik érzékelhetővé, és kb. 12 óra elteltével fejeződik be, (kb. 20 °C-on), amikor a beton az ún. zöldszilárdságát nyeri el (zöldes árnyalatú szürke színű). Ezután hosszú időn át szilárdul. A minősítési szilárdságát 28 napos korban adják meg. A beton azonban tovább szilárdul legalább 90–100 napos korig. A hőmérséklet emelkedésével a szilárdulási folyamat siettethető (gőzöléses technológia), azonban ilyenkor a beton szövetszerkezete kedvezőtlenül megváltozik.

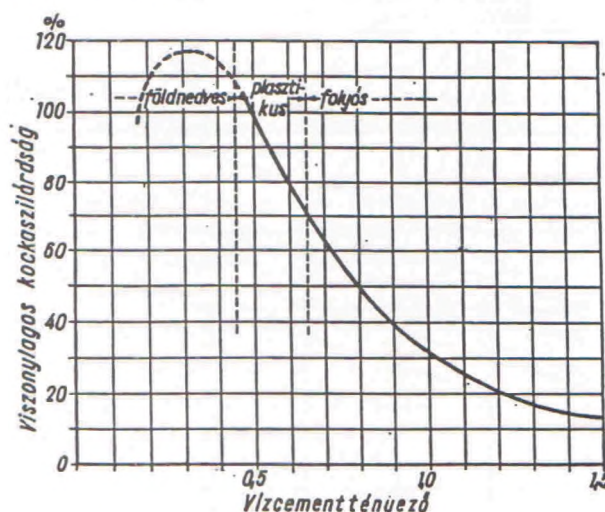
A beton szövetszerkezete e kor eltelte után is változik, pl. a felületi kérge a levegő szén-dioxidját megkötö, karbonátosodik, ami által keményebbé válik. Ez zavarja az idősebb korú betonok szilárdsági megítélését és bonyolult átszámításokat igényel az eredeti minőség megítéléséhez.

A beton szilárdsága, de egyéb tulajdonságai is erősen korfüggőek, amit mindig figyelembe kell venni. Ezt a változást erősen befolyásolja a környezet (a klíma és a korróziós közeg). A változás szemrevételezéssel nehezen észlelhető.

A szövetszerkezetre jellemző, hogy többé-kevésbé kapilláris-pórusos. Ez abból adódik, hogy a friss betont nem lehet annyi vízzel tömör állapotúra bedolgozni, mint amennyi a cement kémiai kötéséhez és szilárdulásához elegendő volna. A feleslegben adagolt víz a kötés lejátszódása közben a rögzülő cementszemcsék között pórusokat alakít ki, amiből a hidratációs hő hatására a betontest felülete felé távozik, s ezáltal összefüggő kapilláris hálózattal alakít ki. A szövet-szerkezet e kapilláris rendszer folytán egész tömegében érzékeny a

külső behatásokra. Nyilvánvaló az is, hogy a kapilláris pórusok a vizet újból képesek visszaszívni, s a környezet nedvességtartalmától függően a beton különbözőképpen telítődik vízzel.

Természetesen mindenfajta pórus anyaghiányt jelent, s így a beton szilárdsága romlik. Ezért a betonozási feladat megoldásához mindig a lehető legkisebb víz/cement arányt kell alkalmazni. Ez az érték az ún. vízcement tényező. Ennek szilárdságra gyakorolt hatását az 1. ábrán szemléltetjük [1].

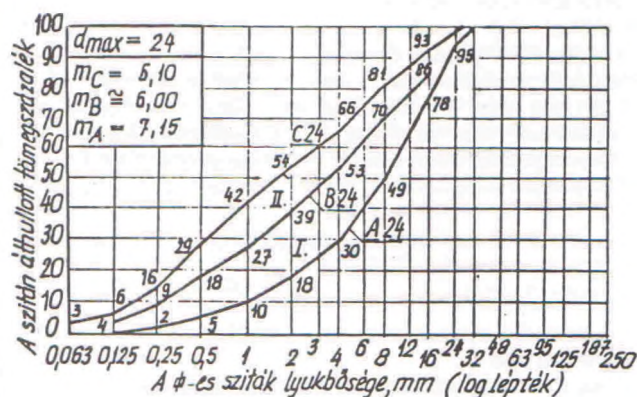


1. ábra: A vízcement tényező hatása a szilárdságra

A vízcement tényező kis értéken tartása céljából képlékenyítő, folyósító szereket adagolnak a betonba.

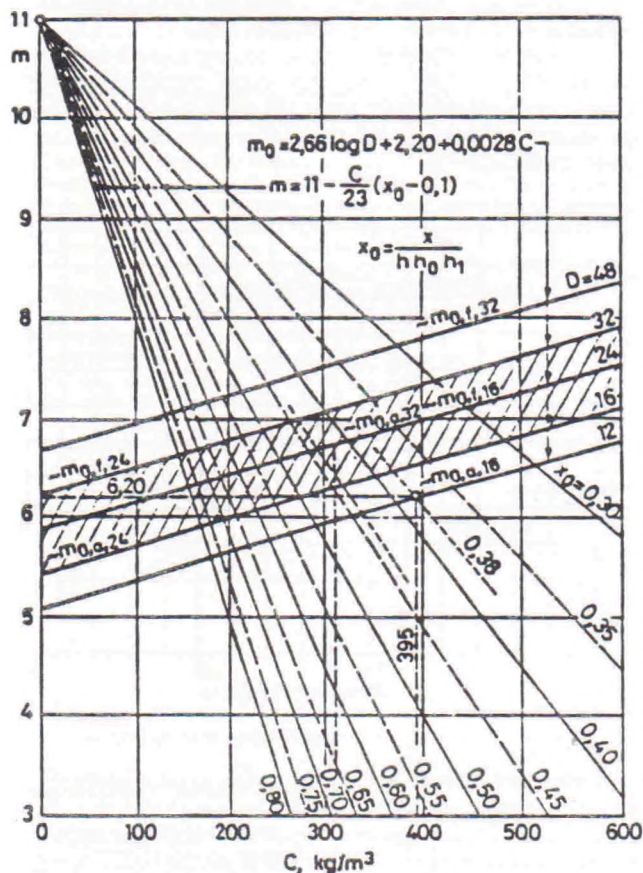
A betonok nedvességtartalma megszilárdult állapotban jelentősen befolyásolja a szilárdságot. A víz a szilikát-aluminátkötésű rendszerekben nagy szerepet játszó legerősebb másodlagos kötőerőt a hidrogénhidat lebontja, ezáltal az anyag lágyul. Vízeltett állapotban a betonra ható erők a szövetszerkezetben, mint fluidumokban minden irányban egyenletesen és gyengítetlenül terjednek, így megtalálják a leggyengébb helyeket, ahol törést okoznak. E két tényező miatt nedvesen kisebb a betonok szilárdsága, mint szárazon. A két állapot szilárdságarányát az ún. vízlágyulási tényezővel adják meg.

A betonokban lévő adalékszemcsék méreteloszlását rostálással állapítják meg és diagramon ábrázolják (2. ábra) [2].



2. ábra: Adalékanyag szemcseméret eloszlási határgörbéi

A kapott eredményeket minőségi osztályozást jelentő határgörbékkel hasonlítják össze A, B és C görbe. A görbe feletti területet a szabványos leolvasási helyek kordináta értékeinek összegzésével számítják ki, és ebből képezik az ún. finomsági modulust. Ez betontechnológiai értéket jelöl, amely megszabja az adott tervezési képleteken keresztül egy adott szilárdsági értékű, vízzáróságú stb. beton készítéséhez szükséges cement mennyiségét.



3. ábra A cementmennyiség (C), a legkedvezőbb finomsági modulus (m_0), a vízcement tényező (x_0) és a legnagyobb szemmagyság (D) összefüggése

Az összefüggés két kétszeresre egyenlettel fejezhető ki, ha a beton konzisztenciáját, a cement fajtáját az alapesetre redukáljuk. Az egyenletrendszer konkrét megoldását ritkán használjuk, mert ettől kismértékben el szabad térni a gazdaságossági és a helyi tényezőket figyelembe véve (3. ábra). Az ábrán a különböző maximális szemmagyságú adalékanyagokhoz rendelt megoldások, és a megengedett eltérési lehetőségek láthatók, [3].

Látható, hogy a beton rendkívül heterogén szerkezetű anyag, aminek kapilláris pórusos szerkezete folytán a kondíciója is nagyon befolyásolja a tulajdonságait, s azok az idővel is változnak. Vizsgálatánál ezért nagy körültekintéssel kell eljárni, s rendszerint első közelítésű jellemzése esetén sem lehet megelégedni egyszerű szilárdságvizsgálattal, hanem komplex módon kell jellemezni azt. Ezeknek a legfontosabb vizsgálatoknak az összefoglalóját adjuk közre.

Roncsolásos szilárdságvizsgálatok (MSZ 4715)

Nyomószilárdság

A beton 28 napos korában mért nyomószilárdságából felírhatjuk a minősítési jelét.

Például: C 16-32/KK-150 az MSZ 4719 szerint, újabban C 16/20 az MSZ ISO 3893:1991 szerint, ahol C = normál beton; 16 = N/mm²-ben minősítő nyomószilárdsági érték 28 napos korban Ø 150x300 mm-es hengeren mérve; 20 = N/mm²-ben a minősítő nyomószilárdsági érték

28 napos korban 200x200x200 mm-es kockán mérve 32 = a legnagyobb szemmagyság mm-ben; KK = kissé képlékeny, friss beton konzisztencia jele; f 50=50 fagyasztaási ciklusra fagyálló. Emellett jelölhető még a kopásállóság, illetve a vízzárás tervezett értéke is.

A számok és a jelek változnak a készítési és mért értékek szerint. Az MSZ ISO 3893 szerint a szilárdsági osztályok 2/2,5-től 50/55-ig változhatnak. A szilárdságot Ø 150x300 mm-es hengeren vagy 150x150x150 mm-es kockán mérhetjük.

Jelenleg még az MSZ 4719 szabvány is érvényben van és ebben az átmeneti időben megengedett a régebben szabványos 200x200x200 mm-es kockán való mérés is.

Mivel a beton heterogenitása nagyfokú és egyéb ismert okok miatt a méret és alak jelentősen befolyásolja a kapott szilárdsági értéket, ezért ezt táblázati átszámítás útján lehet a szabványos méretű próbatestre átszámolni.

A minősítési értéket az 5 %-os kifogásolható hányad (küszöbérték) figyelembevételével számítjuk az

$$R_k = R_m - k \cdot s$$

képlettel, ahol R_k = minősítő érték, R_m = átlagszilárdság (legalább 5 próbatesten mérve), k = a szilárdsági osztályhoz rendelt (ferdeségi) tényező, t = a próbaszámtól függő Student-féle tényező és s = a szórás nagysága.

A szórás figyelembe vehető értékénél az ismert, vagy ismeretlen szórás elvét alkalmazzák. (Figyelembe veszik egy gyártóhely előéleténél ismert szokásos szórásértékeket.)

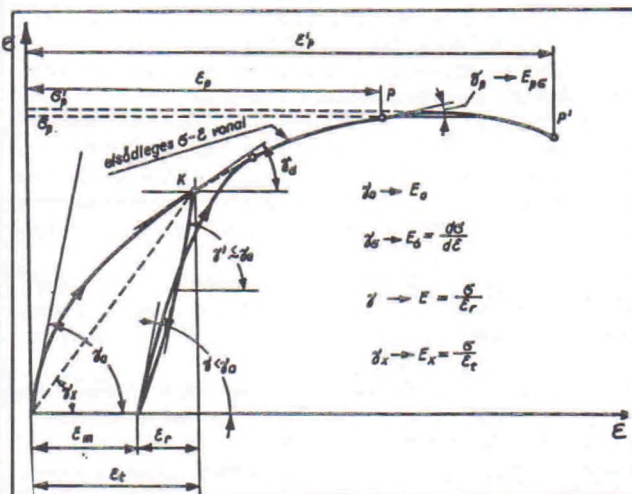
Egyéb szilárdságvizsgálatok

Az egyéb szilárdságvizsgálatok céljaira ún. komplex próbatesteket készítenek, amelyek méretei szemcse nagyságtól függően 150x150x700 mm, vagy 200x200x700 mm. Ezen a próbatesten a következő vizsgálatok végezhetők el. A próbatestet 600 mm-es távon két helyen alátámasztják, majd vonalmenti harmadpontos erővel elhajlítják. A

hajlító-húzószilárdságot az $R_{hh} = \frac{M}{K}$ képlettel számolják az M nyomatékból és a K keresztmetszeti tényezőből.

A maradék próbatedarabokon megméri a hasítószilárdságot hasítófecsként feltett közbeiktatásával, illetve a nyírószilárdságot kettős nyírósíkkal alkalmazásával az $R_{has} = 0,56 \frac{F}{A}$ ill. $R_{nyíró} = \frac{F}{A}$ képletekkel, (F az erő, A a keresztmetszet).

A tiszta húzószilárdságot piskóta alakú próbatesten méri. A piskóta szűk keresztmetszete 120x120 mm. Közvetlenül a hajlító-húzószilárdság kétszer akkora mint a tiszta húzószilárdság és kb. másfélszer akkora, mint a hasító-húzószilárdság. A nyírószilárdság a kockán mért nyomószilárdságnak mintegy 1/4-1/5 része.



4. ábra: A beton $\sigma - \epsilon$ diagramja

A nyomási rugalmassági modulus vizsgálata

Ezt a jellemzőt álló hasában, tehát a nyomószilárdság vizsgálatától elkülönített módon mérik. A hasáb közepére mind a négy oldalon felszerelt alakváltozásmérő segítségével mérik az erő hatására bekövetkezett torzulást hossz- és keresztirányban.

Mivel a beton képlékeny-rugalmas reológiai rendszer, a rugalmassági modulus meghatározásához az összes alakváltozásból le kell választani a maradék részt. Ez minden teherállapothoz más és más értékű, ezért a feltételezett törésszilárdság tízedes teherlépcsőiben haladva és tehermentesítve a különbségből állapítják meg a rugalmas alakváltozási részt, ill. a különböző alakváltozási modulusokat, 4. ábra, [1].

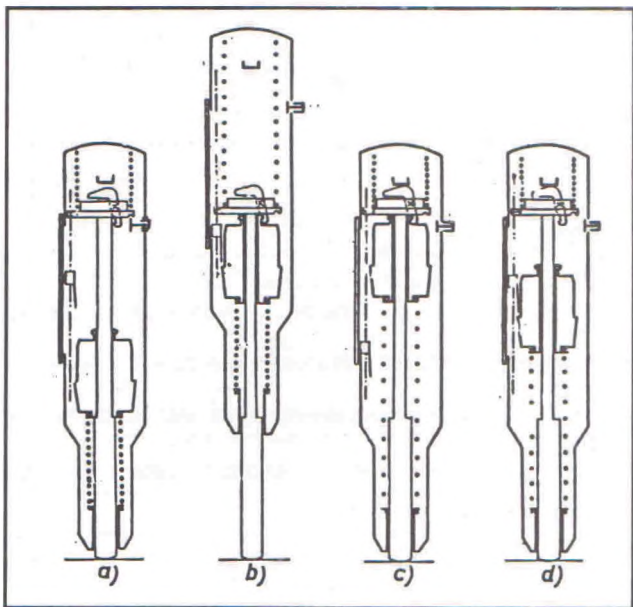
Roncsolásmentes szilárdságvizsgálatok

Láttuk, hogy a beton roncsolásos vizsgálataihoz igen nagyméretű próbatestek szükségesek. Ezeknek kellő számú kivétele egy műtárgyból sokszor nehézségekbe ütközik. Ezért alkalmazzák a roncsolásmentes, vagy a vegyes módszereket. Utóbbinál néhány roncsolásos hitelesítő mintával tájoltják be a sok helyen végzett roncsolásmentes vizsgálatok eredményeit.

A roncsolásmentes vizsgálatok csak szilárdságbecslésre alkalmasak. Problémájuk a beton igen nagy heterogenitásában rejlik. Mivel a kapott értékek erősen függnek a beton szövetszerkezetétől, anyagi felépítésétől, nedvességtartalmától stb., közvetlen szilárdságbecslésre csak akkor használhatók, ha kellő számú reprezentatív roncsolásos vizsgálattal lehet hitelesíteni azokat és ismerjük a betontechnológiai paramétereket. Két módszer használatos.

Schmidt kalapácsos vizsgálat

A vizsgálatot a felületi keménység mérésével végzik. A felületi keménység általában arányos a beton szilárdságával. Tapasztalati összefüggés alapján becslik a szilárdságot. A felületre egy speciális kézi rugós szerszámmal ütést mérnek, a keménységtől függő viszpattanás mértékét mérik, (5. ábra), [4].



5. ábra: A Schmidt-kalapács működési fázisai a, szállítási helyzet; b, felhúzott állapot; c, kioldás előtti pillanat; d, visszapattanás véghelyezete.

Mivel a beton felületén hol kavicsra, hol a cementpépre üt a kalapács az eredmények meglehetősen szórnak, ezért minimum 10–10 ütéssel jellemezhető egy hely szilárdsága. Az eredményeket a matematikai statisztika módszereivel kell feldolgozni, s a nagyszámú adat értékelése rendszerint számítógéppel végezhető. A módszer hátránya, hogy csak a betonfelület hibátlan részén alkalmazható,

márpedig sokszor a meghibásodott felületű betonrészek jellemzését kell roncsolásmentesen megadnunk. Abban az esetben, ha felmerül a gyanú, hogy a betonfelület szilárdsági értéke eltér a beton globális szilárdságától, a módszer nem alkalmazható.

Ultrahangos vizsgálat

Ismeretes, hogy a hang, így az ultrahang terjedési sebessége is függ a közeg sűrűségétől. A bevezetésben ismertettük, hogy a beton sűrűsége a kapillaris pórusok mennyiségétől függ, s ez összefüggésben van a szilárdságával.

A módszer lényege tehát az, hogy ultrahang impulzusokat bocsátanak át a betonszerkezeten, és a vastagság pontos ismerete mellett, mérik az impulzus áthaladásának idejét, majd ebből számítják a sebességét, s következtetnek a szilárdságra.

Itt is a beton nagyfokú heterogenitása és változó szövetszerkezete, illetve kondíciója a zavaró tényező, amelyek miatt a szilárdság becslése csak durva közelítéssel oldható meg. Amennyiben mód nyílik arra, hogy az adott tulajdonságú betonszerkezetből fúrással vagy egyéb módon mintát vehessünk, s annak szilárdságát roncsolásos módon vizsgáljuk, úgy a hozzárendelt ultrahangos áthaladási sebességből a szilárdság is pontosabban becsülhető.

A sebesség és a szilárdság összefüggése tehát tapasztalati függvények alapján oldható meg, amelynek együtthatói a betontechnológiai paraméterektől, a beton pillanatnyi állapotától, korától stb. függenek.

Az adatok feldolgozásánál a matematikai statisztika módszereit alkalmazzák, az eredményeket a minősítésben szokásos valószínűségi szinteken adják meg. Így pl. az 5 %-os valószínűségű küszöbgörbe egyenlete Borján [4] szerint:

$$\lg K = 2,407 - 6,8 \cdot 10^{-4} (5760 - v)$$

ahol $K = 200 \times 200 \times 200$ mm-es kocka próbatesten mért szilárdság MN/m^2

$v =$ az ultrahang terjedési sebesség, m/s

Az ultrahangos módszer alkalmas folytonossági hibák (pl.: repedések, üregek) behatárolására is.

Kisroncsolásos vizsgálatok

Külföldön a módszer terjedőben van. Lényege az, hogy a betontest elkészítésénél bebetonoznak, vagy később a betonba fúrt lyukakba beragasztanak speciális formájú acél testeket, s ezeket abból kitépik. Az ehhez szükséges erővel, illetve a törésképpel jellemzik a beton szilárdságát.

A már többször említett térbeli és időbeli heterogenitás a módszer alkalmazását megkérdőjelezi.

A beton kopási ellenállása

A beton tulajdonságai közül sok esetben ezt használjuk ki, ezért ezt gyakran kell vizsgálni, (pl.: útbetonok, ipari padlók). A vizsgálatot többféle módon lehet végezni attól függően, hogy milyen fajta igénybevétele éri a betont.

Gyakori az ún. *abrázációs módszer*, (Bauschinger-Böhme módszere). Ennél az 50 cm^2 -es felületű próbatestet meghatározott keménységű és szemcseméretű csiszolóporral szárazon, vagy nedvesen, meghatározott szorítóerővel, síkban, változtatott irányban lecsiszoljuk. A megtett csiszolási úthossz után mérjük a kopás mértékét, ami szerint osztályozzuk a betont (kopásálló, fokozottan, különlegesen kopásálló).

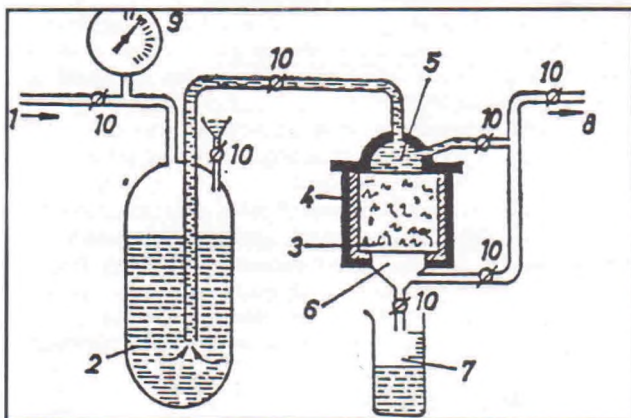
Alkalmazzák a kimaró jellegű koptatási módszert is (*Duna kavics módszer*). Ennél az adalékanyagok közötti lágyabb részek maródnak ki, a felület egyenetlenebbé válik. A kimaró rész térfogatával jellemzik a kopás mértékét.

A vízzáróság vizsgálata

Vízzel érintkező, ún. vízpítési betonoknál igen nagy szerepe van a vízzáróságnak.

A beton kapillaris pórusos szerkezete miatt a víz a nyomás hatására többé-kevésbé behatol a belsejébe. A vízzáróság tehát nem téveszthető össze a vízhatlansággal. Vízzárónak nevezzük adott nyomáson azokat a betonokat, amelyek kevesebb vizet engednek be a

belsejükbe, mint amennyi a túlsó oldalon el tud párologni szobahőmérsékleten, ezáltal azt száraznak találjuk. A vizsgálatot 200x200x120 mm-es próbatesten köralakú, 100 cm²-es felületén hajtjuk végre az MSZ 4715/3 szerint. Az első 48 órában 0,1 MPa nyomást alkalmazunk, majd ha az ellenoldal nem nedvesedett át, szabad a nyomást 24 óránként 0,2, majd 0,4, 0,8 és 1,6 MPa értékre emelni. Vízzáronak tekinthető a beton, ha a betervezett nyomásértéken tartva, majd a betonlapot a nyomásirányban elhasítva, a hasított felület átázása kisebb mélységű, mint a betonlap vastagságának harmada. Amennyiben a beton az adott nyomáson a vizet átteresztí, úgy 24 órán keresztül kell mérni az átjutó víz mennyiségét és a Darcy képpel kell számolni a vízáteresztési együtthatót. (Q ; l/m²·d), [5], 6. ábra.



6. ábra Légtelenítéssel kombinált vízáteresztési tényező vizsgálati készülék vázlata

1 légnyomás, 2 víztartály, 3 próbatest, 4 tömítés, 5 nyomótér, 6 vízgyűjtő tölcser, 7 vízmérő edény, 8 légszívás, 9 manométer, 10 elzárócsapok [5]

A beton fagyállósági vizsgálata

A beton pórusszerkezetében lévő víz megfagyva szétfeszítheti a betontestet. Kialakítható a pórusszerkezet úgy is, hogy ez ne következhesse be. Evégett a fagyálló betonok pórustartalmát a minimálisra csökkentik, de emellett ún. légpórusképző adalékszer kevernek készíteskor hozzá. Ez 50–350 µm nagyságú gömbalakú pórusokat képez, amely kettős előnnyel jár. Egyrészt megszakítja a szerkezet kapilláraktivitását, másrészt a mégis behatoló víz megfagyásakor e pórusokban kitágulhat. Vizsgálatához hasáb, kocka, vagy henger alakú próbatestet alkalmaznak, viztelítik, majd ciklikus fagyasztással terhelik.

Egy ciklus legalább 2 órá +20±3 °C-os vízben tárolásból és legalább 4 órá -20±3 °C-os fagyasztásból áll. 15, 20, 50, 100 és 150 ciklusból álló fagyasztási vizsgálatot végeznek. Méri a próbatestek tömegvesztését (5%-nál kisebb veszteség megengedett), és/vagy a dinamikus rugalmassági modulus változását roncsolásmentesen, vagy az ultrahang terjedési sebességét, vagy a szilárdságát (25%-nál kisebb veszteség megengedett).

A zsugorodásvizsgálat

Amint láttuk, a beton időben változó tulajdonságú anyag, mert benne kémiai, fizikai változások zajlanak le. Minden ilyen változás térfogatváltozással is jár, amely különböző mértékű lehet a beton összetételéből következően.

A kémiai kristályosodási folyamatok tömörödést eredményeznek, amelyek zsugorodásként jelentkeznek. A beton e folyamatok lezajlása után is változtatja a térfogatát, ha nedvességtartalma változik. A vizsgálat érdekessége, hogy a teljes térfogatváltozási folyamatot nem méri, mivel a beton készíteskor még képlékeny, hanem akkor kezdik a mérést, amikor a beton már megkötött és szilárdulása is elkezdődött. (Ezt tekintik nullpontnak.)

A próbahasábokat +20±3 °C-os és 65±5 % relatív nedvességű térben tárolják a mérés alatt. Három napos korban mérőbűtyköket ragasztanak a hasábok véglapjaira, majd egy keretszerkezetbe helyezik és méri az alapértékhez képest (három napos minta) a relatív hosszváltozást, amit ezrelékben adnak meg.

A vizsgálatot 180 napos korig kell folytatni. A szokásos zsugorodási érték 0,3–0,4 ‰ körüli.

A beton egyéb jellemzői, összefoglalás

Az eddig vázlatosan ismertetett vizsgálati eljárásokon kívül a beton még számos egyéb módon jellemezhető, s ezeknek is nagy jelentőségük van a használhatóságuk megítélésében.

Ilyen tulajdonságok pl. a páraáteresztési, a hőtágulási együttható, a hővezetési tényező.

Nagyon fontos vizsgálati terület a betonok kémiai vizsgálata, amely egyrészt jellemzi a betonok kötőanyagának minőségét és mennyiségét, másrészt a korróziós ellenállásukat. A vizsgálat eredményét az ún. oxidos összetétellel adják meg, amely alkalmas arra, hogy a cementfajtát behatároljuk. (Portlandcementek, illetve bauxitcementek [aluminátcement]).

Ebből és az időközben kialakult karbonátok mennyiségéből következtethetünk a betonok időbeli stabilitására, szennyeződéseiből, vasbeton esetén, a betonacélok védettségére stb.

Láttuk, hogy a beton bonyolult összetételű és anyagösszetevőiben rendkívül változó, ezért a tulajdonságai nem tervezhetőek olyan precízen, mint pl. a fémeké. A betonok komplex anyagvizsgálata ezért rendkívül fontos, amit az nehezít, hogy azt sokszor a munkalyen, ehhez igazodóan igen kezdetleges mérőeszközökkel kell végezni.

932 045 108

Irodalom

- [1] Palotás L.: Építőanyagok II. Akadémiai Kiadó, Bp. 1961.
- [2] Palotás-Balázs: Mérnöki kézikönyv 1., Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1981.
- [3] Palotás-Balázs: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3., Akadémiai Kiadó, Bp. 1980.
- [4] Borján J.: Roncsolásmentes betonvizsgálatok, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1981.
- [5] Balázs Gy.: Építőanyag praktikum, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1983.

Vállaljuk a Mitutoyo és más mérőeszközök szervizelését, hitelesíttetését

TESTOR ANYAGVIZSGÁLAT — MÉRÉSTECHNIKA

Budapest XII., Törpe u. 8. • Tel.: 155-9886 • Fax: 155-2618

Repülőgéphajtóművek rezgésmérése

Dr.Berke Péter – Ferencz Beatrix – Dr.Michelberger Pál

A diagnosztika szerepe egyre nyilvánvalóbbá és hangsúlyozottabbá válik különösen a karbantartási stratégiákban. A szerzők rezgésméréssel végeztek állapotellenőrzést repülőgéphajtóműveken az OTKA 5-420 pályázat és szerződéses megbízás alapján. A cikket figyelemfelkeltésnek szánják, rámutatva – az eddigi gyakorlati eltérő – a több ponton való mérés szükségességére.

Bevezetés

A karbantartási, fenntartási rendszereket általában három egymástól jól elkülöníthető csoportra lehet/szokták bontani, nevezetesen a meghibásodási (damage dependent), az üzem idő/teljesítmény szerinti (time dependent) és az állapot szerinti (condition dependent) rendszerekre.

Nyilvánvaló, hogy az első csoportba általában a kisértékű, megmunkálási, gyártási sorba nem illeszkedő gépek, berendezések karbantartása sorolható – hozzátéve, hogy számukra más stratégia is választható –, illetve olyanoké, amelyekből többel is rendelkezünk. Ennek a stratégiának leggyakoribb alkalmazási köre a háztartási gépek, berendezések területe amikor is ezek meghibásodása a kellemetlenségen kívül különösebb hatással, életveszedelemmel nem jár.

Az idő/teljesítmény és állapot szerinti karbantartási stratégiák meghibásodást megelőző (preventive maintenance) jellegűek, diagnosztikai módszerek alkalmazásával hatásokuk növelhető.

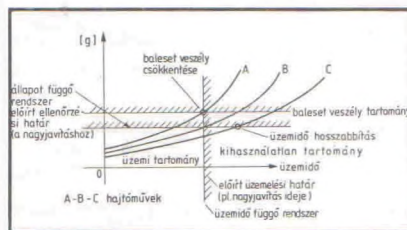
A repülőgéphajtóművek karbantartása, javítása időciklusonkénti, nem kizárva, sőt igényelve a ciklusoktól független, adott esetben folytonos (continuous) ellenőrzést, diagnosztikai eljárások alkalmazását a pillanatnyi üzemállapot megítélése tekintetében, illetve az élettartam becslése céljából.

Az állapottól függő diagnosztika előnye leginkább az élet- és vagyonbiztonsággal összefüggő gépek, berendezések folyamatos állapotellenőrzésénél biztosítja a legnagyobb előnyöket. Természetesen ebben az esetben is rendelkezünk olyan határokkal – pl. rezgés, gyorsulás értékek –, amelyekkel meg tudjuk határozni például az üzemeltetésre alkalmas, vagy mondjuk az azonnali beavatkozást igénylő állapotot.

A hajtóművek állapotjelző élettartam görbéje hasonló más gépek, berendezések élettartam görbéjéhez, annak ellenére, hogy gyártásukat, javításukat különleges pontossági követelmények teljesítése mellett végzik, bár természetesen szórást mutat (a szórás kis mértékben a kezdeti értékek eltéréseiből, de később főleg az eltérő üzemeltetési körülményekből adódik) és ugyanakkor divergens jellegű, az üzemidő függvényében.

Bár magunk is tisztában vagyunk a repülési előírások szigorúságával, amelyeket egyes katasztrófák (pl. a legutóbbi Amszterdami) még merevebbé tesznek, célszerűnek látjuk ismételt megfogalmazni az állapoton alapuló karbantartási, javítási rendszer azon előnyét, hogy ezzel a stratégiával, a gazdaságosságon kívül, a biztonság irányába is hatunk. (ld. 1. ábra.) Természetesen a gépeken, berendezéseken,

járműveken kellő megfontolások után kell kijelölni azokat az egységeket, ahol a stratégia megfelelő hatékonysággal alkalmazható.



1. ábra Idő és állapottól függő karbantartási rendszerek

Hajtóművizsgálatok

Mint említettük rezgésméréssel – több hajtóművön, hajtóművönként több reprezentatívnak ítélt ponton – jellemeztük a hajtóművek állapotát különös tekintettel azok beépíthetőségére, ugyanis az üzem, illetve beépíthetőségi alkalmasság kritériuma lehet a hajtómű üzemeltetésekor fellépő rezgés értékek adott határérték alatti volta.

E jelet/jeleket célszerű üzem közben is folyamatosan figyelemmel kísérni preventív lépések megtétele érdekében. A jelenlegi gyakorlat szerint az általunk vizsgált repülőgépek hajtóműveinek rezgését egy ponton és egy irányban – a turbínaház 1. fokozatának peremrészén függőleges irányban – folyamatosan figyelemmel kísérik repülés közben.

A beépíthetőség elbírálásához a hajtómű rezgéseinek gyorsulás értékeit meghatározhatjuk próbapadi vizsgálattal, illetve, e híján, repülőgépekbe beépítetten is. Ez utóbbi esetben a rezgésvizsgálatot nem repülés közbeni, hanem a hajtóműpróba-helyen a repülőgép rögzített állapotában végzik. Valószínű, hogy a különböző körülmények közötti mérési eredmények nem összevethetők, viszont hajtóműpróba-helyek a repülőtereken rendelkezésre állnak – szemben a hajtómű próbapaddal – így célszerűbbnek tűnik az itt mérhető értékek alkalmazása, hozzátéve, hogy a pilóta „comfort” érzését is ez utóbbi vizsgálatnál kapott értékek jellemzik.

Kérdéses lehet az is, hogy milyen hajtóműterhelési értékek mellett célszerű/kell a vizsgálatot elvégezni. A válasz ez esetben egyértelmű, lévén harci gépekről szó, ugyanis kevésbé képzelhető el az, hogy bizonyos tevékenységek esetén a pilóta azt mérlegelje, hogy az adott terhelést a fellépő hajtóműrezgésszint miatt nem szabad átlépnie.

A hajtóművek fordulatszáma 1000/min érték körül, így rezgésanalízisük, piezo-elektromos elven működő rezgésérzékelők felhasználását igényli. [1], [2]

A rezgésérzékelők elhelyezése repülőgépen beépített hajtóművek mérésekor gyakran nehézségekbe ütközik: nem elegendő a hely, extrém hőmérséklet miatt hűtés szükséges, ugyanakkor az érzékelő felszerelésére alkalmasnak mutatók helyeknek kellő reprezentatívának kell lenniük a fellépő rezgések tekintetében.

Amennyiben különleges kívánalmak nincsenek, legcélszerűbb a rezgésérzékelőket a forgó

tömegek csapágházaira helyezni/szerelni, többek között azért is, mert így módon a megtámasztó csapágyak állapota „közvetlenül” jellemezhető.

Meg kell határozni továbbá azt is, hogy az adott csapágy alátámasztási helyén milyen irányokban célszerű mérést végezni a teljes rezgéstérkép felvételéhez. Tapasztalatunk az, hogy a hajtóműveknél is az úgynevezett terhelési harmadban legcélszerűbb az adók elhelyezése, hozzátéve, hogy ez a kívánalom nem mindig teljesíthető. Megjegyezzük viszont, hogy találkoztunk az említett tartománnyal szembeni elhelyezéssel is, ilyen a gyárilag elhelyezett veszélyes rezgésértékhatára beállított rezgésszélesség-mérő rögzítése. (Ehhez nyilvánvalóan az adott nagyságú hely meglétén kívül az alternáló rezgést végző tömeg hiánya is közrejátszott.)

Mérési célként a teljes rezgéstérkép felvételét tűztük ki célul, ugyanis mint említettük a rezgési alkalmasság hajtómű oldalról ezzel, pontosabban a rezgésszint szélső értékeivel hozható összefüggésbe. Természetes, hogy további analízissal a hiba oka – küszöbérték túllépésének az oka – jól valószínűsíthető, viszont a küszöbértékek túllépése az üzemeltetésből kizárást jelent, a hajtómű szétszerelése részletes hibafelvétel, javítását igényli. Sajnálatos, hogy a jelenlegi gyakorlat szerint ezt külföldön végzik, így bármilyen részletes is a spektrelemzés, nem azonosítható a valós hibaokkal. Ez természetesen nem teszi feleslegessé, sőt igényli a rezgésérték statisztikai jellemzőinek, a rezgésspektumnak a megállapítását, a szétszerelésmentes, időszakos diagnosztikai vizsgálatokra alapozott javítási trendek meghatározására. Ez utóbbi pillanatnyilag ellentmond az üzemidő alapján rögzített előírásnak, hozzátéve, hogy a kellő statisztikai háttérrel rendelkező adatok használtsága bármely karbantartási stratégia esetén is különös jelentőséggel bír.

A hajtómű mérése

Tekintettel arra, hogy a hajtómű mérése rendkívül költségigényes, költségkímélés céljából mindig ugyanabba a repülőgépbe mérési esetenként más és más azonosító számú hajtóműveket szereltünk be – természetesen az adott előírásoknak megfelelően, így módon feltétlenül a mért rezgésértékek csak a hajtómű állapotától függöttek – és adott terhelési szint mellett rögzítettük a rezgéstérképet.

Esetünkben is, mint minden időbeli folyamat regisztrálásánál felmerül a regisztrátum reprezentatív jellegének a kérdése, amely egy hajtómű vizsgálatánál úgy fogalmazódik meg, hogy hány fordulaton keresztül kell mérni a rezgést, illetve hogy egy fordulat alatt hány jelet vegyünk. Ez utóbbira könnyű válaszolni, ha a Nyquist kritériumot [3] teljesítjük, akkor a kívánalmakat kielégítettük. Kevésbé egzakta a válasz az első kérdésre, viszont ha a kérdés megválaszolását tapasztalati oldalról közelítjük, akkor könnyebben tudunk valamely elfogadható számú fordulatot meghatározni, különösen akkor, ha módunk volt már hibás csapágyú, kiegyensúlyozatlan, geometriai hibával szerelt forgó tengely rezgését mérni. Ugyanis ilyen hibák esetén gyakran a kitűzött perccenkénti mérési fordulat-

szám (szögsebesség) elérése előtt is jelentős rezgések tapasztalhatók, azaz nem szükséges a hosszadalmas, több ezer összfordulatra kiterjedő mérés.

Az üzemeltetésben jártas szakemberek véleményével egyezően a mérési összfordulaton az előírászerűen „bemelegített” hajtóművek esetén 1000-nek vettük.

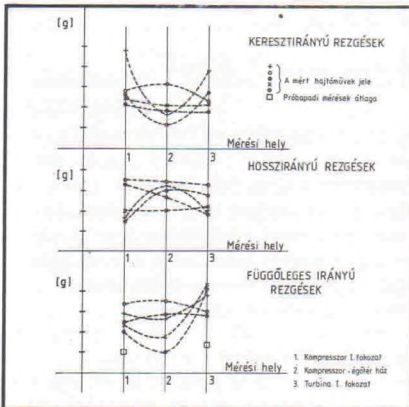
Az állandó terhelésszint stabilizálása után csatornánként 50.000 jelet regisztráltunk. (Az összfordulatszám, illetve jel regisztrátum elégessége jellegében statisztikai próbákat és Fourier analízist is végeztünk; a 2000, 3000, 4000 összfordulat és ennek megfelelő 100.000, 150.000, 200.000 jel statisztikai jellemzői és frekvencia spektruma azonosnak mondható volt. Feltehető, hogy 1000 összfordulatonál kevesebb fordulatszám is elegendő, bár ilyen jellegű vizsgálatot nem végeztünk.)

A mérési adatok értékelése

Mint említettük csatornánként 50.000 adat 1000 turbinafordulatonak felelt meg. Kiválasztottuk a rezgésenkénti maximum és minimum értékeket, számítottuk az értékek átlagát és szórását, elvégeztük az FFT analízist [4].

Mint ahogy a forgógépek rezgésepeínél várható, az extrém értékek egymástól alig térnek el – esetünkben 0,1 g...0,01 g eltérést tapasztaltunk – és e szélső értékek megfelelő periódicitással fordulnak elő. (Ez is alátámasztja az előzőekben említett okfejtéssel meghatározott rögzítendő adatmennyiség mértékét.)

A vizsgálat során öt azonos típusú, ugyanabba a repülőgéphez beépített hajtóművet mérünk. A hajtóművek egyedi analízisén túl a hajtóművek rezgéseit gyorsulásának extrém értékeit is összehasonlítottuk. Jelen cikkünkben ezeket az eredményeiket kívánjuk közölni, tekintettel arra, hogy üzem közben általában csak egy helyen mért – a turbinaház 1. fokozat peremrészén – rezgés értékek kerülnek rögzítésre, amely egyszerűsítést nem tartjuk kellően indokoltnak.

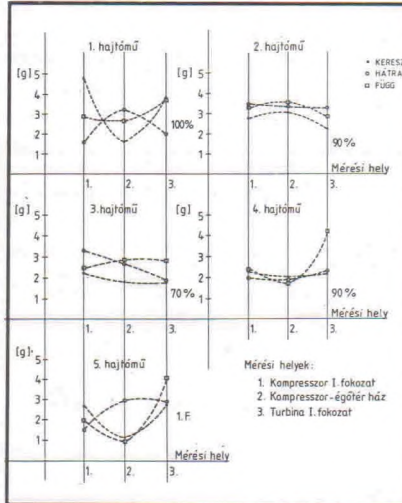


2. ábra Az öt különböző – azonos típusú – hajtóművön mért rezgések

A 2. ábrán öt különböző, de azonos típusú hajtóművön mért rezgésértékek átlagát, a 3. ábrán az egyes hajtóművöknél mért rezgésértékek átlagát ábrázoljuk. Megjegyezzük, hogy a gyárilag beépített a rezgés sebességét mérő adó az ábrákon a 3. mérési helyként jelölt pontra szerelt, és függőleges irányú rezgéseket mér.

A 2. ábrán a különböző irányú (kereszt-hossz-, függőleges) rezgések nem engednek

határozott tendenciára utalni, ugyanis mind az alulról konvex, mind pedig konkáv görbék is jelen vannak.

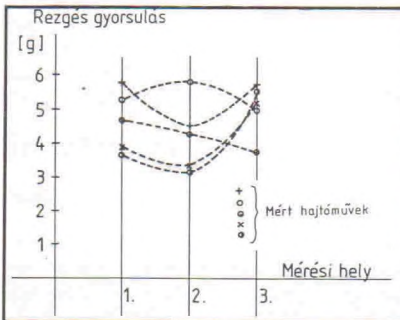


3. ábra A hajtóműveken mért rezgések

A 3. ábrán az egyedi hajtóműveken mért rezgésértékek is hasonló jelleggel fordulnak elő. (Nyilvánvaló, hogy a pontok összekötése nem indokolt, hiszen olyan információ bírtokában nem vagyunk, amely azt mondaná, hogy az egyes mérési pontok közötti helyek rezgésértékei valóban a mérési helyek által mért értékek összekötő vonalán lesznek, viszont az esetleges tendencia követésre a pontbeli értékek összekötése indokolt lehet.)

Az adott pontokon mért értékek nyilvánvalóan nem függtelenek egymástól, azaz az 1. mérési pont értékében benne vannak a 2., 3., mérési ponton ébredő rezgések is – és fordítva, bármely pontra mérve – valamilyen formában, amely viszont eljárásunkkal nem volt megállapítható, így módon nem egyértelmű, hogy az adott pontbeli rezgés „hányada” származik más pontbeli rezgések hatásaként. Nyilvánvaló az ilyen irányú analízis szükségessége is, viszont egy üzemképesség elbírálása tekintetében az adott helyen fellépett rezgés maximumok a döntőek, hiszen ezek károsítják az adott pontbeli csapágyat, függetlenül attól, hogy e hatás milyen eredők összessége.

A gyári új és javítások után mért hajtóművek rezgésadatai szerint – 12 ilyen adat állt rendelkezésre – a turbinán mérhető rezgésértékek 60...50 %-a nagyobb, mint a kompresszoron mért.



4. ábra. A hajtóműveken mért gyorsulás értékek eredője

A 4. ábrán a hajtóműveken mért gyorsulás értékek eredőjét ábrázoltuk. Ez is, mint az eddigi

ábrák is azt támasztják alá, hogy nem elégséges egy helyen és egy irányban mérni a gyorsulás értékét, egyrészt azért, mert a 3. mérési ponton mért értékek nem mindig szolgáltatják a maximum értéket, másrészt pedig azért, mivel nem elhanyagolható hatásúak a hossz- keresztirányú rezgések sem.

A rendelkezésre állt 4 hajtómű gyári új és felújított állapotára vonatkozó próbapadi mérési adataiból – 12 kompresszor és 12 turbina rezgés gyorsulási adataiból – átlagértéket, szórást és terjedelmet számoltunk. Az adatok a következők:

A kompresszoron mért rezgés gyorsulás értékek

- átlaga 0,954 g
- szórása 0,376 g
- terjedelme 1,31 g; x_{max} : 1,80 g, x_{min} : 0,49 g

A turbinán mért rezgés gyorsulás értékek

- átlag 1,365 g
- szórása 0,580 g
- terjedelme 1,700 g; x_{max} : 2,4 g, x_{min} : 0,7 g

Ábrázolva ezeket az átlagértékeket (2. ábra) látható, hogy ezek a repülőgéphez beszerelt hajtóműveken mért adatoktól jelentősen eltérnek. Az eltérés okait nem lehet megállapítani, főleg azért, mivel a próbapadi felfogást, a mérési pontokat, irányokat és egyéb, a rezgés értékét befolyásoló tényezőt nem ismerjük. A hazai gyakorlatban viszont célszerű lenne a repülőgéphez beszerelt hajtómű rezgésértékeiből a rezgésintet megadni.

Összefoglalás

Megállapítható, hogy

- az üzemképesség elbírálásához nem elegendő a hajtómű egy pontján és egy irányban mért rezgéseket alapul venni;
- a hajtóművek egyedi értéke, nem „tömegméretű” alkalmazása, élet és vagyonbiztonság szempontjából meghatározó szerepe miatt célszerű minden hajtóművet egyedi adatként kezelni;
- a hajtómű próbapadi mérését – legalábbis a rezgésmérés szempontjából és bizonyos körülmények figyelembevétele mellett – a repülőgéphez szerelt hajtóműméréssel helyettesíteni lehet;
- az előzőekből mintegy következik, hogy repülés közben is ajánlatos lenne több helyen/irányban rezgésmérést végezni;
- keresni kell mind a gyártó, mind az üzemeltető részéről olyan, kölcsönösen elfogadható eljárást, amellyel a próbapadra szerelt, illetve a repülőgéphez beépített hajtóművön mért rezgésértékek egymásba átszámíthatóak.

932 049 031/32 114

Irodalom

- [1] Ferencz Beatrix: Gázturbinás repülőgéphajtóművek rezgése. Járómozgások, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek, 39. évfolyam 1992. 1. szám pp. 25-28
- [2] Ferencz Beatrix: Sugárhajtású hajtóművek rezgése. Egyetemi doktori disszertáció BME Közlekedésmérnöki Kar 1993.
- [3] M.O'Flynn, E. Moriarty: Linear Systems: Time Domain and Transform Analysis. 1987. J. Wiley and Sons
- [4] Dr. Berke Péter, Dr. Galambosi Frigyes, Ferencz Beatrix, Dr. Michelberger Pál: Repülőgéphajtóművek rezgésdiagnosztikája (Szerződéses munka) BME Közlekedésmérnöki Kar Mechanika Tanszék 1991.

Nagy nyomáson és hőmérsékleten üzemelő csővezetékek állapotellenőrzése

Szűcs Pál*

Magyarországon a hatvanas években fordult a figyelem a frissgőzvezetékek vizsgálatára. Ekkor kezdődött meg az a generációváltás az energiatermelő berendezésekben, amelynek során a korábbi 450–500 °C kílépőgőz hőmérséklettel és max. 70 bar gőznyomással jellemezhető üzemi paraméterekről áttértek az 535–570 °C gőzhőmérséklettel, 100–180 bar gőznyomással jellemezhető egységekre.

Feltágulásmérések

Első lépésként a frissgőzvezetékek feltágulásmérése került bevezetésre. Az összes, 500 °C feletti hőmérsékleten üzemelő frissgőzvezetékre feltágulásmérő szemölcs párokat helyeztek fel, és elkezdtek a kúszás hatására fellépő maradék alakváltozás – a feltágulás – rendszeres mérését [1]. A módszer gyors bevezetését segítette egy, a Tiszapalkonyai Erőműben bekövetkezett kamraösszeesésű cső felszakadása [6]. Jelenleg mintegy 5000 feltágulásmérőhelyen folytatunk vizsgálatokat, többé-kevésbé rendszeresen, 1–3 éves gyakorisággal. A több évtizedre visszamenőleg tárolt mérési adatokat számítógépen feldolgoztuk, minden egyes mérőhely alakváltozás-üzemidő diagramját, az egyes pontokhoz tartozó mérési adatokat azonnal kikérheti a vezeték vizsgálatával foglalkozó diagnosztika.

Lehetőség van a teljes csőszakaszra vonatkozó statisztikák, illetve trendek készítésére is. Természetesen a mérés értékelése, az adatok tárolása és jegyzőkönyvezése is számítógépen történik. A főgőzvezetékek időszakos roncsolásos állapotellenőrző vizsgálatát során az adott vezeték-rendszerre vonatkozó összes feltágulásmérést rutinszerűen áttekintjük, és a maradék élettartam becslés során felhasználjuk.

Mesterdarabok

A feltágulásmérés a melegszilárd acél egy tulajdonságát, a kúszásállóságot vizsgálja üzemi körülmények között. Ahhoz, hogy a várható élettartamot becsülni lehessen, szükséges az acélban végbemenő anyag-szerkezeti változásokat is nyomonkövetni. Ezt teszik lehetővé a vezetékbe épített mesterdarab-ok [2]. Igen fontos a mesterdarab anyagának gondos kiválasztása. Az adott csővezeték kiépítésére leszállított csőszálak közül ki kell választani a „leggyengébb”-et, és ebből egy méteres darabot levágni a laboratóriumi vizsgálatok céljára. A kiválasztott csövet lehetőleg a gőzkilépés közelébe kell beépíteni, és rajta három feltágulásmérő-helyet kialakítani, amiket évente mérnek (1. ábra). A levágott méteres darab negyedén meghatározásra kerülnek a kiindulási állapotot jellemző mechanikai és szövetszerkezeti tulajdonságok:

- kémiai összetétel
- folyáshatár
- szakítószilárdság
- nyúlás
- kontrakció
- törési munka
- ütőmunka
- átmeneti hőmérséklet
- szövetszerkezet vizsgálat
- karbidfázis vizsgálat
- törésmechanikai vizsgálatok
- kúszó-szakító vizsgálat
- kúszásvizsgálat

szoba- és üzemi hőmérsékleten

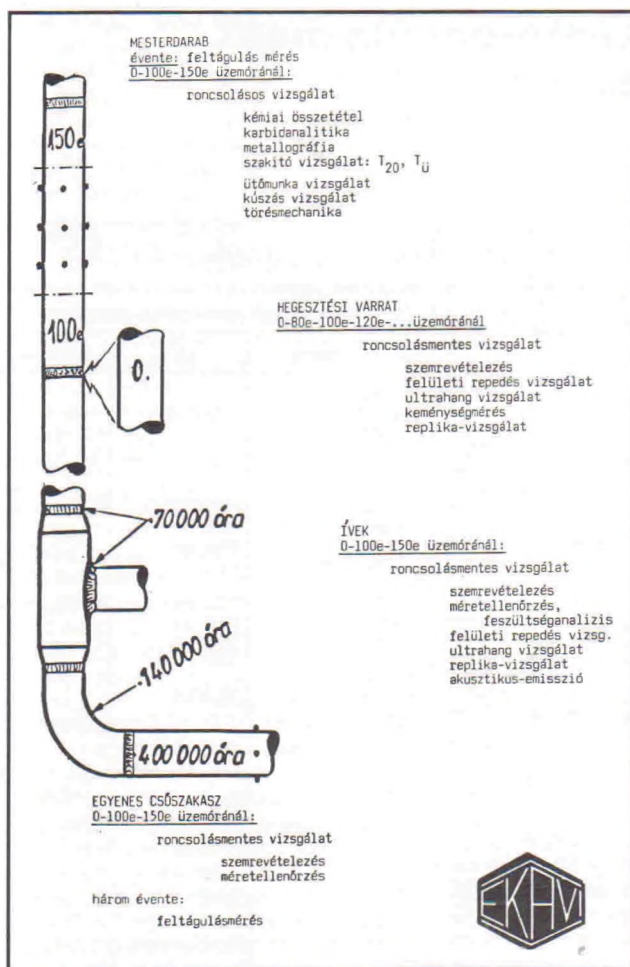
A vezeték élete során, 100 ezer – 150 ezer és 200 ezer üzemóra elteltével kivágásra kerül a mesterdarab egy része, és azon ugyanezeket a vizsgálatokat elvégezzük. Így lehetőségünk van – kizárva a kohászati gyártmányok sokszor igen jelentős szórását – az adott vezetékben az üzemeltetés hatására végbement változásokat nyomonkövetni.

* ERŐKAR Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Főosztály

I. táblázat

A hazai villamosenergia-rendszerben üzemelő mesterdarabok roncsolásos állapotellenőrző vizsgálatának áttekintése

Vezeték	Anyag-minőség	Mesterdarab roncsolásos vizsgálata		
		nulladik	első	második
Ajka I-II.	13CrMo44	1992.	–	–
Inota	–	–	–	–
Oroszlány 1	13HMF	1986.	–	–
2	13HMF	1988.	–	–
3	13HMF	1991.	–	–
4	13HMF	1990.	–	–
Bánhida	fg 12H1MF	1968.	58170 óra	89277 óra
UH 12H1MF	1968.	95022 óra	–	–
Szibbatta 7	12H1MF	1967.	89863 óra	148510 óra
1	AITON 660	125354 óra	–	–
2	–	–	–	–
3	12H1MF	1978-ban 38.fmh	96287 óra	169335 óra
4 fg 12H1MF	1965.	85348 óra	–	–
4 UH 12H1MF	1965.	89343 óra	–	–
5 fg 12H1MF	1968.	82220 óra	–	–
5 UH 12H1MF	1983.	–	–	–
6 fg 12H1MF	1968.	78818 óra	–	–
6 UH 12H1MF	1984.	–	–	–
8 fg 15.128	1974.	–	–	–
8 UH 15.128	1974.	–	–	–
9 fg 15.128	1973.	–	–	–
9 UH 15.128	1973.	–	–	–
10 fg 15.128	1974.	–	90791 óra	–
10 UH 15.128	1974.	–	90791 óra	–
11 fg 15.128	1975.	–	80723 óra	–
11 UH 15.128	1975.	–	–	–
12 fg 15.128	1975.	–	–	–
12 UH 15.128	1975.	–	–	–
13 fg 15.128	1976.	–	95748 ó. kivágva	–
13 UH 15.128	1976.	–	95748 ó. kivágva	–
14	–	–	–	–
Pécs 1	–	–	–	–
2	–	–	–	–
5	15.128	1991.	–	–
7	15.128	1991.	–	–
9	15.128	1987.	–	–
10	15.128	1986.	–	–
Mátra 1 fg 12H1MF	1968.	–	50205 óra	–
1 UH 12H1MF	1968.	–	–	–
2 fg 12H1MF	1970.	–	51960 óra	–
2 UH 12H1MF	1970.	–	–	–
3 fg 12H1MF/	1970/	–	–	–
15H1M1F	/1990.	–	58990 óra	102555 óra
3 UH 12H1MF/	1970/	–	–	–
15H1M1F	/1990.	–	102555 óra	–
4 fg 12H1MF/	1971/	–	–	–
15H1M1F	/1989.	–	47813 óra	75254 óra
4 UH 12H1MF/	1971/	–	–	–
15H1MF	/1990.	–	75254 óra	–
5 fg 12H1MF/	1972/	–	–	–
15H1MF	/1992.	–	54902 óra	107472 óra
5 UH 12H1MF	1972/92	–	107747 óra	–
Kispest 3	13CrMo44	1970.	68619 óra	–
4	13CrMo44	?	108515 óra	–
Borsod „A”	13CrMo44	1986.	–	–
„B”	13CrMo44	1986.	–	–
„1”	13CrMo44	1988.	–	–
„2”	13CrMo44	1988.	–	–
„3”	13CrMo44	1988.	–	–
2K	13CrMo44	1988.	–	–
10K	13CrMo44	1990.	–	–
Tpalkonya 1	14MoV63	1982.	80713 óra	–
2	14MoV63	1982.	77903 óra	–
3	14MoV63	1982.	–	–
4	14MoV63	1982.	–	–
5	14MoV63	1982.	–	–
6	14MoV63	1982.	–	–
7	14MoV63	1982.	–	–
8	14MoV63	1982.	–	–
Tisza 1 fg 15.128	1976.	–	74915 óra	–
1 UH 15.128	1976.	–	74915 óra	–
2 fg 15.128	1977.	–	77903 óra	–
2 UH 15.128	1977.	–	77903 óra	–
3 fg 15.128	1977.	–	77340 óra	–
3 UH 15.128	1977.	–	77340 óra	–
4 fg 15.128	1978.	–	–	–
4 UH 15.128	1978.	–	–	–



Jelenleg 73 frissgőz és újrahevített melegági gőzvezetékben üzemel mesterdarab. Anyagminőségüket tekintve CrMo és CrMoV ötvöztetű, kiválasztott keményített, melegszilárd acélból készült csövek. Mivel a 100, 150 és 215 MW-os blokkok elérték, illetve megközelítették a 100 ezer üzemórát, nemcsak null-állapotra, de üzemelt állapotra is jelentős információval rendelkezik laboratóriumunk (1. táblázat).

Mivel a mesterdarab-rendszer a hajdani KGST országokban nem terjedt el, az Erőkar rendelkezik a 12H1MF és 15.128 acélokra vonatkozóan a legátfontosabb élettartam adatokkal.

Állapotellenőrzés

A feltágulásmérések és a mesterdarabokon végzett roncsolásos vizsgálatok a kiválasztott keményített melegszilárd acélok élettartam becsléséhez sok nélkülözhetetlen alapadatot szolgáltatnak, de önmagukban nem elégségesek egy vezetékrendszer várható élettartamának becsléséhez.

A hazai hibastatisztikák is azt támasztják alá, hogy a gőzvezeték meghibásodások

- gyártási, kivitelezési hibákra,
- tervezési paraméterek tartós túllépésére,
- járulékos feszültségek hatására

vezethetők vissza. A gyártás során vétett technológiai hibára példa a Kispesti Erőműben történt T-idom felhasadás [9]. A szerelés alkalmával elkövetett hibák egyike az anyagkeveredés, amikor a főgőzvezetékbe ötvöztetlen cső kerül beépítésre [10], [11]. A tervezési paramétereknél magasabb hőmérsékleten tartósan üzemelő csövek lerövidült élettartamára példák a Tiszapalkonyai kamraösszekötő csövek [12]. A gőzvezeték meghibásodások döntő többségét a tervezett igénybevételre szuperonáldó helyi, járulékos feszültségek fellépése okozza.

A gyártási-szerelési hibák felderítését a gyártó, illetve szerelő vállalatok minőségbiztosítási rendszere hivatott elvégezni. A kivitelezés során végzett ún. szuper-ellenőrzés tovább erősíti e rendszert.

A vezetékek járulékos helyi igénybevételeit deríti fel, illetve az üzem igénybevétel hatására a kimutathatósági határ alól a megengedhető hibahatárig fejlődő repedéseket mutatja ki a helyszíni roncsolásmentes állapotellenőrző vizsgálat [3], [4]. E vizsgálatokat egy gazdaságosabb, a berendezés aktuális műszaki állapotán alapuló karbantartási rendszer részeként [5], [8] dolgoztuk ki, és tökéletesítésében nagy segítségünkre voltak a Dunamenti Erőmű szakemberei.

Az állapotellenőrző helyszíni roncsolásmentes vizsgálatokat a vezetékrendszer teljes felületén, annak 100 ezer, 150 ezer és 200 ezer üzemórát megélt állapotában elvégezzük:

- a vezetékek élettörténetének rögzítését (rendkívüli események, módosítások, cserék),
- szemrevételezést,
- felületi repedésvizsgálatot, penetrációs, mágnesporos vagy örvényáramos módszerrel,
- ultrahangos repedéskereső vizsgálatot, többirányból, különböző szögek alatt besugározva,
- méretellenőrzést és feszültséganalízist.

Ha a szemrevételezés, a feszültséganalízis vagy valamelyik roncsolásmentes vizsgálat indokolja, replika és akusztikus emissziós vizsgálatot is végzünk a vezetékek meghatározott szakaszán (1. ábra). Tapasztalatunk szerint a vezetékrendszert az állapotellenőrzési stratégia és a maradék élettartam becslési módszerek szempontjából

- egyenes csőszakaszokra,
 - homogén és inhomogén hegesztett kötésekre,
 - hajlított ívekre,
 - idomokra (öntött, húzott, kovácsolt)
- célszerű felosztani.

A maradék élettartam becslése összetett feladat. Eredményesen csak akkor remélhető elvégzése, ha

- ismerjük a szerkezeti anyag jellemzőit és azok időbeni változásait,
 - ismerjük a szerkezet gyártásakor, szerelésakor alkalmazott technológiákat,
 - ismerjük a berendezés eddigi élete során átélt hatásokat (üzemzavarok, kezelési hibák stb.),
 - ismerjük az üzemeltetéssel járó és járulékos igénybevételeket.
- Hiszen a helyes anyagválasztás csak egy lehetőség. A gyártási és szerelési technológia betartásán múlik, ebből mi lesz elérhető, illetve milyen más jellegű problémákkal kell számolni üzemeltetés közben. Külön szeretnénk hangsúlyozni, milyen fontos a maradék élettartam becslése szempontjából az üzemviteli adatok folyamatos és szakszerű gyűjtése. Hiába ismert a kiindulási állapot, és hiába vizsgálták át négyzetcentiméterről négyzetcentiméterre a teljes vezetéket, az elfelejtett, letagadott rendkívüli események által okozott károsodások rejtve maradhatnak, hogy pár év múlva megmagyarázhatatlan „anyaghiba”-ként jelentkezzenek.

Az állapotellenőrző vizsgálat fontos eleme a sok tapasztalattal rendelkező anyagvizsgáló mérnök által végzett szemrevételezés. Ennek során a tartózás, vonalvezetés, illeszkedés hibái, valamint a feltételezhetően károsodott helyek behatárolhatók, leszküthetők, szelektív vizsgálati módszerek választhatók meg.

Az állapotértékelés folyamatát a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredmények, a berendezés előélete, az igénybevételi mód, a hasonló berendezésekre vonatkozó hibastatisztikák segítik. Ma már nálunk is elérhető olyan végeselem módszer, ami a cső méretét, anyagjellemzőit, tömegét, töltetét, valamint a tartózási figyelembe véve számolja a részegységekben ébredő feszültségeket.

Képesítés

Az állapotellenőrzés bizalmi feladat. Ezért joggal várhatja el minden üzemeltető, hogy a feladatra jelentkező

- akkreditálva legyen anyagvizsgálatra, állapotellenőrzésre,
- megfelelő minőségbiztosítási rendszert működtessen (MSZ EN 45001),
- érvényes hatósági bizonyítvánnyal rendelkező szakemberi legyenek a szükséges vizsgálatokra (IKM bizonyítvány),
- az adott tevékenységre referenciákkal és garanciával szolgáljon.

Hazánkban az elmúlt két évben végbement változások szétzilálták az egykori MVMT Termelési Igazgatóság által működtetett, a főberendezések állapotellenőrzési rendjére vonatkozó utasításrendszert. A berendezések ezalatt tovább öregedtek, és az üzembiztonságukkal szemben támasztott elvárások fokozottan nőttek. Várhatóan 1993-ban életbe lép az ipari biztonsági törvény, és vele együtt bevezetésre kerül az új műszaki felügyeleti rendszer is. Mindezek együttes hatására a villamosenergia iparban is újra kell gondolni a főberendezések állapotellenőrzési rendszereit, és újlag meghatározni a gyártó, az üzemeltető, az anyagvizsgáló és a karbantartó feladatát.

Ez a cikk egy anyagvizsgáló laboratórium több mint három évtizedes, összegyűjtött állapotellenőrzési tapasztalatát használta fel. Ezért a szerző köszönetet mond mindazon régi és jelenlegi kollégájának, akik rendszeres munkája révén ez az adatbázis felépült.

932 051 109

Hivatkozások

- [1] Utasítások erőművi csövek feltágulásának és anyagszerkezeti változásainak ellenőrzésére. MVM Termelési Igazgatóság, 1965.

- [2] Nagynyomású és nagyhőmérsékletű vezetékek ellenőrzése az erőművekben. MVM Termelési Igazgatóság, 1979.
- [3] Főgőzvezetékek vizsgálati technológiája. ERŐKAR Állapotellenőrző O., 1983.
- [4] Utasítás nagynyomású és nagyhőmérsékletű gőzvezetékek élettartam ellenőrzésére. ERŐKAR Állapotellenőrző O., 1986.
- [5] DIN 31051 Instandhaltung. Begriffe und Massnahmen.
- [6] Dr. Süle János: Erőművekben végzett kúszási és feltágulási vizsgálatok eredményei, tekintettel a szerkezeti elemek élettartamára. Erőművi főberendezések és csővezetékek élettartama. ETE ankét 1979. Budapest.
- [7] Szűcs Pál: A regeneráló hőkezelés alkalmazásának lehetősége főgőzvezeték esetén. Gép XLIII. (1991) 10. 340–343. o.
- [8] Szűcs Pál: Az endoszkópia lehetőségei a hegesztési varratok minőségellenőrzésében. Hegesztéstechnika II. (1991) 4. 34–41. o.
- [9] Kispesti Erőmű Ø191x17 mm-es T-idom hibakereső anyagvizsgálata. ERŐKAR Szakvélemény 1973. (8447/0903).
- [10] Ajkai Hőerőmű VI. turbina 143328 üzemóra elteltével felszakadt főgőzvezetékek vizsgálata. ERŐKAR Szakvélemény 181. (4524/7211).
- [12] Tiszapalkonyai Erőmű kamraösszekötő csöveinek feltágulásmérése. ERŐKAR Szakvélemény 1974. és ERŐKAR Tanulmány 1983. (5471/6833).
- [13] DHV 1. kazán főgőzvezeték roncsolásmentes vizsgálata 125.354 üzemóra elteltével. Tolózár hegesztési varrat meghibásodás. ERŐKAR Szakvélemény 1989. (1715/9959).

Az optikai atomspektrometria néhány újabb módszere: oldatos vagy szilárdmintás elemzés?

Dr. Kántor Tibor

A szerves kémiai analízis fejlődését reprezentáló műszeres analitikai módszercsaládokról Lapunk egy újabb számában kaptunk áttekintést [1]. Eszerint, az optikai spektroszkópiát, röntgen-, tömeg- és elektro spektroszkópiát, valamint a radioanalitikai és elektroanalitikai módszerek együtt képezik a teljes választékot, a szerteágazó analitikai feladatok megoldásához. A témakör szűkítését jelenti, ha külön tárgyaljuk az *elemanalitikai* módszereket, melyek célkitűzése a mintát alkotó elemek meghatározása, függetlenül attól, hogy azok milyen kémiai formában vannak jelen az eredeti mintában.

Az elemanalitikai módszereken belül, az *optikai atomspektrometria* (OAS) a szabad atomok és ionok külső elektronátmeneteit kísérő jelenségek (emisszió, abszorpció, fluoreszcencia) észlelésén alapszik az optikai hullámhossztartományban (100–800 nm). A szabad atomok és ionok előállítását az atomspektroszkópiát forrásokban, többnyire nagy hőmérsékleten történik a különféle mintákból. Ebből következik, hogy az OAS módszerek művelői számára a *nagyhőmérsékletű atomspektroszkópiát forrásokban végbemenő kondenzált fázisú, párolgási, atomizációs, ionizációs és gerjesztési folyamatokra vonatkozó ismeretek* jelentik a leginkább releváns elvi-elméleti anyagot [2].

A minták megjelenési vagy elemzési formája (pl. fém tömb, por, oldat) és az észlelési mód által támasztott igényeknek megfelelően, az atomspektroszkópiát források és mintabeviteli módszerek számos változata fejlődött ki. E helyen, a *jelenlegi forgalmazott készülékekkel megvalósítható és legáltalánosabban alkalmazott OAS módszereket* tekintjük át, néhány válogatott, elsődlegesen összefoglaló munkára történő hivatkozással. Kissé részletesebben foglalkozunk azokkal a mintabeviteli módszerekkel, melyek bevezetésében, továbbfejlesztésében, vagy egyszerű felhasználásában értünk el eredményeket.

Atomspektroszkópiát források

A vizsgálati anyag nagyhőmérsékletű „gőzzé” történő konverziója közvetlen energia-közléssel valósul meg a források egy részénél. Ezek tipikus képviselői az elektromos kisülések (szikra, ív, glimm), melyeknél a minta többnyire az egyik pólusát képezi a kisüléseknek. E forrásokat fémek és ötvözetek szilárdmintás, atomemissziós elemzéséhez alkalmazzák legáltalánosabban [3]. Az alkotók szimultán meghatározásához alkalmas, sok-mérőcsatornás, emissziós spektrométerek kifejlesztése kezdetben a nevezett források alkalmazására épült. A spektrométerek (fényelektromos detektálás) tökéletesedésével párhuzamosan szorult vissza a spektrográfok (fotográfiás fényérés) alkalmazása. A váltóáramú ívgerjesztéssel és spektroszkóppal (vizuális észleléssel) végzett fémvizsgálat, várhatóan a gyártásközi ellenőrzésben marad jelentős [4].

Az atomspektroszkópiát források másik jellemző csoportját azok képezik, amelyekbe folyékony minták (leggyakrabban híg savas oldatok) közvetlenül, vagyis deszolvatálás nélkül, bevitelűk. Az oldatok gyors vizsgálati lehetősége feltételezi továbbá a forrás szerkezeti elemeinek változatlan felhasználhatóságát a mintaváltás során. E feltételek, az oldatok finom diszpergálása (porlasztása) mellett, a lángforrások biztosították elsőként, melyek az analitikai felhasználás mellett alapvetően fontos kísérleti rendszerként szolgáltak a nagyhőmérsékletű kutatásokhoz [5]. A *lángemissziós spektrometria* (lángfotometria) kiváló teljesítményt nyújt az alkálifémek és néhány alkáliföldfém meghatározásához és jelenleg elsősorban orvos-biológiai laboratóriumokban nyer alkalmazást. Az atomabszorpciós mérés technika bevezetésével [6, 7], a hidrogén/levegő és acetilén/levegő lángos együttesen 34 elem meghatározásához biztosítanak, számos analitikai feladathoz megfelelő kimutatási képességet. A nagyobb hőmérsék-

letű (3000–3200 K) és redukálóból jellegű acetilén/dinitrogén-oxid láng bevezetése további 30 elemre terjesztette ki a *lángatomabszorpciós spektrometria* (Flame-AAS) alkalmazhatóságát.

Az atomabszorpciós spektrometria fejlődésében új fejezetet nyitott a grafitkemencés atomizáció, elméletileg is megalapozott, bevezetése [8, 9], majd technikai-metodikai fejlesztése [10, 11]. Az elektrotermikusán hevített (max. 3000 K) grafitcsőben megvalósuló redukív körülmények mellett (argon vagy nitrogén atmoszféra) a mintagőz két-három nagyságrenddel hosszabb ideig tartózkodik mint a lángok észlelési zónájában, és a kimutatási képesség hasonló vagy nagyobb mértékű növekedése tapasztalható számos elemre. A minta főalkotóinak (mintamatrix) nagy gőzkoncentrációja a grafitcsőben azonban növeli a fizikai-kémiai és spektrális zavaró hatásokat. Emiatt, a grafitcső atomizátorban célszerűen alkalmazható szerves minták tömege (oldószer nélkül) általában nem haladja meg az 0.2 mg-ot. Ilyen kis tömegű minta pontos adagolása oldat alakjában (10–50 mikroliter) valósítható meg egyszerűen. A mátrixhatás hatékonyan csökkenthető a mintamatrix in-situ lebontásával és elpárologtatásával a meghatározandó elemek párolgását (és atomizációját) megelőző hevítési ciklusban, mely kémiai módosítással (reagens adagolásával) segíthető elő. A grafitcsőbe épített mintatartó („platform”) és a Zeeman-effektuson alapuló háttérkorrekció további fontos lépéseket jelentettek a zavaró hatások csökkentésében. A pirolitikus grafitból készített (esetleg előkarbidizált) csövek alkalmazása nagymértékben csökkentette a karbidképző elemek elpárologtatásának problémáját. A *grafitkemencés atomabszorpciós spektrometria* (GF-AAS), jelen fejlettségi szintjén, számos elemre megközelíti az abszolút analitikai módszerek” kritériumát; az analitikai összefüggések elméleti úton való meghatározhatóságát [12]. Az elméleti és kísérleti kalibi-

rációs adatok összevetése segítséget nyújt pl. a szennyezés okozta, durva elemzési hibák felfedezésében. A készülékeket többnyire a Flame-AAS és GF-AAS alternatív megvalósításához alakították ki, mely módszerek együtt nyertek széles körű alkalmazást [13] és kiemelkedő számú referenciát [14] az egész analitikai kémián belül.

Az oldatoknak a forrásba történő folyamatos bevitelle és az elemek szimultán meghatározása azonban nem bizonyult megvalósíthatónak a grafitkemencés atomizáció technikai-metodikai feltételei mellett, a gyakorlat számára kielégítő módon. Az irodalomban nyomkövethető, hogy e kívánalmak teljesítéséhez alkalmas forrás kifejlesztéséhez egyrészt a lángforrásokra, másrészt az elektromos forrásokra vonatkozó ismeretek birtokában történtek meg a sikeres lépések. Az indukció csatlósú, rádiófrekvenciás plazmának az atomemissziós spektrometriás célokra történő bevezetésével [15, 16] egy újabb elemanalitikai módszer született (ICP-AES), amely rövid idő alatt nagy jelentőségre tett szert [17, 18].

Az oldatminták porlasztásos bevitelle mellett az ICP-AES alkalmas közel valamennyi elem szimultán meghatározására (az alkalmazott spektrométer sajátosságaitól függően), több nagyságrendben lineáris analitikai függvény alapján. Az elérhető kimutatási képesség szempontjából azonban számos elemre kisebb teljesítményt nyújt, mint a GF-AAS. A nagyhőmérsékletű (5-6000 K) argon-ICP által emittált atom- és ionszínképek vonalainak izolálásához nagy felbontóképességű spektrométerre van szükség az atomabszorpciós észleléssel elérhető szelektivitás megközelítéséhez, mely csak korlátozottan lehetséges. E problémák radikális csökkentése, sajátos módon, az OAS módszerek keretein kívül eső diszciplína, a tömegspektrometria (MS) ismereteinek és műszereinek felhasználásával vált elérhetővé [20, 21]. Az ICP tehát mint „fotonforrás” (OAS) és mint „ionforrás” (MS) egyaránt hatékonyak bizonyult. Az oldatok elemzésében jelenleg az ICP-MS tekinthető a legnagyobb teljesítményű módszernek, a szimultán meghatározható elemek (és izotópjai) száma és a szelektivitás szempontjából. Az elérhető kimutatási határok közel valamennyi elemre, a GF-AAS és ICP-AES által néhány elemre nyújtott legnagyobb értékeket közelítik meg.

Az adott analitikai feladatkörhöz legjobban igazodó és a gazdaságosságot (beszerzési és üzemeltetési költségek) figyelembe vevő kiválasztás [1] körültekintő mérlegelést igényel az OAS módszereken belül is.

Mintabeviteli módszerek

Oldatos módszerek

A lángspektrometria alapvetően az oldatporlasztás, mint mintabeviteli módszer, bevezetésével vált mennyiségi analitikai módszerre. A különböző elvű (pneumatikus, ultrahangos stb.) porlasztó rendszerek számos verziója alakult ki az atomspektroszkópiai források (lángok, ICP) és a porlasztott közeg sajátosságai (híg és tömény oldatok, olajok, szuszpenziók) szerint. A GF-AAS technikai fejlődéséhez hozzátartozott az oldatadagolás automatizálása, amely nemcsak kényelmi szempontból, hanem a pontosság és

megbízhatóság növelésében is fontosnak bizonyult. Az oldatos analitikai kémiai módszerek automatizálásának legújabb fejleménye a „flow injection” (FI) technika térhódítása, amely természetesen az oldatos OAS és MS módszerekre is vonatkozik [22]. Az FI-technika leggyakrabban a folyamatos oldatporlasztással (láng vagy ICP) kapcsoltan nyer alkalmazást, de megoldott a szakaszos oldatadagoláshoz (GF-AAS) történő adaptálása is.

Az adomabszorpciós módszerek, előbb már említett, átütő sikere [14] nem kis részben azon alapszik, hogy ezek alapvetően az oldatos mintabevitel alkalmazására épültek, és az utóbbi évtizedekben megnövekedett az eleve oldat formában megjelenő vagy egyszerűen oldható minták elemzésére iránti igény. Ez a felismerés megnyilvánult a kompetatív ICP-AES és ICP-MS módszerek kifejlesztésében is. Az OAS és MS mérőműszerek fejlettségéhez viszonyítva lemaradást mutatott a minták oldatbevitelének technikai színvonala a savas feltárást igénylő mintatípusokra nézve, ami korlátozta a rutinszerű alkalmazhatóságot. Az oldatbeviteli műszerezése az utóbbi két évtizedben vett erőteljes lendületet a szabályozott elektrotermikus és mikrohullámú hevítéssel, közepes és nagy nyomást (5–10, illetve 80–200 bar) biztosító feltárási-roncsoló készülékek kifejlesztésével. A kereskedelmi készülékek felhasználásával végzett módszerkidolgozással jelenleg több hazai laboratóriumban foglalkoznak, Heltai és Percsich egy újabb készülékfejlesztést ismertettek Lapunkban [23].

A kémiai elválasztási és dúsítási eljárások alkalmazhatósága, egy további fontos előnye az oldatos módszernek. E kémia műveletek a FI-technikával kapcsoltan folytathatók le a legkorszerűbb mintabeviteli rendszerekben, melyek az OAS és ICP-MS alapműszerekhez egyaránt adaptálhatók. A hidridformában kifejleszhető elemek (Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Se, Te) és ezekkel együtt atomos gőzként kifejleszhető higany OAS és ICP-MS módszerekkel történő meghatározása nagy jelentőségre tett szert [24]. Nem érdektelen megjegyezni, hogy a hidridkifejlesztéshez kapcsolt OAS detektálást (közelebbről szikra-spektrográfias detektálást) hazai szerzők vezették be elsőként [25]. A kondenzált fázisú elválasztással és dúsítással (kiemelten a kelátképzéssel kombinált ioncserével) kapcsolt OAS és ICP-MS módszerek legújabb fejlődéséről hazai szerzőktől (és szerzőtársuktól) kapunk áttekintést [26]. A *szagtjelítésményű folyadék-kromatográfia* (HPLC) kapcsolása az OAS és ICP-MS detektálási módszerekhez lehetővé teszi pl. a toxikus elemek kémiai formájának meghatározását [27] („speciáció analízis”), mely egy újabban felmerült igény. A HPLC-OAS kapcsolás tehát túllépi az elemanalízis kereteit.

Az oldatos módszerek alapvetően fontos előnye az analitikai kalibrálás (standardizáció) viszonylagos egyszerűsége, mely kérdésre még visszatérünk.

Szilárdmintás módszerek

A szilárd halmazállapotú vizsgálati anyagok bizonyos típusainak sorozatelméletét végző laboratóriumokban igény jelentkezik a közvetlen (szilárdmintás) elemzési módszerek alkalmazására. Olyan mintatípusokról van szó, amelyek

kémiai előkészítésének (feltárási-oldás) költsége nagymértékben meghaladja a szilárd minták mechanikai előkészítésének, valamint a szilárd referencia minták (standardok) beszerzésének költségét. A különböző költségtelek között a nagytisztaságú savak és egyéb vegyszerek beszerzése igen jelentős anyagi megterhelést jelent egy folyamatosan működő laboratóriumban. A szilárdmintás módszerek alkalmasabbak lehetnek továbbá a homogenitás vizsgálatára, valamint a felületi és mélységi koncentráció-profilok meghatározására. Röviden említjük, hogy a fémek vizsgálatára a glimmszülést (glow-discharge) alkalmazó OAS és MS módszerek fokozott jelentőségre tettek szert, az ugyancsak dinamikus fejlődő és a legtöbb szilárdmintás analitikai feladatkörben alkalmazható röntgen spektrometriás módszerek mellett.

Az OAS és ICP-MS módszerek viszonylatában, egy újabb elterjedő mintabeviteli elvet képvisel a *minták termikus diszpergálása* és az előállított szilárd (száraz) aeroszól átvitele valamilyen észlelési forrásba. A *termikus diszpergálás* megjelölés magában foglalja a kisméretű szilárd vagy olvadék részecskék leszakadását a lokálisan hevített mintafelületről (abláció), és/vagy az ilyen részecskék keletkezését a nagyhőmérsékletű mintagözből, annak hideg gázzal történő keverésével. Párolgató-diszpergáló forrásként a szikrakísülés és az ívkísülés nyert elsődleges felhasználást, és ezeket lángokhoz, majd pedig különböző plazmákhoz, mint észlelési forrásokhoz, csatlakoztattak. A mintából keltett aeroszól átvezetése viszonylag kis hőmérsékleten (többnyire műanyagcsőben) történik, és az így módon összekapcsolt források megjelölésére javasoltak „kombinált források” [28] és „tandem források” [29] elnevezéseket. A *kiterjedt geometriájú fémminták és pasztillázott portminták elemzésére kidolgozott szikra-ICP-AES (-MS) módszerek* irodalma könyvekben [17, 18, 21] összefoglaló közleményekben [28, 29] és pl. egy újabb dolgozatban [30] áll rendelkezésre.

A lézeres elpárolgató és a szikragejlesztés kombinációját 1962-ben vezették be [31], és a spektrográfokhoz adaptált „lézer-mikroanalitikai” források széles körű felhasználást nyert [3]. A hazai sikeres alkalmazások közül, a Lapunkban ismertetett munkára utalunk e helyen [32]. A fémolvadékok lézer-AES elemzését, közvetlenül az olvasztó kemencébe irányított lézer-sugárral végzett gerjesztés segítségével, újabban valósították meg [33].

A lézeres hevítéssel végzett termikus diszpergálás, amely magában foglalja az aeroszól átvitelét egy külön energiaforrással működtetett észlelési forrásba, sokoldalúan alkalmazható mintabeviteli elvnek bizonyult. E mintabeviteli elv bevezetésére hazai laboratóriumban történtek meg a kezdeti lépések, láng észlelési forrás (AES, AAS) alkalmazása mellett [34, 35]. Az alkotók szimultán detektálását a *Lézer-ICP-AES* [17, 18, 36, 37], és ezzel együtt a nagy kimutatási képesség elérését (10^{-15} – 10^{-13} g) a *Lézer-ICP-MS* [18, 21] módszerek biztosítják.

Alternatív oldatos-szilárdmintás módszerek

A fentebb változott szilárdmintás módszerek a kiterjedt geometriájú minták és pasztillázott portminták elemzésére alkalmasak. A kis tömegű (mg nagyságrend) szilárd halmazállapotú min-

ták és a grafit hordozóra száritott oldatok (10–50 mikroliter) közvetlen elemzéséhez az ív-emissziós spektrográfia nyújt jó lehetőséget, mely módszer azonban a fotográfiás fénymérés háttérbeszorulása miatt, sokat veszített jelentőségéből. Az egyenáramú ívkisülés anódjaként kapcsolt grafitkehelyben a minta hevítése döntően a kehelyfalon át, hővezetéssel történik [2]. Így, a minta párolgását eredményező kondenzáltfázisú folyamatok „termikus” jellegűek, szemben a szikrakisülésnél és lézeres hevítésnél érvényesülő ablációs folyamattal. A párolgotatás szempontjából tehát a grafit hordozóelektródos egyenáramú ív, az elektrotermikusan hevített grafitkemencéhez mutat analógiát. Érdekes megjegyezni, hogy a GF-AAS bevezetésénél, kezdetben ívkisüléssel segítették elő a minta párolgását, és a keletkező mintagőzt vezették elektrotermikusan hevített grafitcsőbe [8, 9]. A grafitanód végfelületén (anódfolt), a mintaoldat száraz maradékának hőmérséklete megközelítheti a 4000 K-t, míg elektrotermikus hevítéssel a grafitfali hőmérséklete nem növelhető 3000 K fölé, tartós használat (sokszori felfűtés) mellett. A 3000 K feletti hőmérséklet az extrém hőstabilitású fémek és/vagy karbidjaik (pl. Ta, Nb, Hf, Zr, W, U, Th, Ti) intenzív párolgotatásához szükséges.

Az elektromos hevítés, a pontosabb szabályozhatósága révén, döntő előnybe került az ív-hevítéssel szemben, és az analitikai grafitkemencék látványos technikai fejlődése vezetett el a GF-AAS elterjedéséhez. Noha a GF-AAS elsősorban oldatos módszer (ld. előbb), a kis tömegű szilárd minták bemérésével végzett GF-AAS elemzések jelentőségre tettek szert. A későbbiekben a porminták szuszpenzió formájában történő bemérése (slurry injection technique) került előtérbe annak megfelelően, hogy folyamatos ultrahangos keverés mellett a szuszpenziók térfogatos bemérését az automatikus mintaadagolók lehetővé teszik [10, 11, 13].

Protított minták ICP-AES elemzéséhez a szuszpenziók porlasztásos bevitelle (slurry nebulization technique) a legegyszerűbb módszer, melyhez a szuszpendálás és a porlasztás körülményeinek alkalmas megválasztása szükséges [17, 18, 38, 39]. Alkalmazhatósága azonban finomeloszlású pormintákra (10 mikrométernél kisebb szemcseméret) korlátozódik. Egy másik mintabeviteli mód, a grafitkehelybe mért porminta betöltése az ICP alsó zónájába (direct sample insertion technique), melyhez megfelelő automatikát fejlesztettek ki [17, 18, 38, 40]. E módszernél, a mátrixtól függően párolgási problémák jelentkezhetnek.

Az oldatok és kis tömegű szilárd minták ICP-AES elemzéséhez hatékony mintabeviteli módszernek bizonyult az elektrotermikus párolgotatással (electrothermal vaporization: ETV) végzett termikus diszpergálás: **ETV-ICP-AES** [17, 18], **ETV-ICP-MS** [21, 41]. Az oldatok ETV-ICP-AES elemzésének bevezetése, tantálszalagos kemence alkalmazásával, 1974-ig vezethető vissza [42]. A későbbiekben a grafitkemencék alkalmazása került előtérbe, melyek alkalmasabbak a szilárdminták elpárolgotatásához. Az utóbbi követelmény elérése érvényesült az egyenáramú ívvel végzett „termikus” párolgotatásnál is, láng észlelési forrás (AES és AAS) alkalmazása mellett [43–45]. Az elektronikus párolgotatás speciális esete a grafitkemencés pá-

rolgotatás (graphite furnace vaporization: GFV) és ennek megfelelően beszélhetünk **GFV-ICP-AES** és **GFV-ICP-MS** módszerekről. Az extrém hőstabilitású fémek, oxidok és karbidok elpárolgotatásának problémája megoldhatónak bizonyult a kemencegázhoz (argon) kevert halokarbongőzzel (pl. CCl_4 , CCl_2F_2) végzett halogénezés révén [46–49].

A GFV-ICP-AES legutóbbi fejlesztésében a kemence-ICP kapcsolat (interface) újszerű kialakítása [50, 51], a porminták (5–50 mg) cseréjének egyszerűsítése [52], továbbá a halogénezéssel gyorsított in-situ tisztítása és párolgotatás körülményeinek kialakítása [52, 53], tekinthető fontosabb lépéseknek. Egyik célszerű alkalmazásként merült fel a nehezen oldatbavihető kerámiapорок közül a szilícium-karbid (SiC), közvetlen elemzési módszerének kidolgozása [53, 54].

Amint az a bevezető részben említésre került, az atomspektroszkópiai források és bizonyos mintabeviteli módszerek fejlesztése a nagyhőmérsékletű kémia és fizika ismeretanyagára támaszkodik. Másfelől, részben az atomspektroszkópiai mérés technikák biztosítanak megfelelő kísérleti háttérrel ezen elvi-elméleti ismeretek gyarapításához, ami a szakterület speciális alapkutatói célkitűzése. A nagyhőmérsékletű párolgás és atomizáció, valamint az ezekkel összefüggő kondenzáltfázisú folyamatok vizsgálatához leggyakrabban a GF-AAS és GF-MS (molekula abszorpciós spektrometria) [55, 56], továbbá a grafitkemencés párolgotatással kapcsolt egyéb detektálási módszerek nyertek felhasználást: **GFV-Flame-AAS** [48, 57, 58], **GF-MS** [59], **GFV-ICP-MS** [60]. A termikus diszpergálás analitikai sajátosságainak értelmezése (pl. az analitikai függvények linearitása, mátrixhatás) az aeroszól tudomány ismereteinek felhasználásával, ugyancsak ezen speciális alapkutatásokhoz tartozik [61–63].

Analitikai kalibráció és megbízhatóság

Egy adott analitikai mérés technika alkalmazhatóságának alapvetően fontos kérdése, hogy a kalibrációnak milyen mértékben kell támaszkodnia elemzési eredményekre, a következő értelemben.

Az ismert koncentrációjú „egyelemes” vagy „sokelemes” törzsoldatok elkészítése is feltételezi az előzetes analitikai eredmények felhasználását. Mivel azonban ezek az oldatok jelenleg már többnyire beszerezhetők, a kalibráció ezen kérdéséről eltekinthetünk. A nevezett törzsadatok birtokában, egyszerű összeméréssel és hígítással közel tetszőleges összetételű kalibráló oldatok készíthetők, amennyiben a törzsadatok nem tartalmaznak az adott elemzés szempontjából nem érdeketlen, „ismeretlen” szennyezőket.

Az oldatos Flame-AAS, GF-AAS és kisebb mértékben az ICP-AES (-MS) módszerek a leginkább toleránsak a mintamátrix változására nézve. E módszerek számos elemre és mintatípusra megbízható eredményt szolgáltatnak az olyan „egyszerű” kalibráló oldatok alkalmazása mellett, melyek csak a meghatározandó elemet (vagy elemeket) tartalmazzák, a mintaoldatoknak megfelelő oldószerben. Bizonyos elemek és mintamátrixok esetén azonban, kémiai módosítók

adagolása szükséges, melyek a mátrix helyettesítését és/vagy kiegyenlítését szolgálják. A nagy mátrixkoncentrációjú oldatok elemzésénél (pl. fémelemzések) szükséges lehet a kalibráló oldatok és mintaoldatok mátrixösszetételének szoros illesztése (mátrix matching), a megbízható analitikai eredmények eléréséhez. Az addíciós kalibráció (a meghatározandó elem adagolása a mintához), a mátrixillesztés fontos módszere, mely azonban csak a spektrális zavaróhatások kiküszöbölésével (pl. pontos háttérkorrekcióval) együtt hatékony. Annak megállapítása, hogy az adott esetben a kalibrációt milyen fokú „bonyolultsággal” szükséges elvégezni, a gyakorlati analitikus feladta, mely a potenciális zavaró hatások részletes tanulmányozásán alapszik. Végül soron, az esetleges módszeres hibák felderítésére és kiküszöbölésére nincs jobb lehetőség, mint az ellenőrzött referencia minták (standardok) felhasználása a kalibráló oldatok elkészítéséhez.

A szilárdmintás módszerek célszerű alkalmazásával kapcsolatban már említésre került a referenciaminták alkalmazásának igénye a mennyiségi elemzéshez. A kalibrációt, az oldatos elemzéshez viszonyítva, bonyolultabbá teszi, hogy a mátrixillesztést nemcsak az elemi összetétel, hanem a kémiai és fizikai szerkezetre nézve is biztosítani kell, bár ilyen vonatkozásban a különböző módszerek eltérő mértékű közelítést engednek meg. A szerkezeti hatások tanulmányozása és a megbízhatóság ellenőrzése, ismert szerkezetű referenciaminták alapján, – a fémelemzés területén – már korábban általános gyakorlattá vált.

Az alternatív oldatos-szilárdmintás módszerek kifejlesztésében fontos szerepet játszott az oldatos kalibráció és a szilárdmintás elemzés előnyeinek összekapcsolása. Ennek elvi lehetősége a meghatározandó alkotók teljes elpárolgotatásán és az elpárolgotatás időtartamára integrált analitikai jelek mérésén alapszik. Ezen szükséges, de nem feltétlenül elégséges kritériumok teljesíthetők pl. a GF-AAS és GFV-ICP-AES (-MS) módszerekkel. A szuszpenziók porlasztásos ICP-AES elemzésénél stacionárius jeleket mérünk, a plazmában történő teljes elpárolgás azonban ugyanúgy elvi feltétele az oldatos kalibrálás alkalmazhatóságának.

A grafitkemencés elpárolgotatást alkalmazó módszereknél a grafitcsőbe, vagy a grafit mintatartóba mért pormintához adagolható a meghatározandó elemeket (esetleg kémiai módosítókat) tartalmazó kalibráló oldat, mely addíciós kalibráció gyakran vezet sikerre. E módszerekkel nyert további fontos tapasztalat, hogy a porminta szemcseméretének viszonylag nagymértvű változása sem okoz módszeres hibát [54]. E kedvező tapasztalatok azonban nem általánosíthatók, és így érvényes, hogy a megbízhatóság végső ellenőrzésének, a független módszerekkel elemzett referenciaminták felhasználásán kell alapulnia.

A forgalmazott (esetleg nemzetközileg ellenőrzött) referenciaminták beszerzése többnyire rentábilis befektetés az előre tervezhető sorozatelemzéseket végző laboratóriumok számára. Amennyiben a laboratórium rendelkezik mind az oldatos, mind a szilárdmintás módszerek alkalmazásához szükséges feltételekkel, úgy az oldatos módszerekkel megkelemlzett néhány, változott minta a „laboratóriumi referenciaminta”

szerepét töltheti be, a sorozatelemzéshez alkalmazott szilárdmintás módszerhez.

A hazánkban sürgősségi feladatként jelentkező minőségbiztosítás [64] műszaki-tudományos kérdései között nagyfórtossága az analitikai módszerek ellenőrzése, és a megfelelően talált módszerek szabványosítása. Az ellenőrzést, különösen az export termékek vonatkozásában, célszerű a nemzetközileg elfogadott referenciamenták felhasználására alapozni, mely a fentiek szerint nemcsak a szilárdmintás, hanem az oldatos módszerekre is vonatkozik. Az utóbbi megjegyzéssel vitatjuk a nagymérvű elfogultság jogosságát az oldatos módszerek javára, mely gyakran vezet a gyártás- és gyártmányellenőrzés által igényelt gyors, szilárdmintás módszerek szabványosításból való kirekesztésére.

932 053 110

Irodalom

- [1] Pólos L.: Anyagvizsgálók Lapja 2, 119 (1992).
- [2] P.W.J.M. Boumans: Theory of Spectrochemical Excitation. Plenum Press, 1966.
- [3] T. Török, J. Mika, E. Gegus: Emission Spectrochemical Analysis. Akadémiai Kiadó, 1978.
- [4] Kéthelyi J.: Anyagvizsgálók Lapja 2, 116 (1992.)
- [5] C.Th.J. Alkemade, T.J. Hollander, W. Snelleman, P.J. Th. Zeegers: Metal Vapours in Flames. Pergamon Press, (1982).
- [6] A. Walsh: Spectrochim. Acta 7, 108 (1955)
- [7] A. Walsh: Advances in Spectroscopy, Vol. II. Interscience Publ. 1961.
- [8] B.V. L'vov: Spectrochim. Acta 17, 761 (1961).
- [9] B.V. L'vov: Atomic Absorption Spectrochemical Analysis. Adam Hilger Ltd. 1970.
- [10] W. Slavin: Graphite Furnace AAS. A Source Book. Published by The Perkin-Elmer Corp., Spectroscopy Div. 1984.
- [11] B. Welz: Atomic Absorption Spectrometry. VCH Verlagsgesellschaft mbH, 2nd ed. 1984.
- [12] B.V. L'vov: Spectrochim. Acta 45B, 633 (1990).
- [13] S.J. Haswell (ed.): Atomic Absorption Spectrometry - Theory, Design and Applications. Elsevier Publ. Co., 1992.
- [14] T. Braun, S. Zsindely: Trends in Analytical Chemistry 9, 144 (1990).

- [15] S.Greenfield, I.L. Jones, C.T. Berry: Analyst 89, 713 (1964).
- [16] R.H. Wendt, V.A. Fassel: Anal. Chem. 37, 920 (1965).
- [17] P.W.J.M. Boumans (ed.): Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy. Vols. 1 and 2., Wiley 1987.
- [18] A. Montaser, D.W. Golightly (eds.): Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry. VCH Publ. Inc. 1987.
- [19] R.S. Houk, V.A. Fassel, G.D. Flesch, H.J. Svec, A.L. Gray, C.E. Taylor: Anal. Chem. 52, 2283 (1980).
- [20] A.R. Date, A.L. Gray: Analyst 106, 1255 (1981).
- [21] A.R. Date, A.L. Gray (eds.): Applications in Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Blackie and Son Ltd. 1989.
- [22] J.F. Tyson: Spectrochim. Acta Rev. 14, 169 (1991.)
- [23] Heltai Gy., Percsik K.: Anyagvizsgálók Lapja 2, 111 (1992.)
- [24] T. Nakahara: Spectrochim. Acta Rev. 14, 95 (1991).
- [25] L. Erdey, E. Gegus, E. Kocsis: Acta Chim. Acad. Sci. Hung. 7, 343 (1955).
- [26] Zs. Horváth, A. Lászlótyi, R.M. Barnes: Spectrochim. Acta Rev. 14, 45 (1991).
- [27] W.D. Spall, J.G. Lynn, J.L. Andersen, J.G. Valdez, L.R. Gurley: Anal. Chem. 58, 1340 (1986).
- [28] T. Kántor: Spectrochim. Acta 38B, 1483 (1983).
- [29] M.V. Borer, G.M. Hieftje: Spectrochim. Acta Rev. 16, 463, (1991).
- [30] I. Steffan, G. Vujicic: Spectrochim. Acta 47B, 61 (1992).
- [31] Pankotai L-né, Györfiné Buzási A., Németh I-né: Anyagvizsgálók Lapja 2, 117 (1992).
- [32] C.J. Lorenzen, C. Carlhoff, U. Hahn, M. Jogwich: J. Anal. At. Spectrom. 7, 1029 (1992).
- [33] T. Kántor, L. Pólos, P. Fodor, E. Pungor: Talanta, 23, 585 (1976).
- [34] T. Kántor, L. Bezúr, E. Pungor, P. Fodor, J. Nagy-Balogh, Gy. Heincz: Spectrochim. Acta 34B, 341 (1979).
- [35] K. Dittrich, R. Wennrich: Prog. Analyt. Atom. Spectrosc. 7, 139 (1984).
- [36] L. Moenke-Blankenburg: Spectrochim. Acta Rev. 15, 1 (1993).
- [37] J.A.C. Broekaert, F. Leis, B. Reeymaekers, Gy. Záray: Spectrochim. Acta 43B, 339 (1988).
- [38] Varga I.: Egyetemi doktori értekezés. ELTE, Budapest, 1993.

- [40] Gy. Záray, G. Kónya, J.A.C. Broekaert, F. Leis: Chemia Analytica (Pol.) 35, 311 (1990).
- [41] C.J. Park, G.E.M. Hall: J. Anal. At. Spectrom. 2, 473 (1978).
- [42] D.E. Nixon, V.A. Fassel, R.N. Knisely: Anal. Chem. 46, 210 (1974).
- [43] T. Kántor, E. Pungor: Preprints 17th Coll. Spectrosc. Int., Florence, 1973. Vol. I, p. 83.
- [44] T. Kántor, P. Fodor, E. Pungor: Anal. Chim. Acta 102, 17 (1978).
- [45] Posta J.: Hung. Sci. Instruments 47, 33 (1980).
- [46] G.F. Kirkbright, R.D. Snook: Anal. Chem. 51, 1938 (1979).
- [47] Kántor T., Pungor E., Hanákné Juhai É., Gráfné Harsányi E.: XXI. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés Előadásai, Szeged, 1978. 129. old.
- [48] T. Kántor, L. Bezúr, E. Pungor, J.D. Winefordner: Spectrochim. Acta 38B, 581 (1983).
- [49] T. Kántor: Chemia Analytica (Pol.) 35, 205 (1990).
- [50] W.L. Shen, J.A. Caruso, F.L. Fricke, R.D. Satzger: J. Anal. At. Spectrom. 5, 451 (1990).
- [51] T. Kántor: J. Anal. At. Spectrom. 7, 219 (1992).
- [52] T. Kántor, Gy. Záray: Fresenius J. Anal. Chem. 342, 927 (1992).
- [53] Gy. Záray, T. Kántor, G. Wolff, Z. Zadgorska, H. Nickel: Mikrochim. Acta 107, 345 (1992).
- [54] Kántor T., Záray Gy.: XXXV. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés és VIII. Magyar Molekulaspektroszkópiai Konferencia Előadásai, Székesfehérvár, 1992. 3. old.
- [55] W.Frech, E.Lundberg, A. Cedergren: Prog. Anal. At. Spectrosc. 8, 257 (1985).
- [56] D.A. Katskov: Spectrochim. Acta Rev. 14, 409 (1991).
- [57] T. Kántor, E. Pungor, J. Sztatisz, L. Bezúr: Talanta 26, 357 (1978).
- [58] L. Bezúr, J. Varga, E. Pungor: Microchem. J. 46, 82 (1992).
- [59] L.J. Prell, D.L. Styris, D.A. Redfield: J. Anal. At. Spectrom. 6, 25. (1991).
- [60] J.P. Byrne, C.L. Chakrabarti, D.C. Gregoire, M. Lamoureux, T. Ly: J. Anal. At. Spectrom. 7, 371 (1992).
- [61] G.F. Kirkbright, D.L. Millard, R.D. Snook: Anal. Proc. (Chem. Soc. London) 17, 16 (1980).
- [62] T. Kántor: Spectrochim. Acta 34B, 1299 (1988).
- [63] R.D. Ediger, S.T. Beres: Spectrochim. Acta 47B, 907 (1992).
- [64] Róth A. Anyagvizsgálók Lapja 2, 125 (1992).

SZEMLE

Környezetvédelmi műszerek

A levegő paramétereit mérő készülékek

Multi-gas detektor

Zsebméretű, MiniGas elnevezésű, kis gáz-
elemző készülék, oxigén, egyes égéstermékek,
szénmonoxid, hidrogén-szulfid kimutatására. Di-
gitális kijelzővel, por- és nedvesség elleni véde-
lemmel alumínium házba szerelve kerül forga-
lomba. Kiegészítő széles skálája illeszthető
hozzá, (pl.: az alapértelmezésen túl más kom-
ponensek vizsgálata, regisztráló csatlakozta-
s). Neotronic of North America, Inc. forgalmaz-
za. (IIC 1992. Nov./Dec.)

Mérgező gázra riasztó készülék

Méri és kijelzi a környezetben lévő hidrogén-szulfid
szintet; a felhasználó által meghatározott
szennyeződési szint elérése esetén riasztást ad.
Érzékelője a felhasználó ingnyakára csipet-
hető, így egyéni jelző készülékként is használ-

ható. Ez esetben a tényleges belégzési zóna
paramétereinek vizsgálatára alkalmas. Típusa:
pm-7021. Metrosonic Inc. termék. (IIC
1992.Nov./Dec.)

Éghető gáz szenzor

A rendszer robbanásbiztos szenzorokból áll,
melyek infravörös távzárlásúak és távleol-
vasásúak. Beépített folyadékkristályos kijelzővel
rendelkeznek, különböző éghető gázok kon-
centrációjának on-line mérésére alkalmasak. A
szenzorok villamos feszültségjelet szolgáltat-
nak, amelyet egy központi egységbe (számító-
gép, adatgyűjtő, mikroprocesszor) továbbíta-
nak, ahol a jelek értékelése történik. Hagyomá-
nyos ipari alkalmazásán kívül áruházak; alag-
utak esetében is alkalmasak folyamatos kon-
centráció mérésére. MSA International termék.
(WIR 91 Dec/92.Jan.)

Hidrogén-szulfide detektor

SulfurSmart fantázianévű, on-line üzemű készü-
lék méri és kijelzi a hidrogén-szulfid (H₂S) pillan-
tnyi értékét. Robbanásbiztos kivitel. Mikropro-
cesszor bázisú. Del Mar Scientific termék. (WIR
91 Dec/92.Jan.)

Klórgáz-detektáló készülék

A készülék a klórgázt alacsony hőmérsékleten
is (-40...+40 °C) detektálja speciális, klórgázra
érzékeny elektro-mechanikai szenzorai segítsé-
gével. Az érzékelők várható élettartama: 12...16
hónap. A készülék karbantartást nem igényel,
csupán az időnkénti rutin kalibrálást, ill. a kalib-
rálás ellenőrzését. Méri tartomány: 0...5 ppm.
Sensidyne Inc termék. (IIC 1992.Nov/Dec.)

Portartalom mérése levegőben

A "406 Dust Monitor" típusjelzésű készülék a
levegő por mennyiségének meghatározására,

folyamatos detektálására, illetőleg folyamatszabályzásra alkalmas kivétel. Digitális kijelzőjén mg/m^3 mértékegységben mutatja a szennyezés mértékét. Egyszerűsége révén széleskörűen alkalmazható ipari üzemben, olyan helyeken, ahol a feldolgozás során por formában melléktermék keletkezik. Anacon Corp. terméke. (WIR 91.Dec/92.Jan.)

Reagens oxigén analízátor

Az 110 A jelzésű oxigénanalízátor egy mintavetőből, és egy szabályzó (központi) egységből áll, amely akár 488 m távolságra is el lehet helyezve a mintavető egységtől. A kijelző digitális, 605 különböző határérték állítható be és automata kalibrálás megvalósítására is lehetőséget biztosít a rendszer. A mintavető robbanásbiztos, éghető anyag környezetben is elhelyezhető. Servomex Co. termék. (WIR 91/Június.)

Oxigén elégtelenség jelző

335 X jelzésű készülék gyors és pontos oxigénkoncentráció vizsgálatot teszi lehetővé zárt légtérben, folyamatos mintavételezéssel és egyidejű kijelzéssel. A készüléken különböző oxigénkoncentrációs határértékek állíthatók be, pl. 20%, 19,5%. Ez utóbbi határérték elérése esetén hang- és fényjelzéssel figyelmeztet a kritikus oxigénkoncentrációs szint elérésére. Elsősorban olyan egységekben indokolt az alkalmazása, ahol a levegő oxigéntartalmát valamilyen nagy fogyasztó felhasználhatja, illetőleg ahol húzamosabb idejű emberi tartózkodás képzelhető el, és a légcsere csak korlátozottan biztosított. Teldyne Analytical Institute terméke. (WIR 91/Június.)

Oxigén- és robbanógázmérő

Az MX11 típusú kéziműszer a gyúlékony, robbanásveszélyes gázokkal szennyezett és/vagy oxigénhiányos levegőjű munkahelyeken dolgozók tényleges védelmét szolgálja. Kezelése egyszerű. A standard kivitel memóriájába hét referencia gáz (pl.: földgáz, propán, bután, metán) adatai programozhatók be. Méréskor a kiválasztott gáz mennyiségét az alsó robbanási határ százalékában jeleníti meg (pontosság: 1%), felváltva az oxigén térfogatszázalékos értékével (pontosság: 0,4 t%). Ha a gázkoncentráció meghaladja az előre beállított értéket, akkor optikai és akusztikai riasztójelet ad, amely a riasztási állapot megszűnéséig megmarad. Beépített mikroszámítógép, RS-232-C interfész kimenettel. Oldham France S.A. termék. (MMK 1992/51.)

Lézeres pormérő

A telepről működő készülék a 2,8 l/min. teljesítményű szivattyújával átáramoltatott levegőben megméri a 0,5 μm -nél kisebb porszemcsék mennyiségét mg/m^3 egységben. Kijelzése digitális. Kimenet RS-232 interfésszel. A Grimm cég terméke. (MMK 1992/51.)

Füstgázelemző

A GA-30 típusú készülékhez O_2 , CO és SO_2 gázszensor csatlakoztatható, mérhető még a füstgáz hőmérséklete, a huzat, a nyomás és a nyomáskülönbség, és Bacharach módszerrel a korom. Beépített nyomtató, telepes és hálózati üzemmód.

A GA-60 típusú készülékkel az NO és az NO_2 tartalom is mérhető. MADUR termék. (MMK 1992/51)

Füstgázelemző

A Testo 340 típusú telepes készülék -40...+1200 °C tartományban méri a füstgáz O_2 , CO, és CO_2 tartalmát, valamint a huzatot ± 50 hPa tartományban. A Testoterm terméke. (MMK 1992/51.)

Dinitrogén-oxid mérő

A PA 404 típusú készülékkel 0...500 ppm tartományban mérhető az NO_2 tartalom 50 ml/min és 1 l/min áramlási sebesség mellett. Akusztikus jelzés, regisztráló kimenet. Servomex termék. (MMK 1992/51.)

Kipuffogógáz-analízátor

Az INFRALYT 4000 típusú készülékkel egyidejűleg mérhető a CO, CO_2 , HC és O_2 tartalom, illetve a lambda tényező. Fordulatszám- és olajhőmérséklet-mérő szondája is van. A beépített nyomtató rögzíti a mérési adatokat. Junkalor gyártmány. (MMK 1992/51.)

Vízminőség, vízszennyezések vizsgálati eszközök

Hordozható vízminőségelemzők

A 4000 Mini Lab márkanévvel jelzett készülékkel folyamatos mintavétellel vizsgálhatók a következő jellemzők: pH, hőmérséklet, vezetőképesség, oldott oxigén, vízsebesség, ORP, ill. TDS, sótartalom, ólomtartalom. Kézi- és programozott üzemmódban dolgozhat, egyszerre 10 csatornán. A 32 csatornájú kiépíthető kivételhez különböző szondák csatlakoztathatók. Lonszelektív szondát csatlakoztatva a különböző nitrátok, kloridok és a vízkeménység mérhető. Solomat Instrumentation termék. (IIC 1992.Nov./Dec.)

Az U 10 típusú, helyszíni vizsgálatokhoz használható készülék méri a víz hőmérsékletét, pH-ját, zavarosságát, oldott oxigén tartalmát, vezetőképességét, sótartalmát. Számjegyes kijelzés, telepes üzemmód. Hqriba gyártmány. (MMK 1992/51.)

Kézi pH-mérő készülék

Nagy pontosságú (5 pontos autokalibráció elvén) pH-mérés, mV, valamint relatív mV mérést biztosít, folyadékkristályos kijelzővel ellátott kézi készülék. Beépített RS-232 C interfész segítségével a számítógép csatlakozás biztosított. Fontosabb szolgáltatásai között említhetjük az automata hőmérséklet kompenzációt, a tartási funkciót, a telep töltési állapotának kijelzését. Cole Parmer termék. (IIC 1992.Nov./Dec.)

Vízben oldott oxigén mérése

Egyszerű kivitel, kézi berendezés, Oxi 96-B markajelzéssel. A mikroprocesszoros készülék az oxigén, valamint a vízhőmérséklet mérésére alkalmas, OxiCal® gyorshitelesítéssel. A készülék hitelesítő gyorshitelesítéssel, légnyomás és sótartalom korrekcióval rendelkezik. Regisztrálózhoz kimenet beépítve, hálózati adapter csatlakozás biztosított. WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH) termék. (WTW kiadvány.)

Környezeti zajszintmérések

Hangszintmérő készülék

Precíziós zajmérés, statisztikai adatfeldolgozás, hordozható kivitel, digitális kijelzés jellemzi a készüléket, 1/3 oktáv, valamint teljes oktáv tartományú szűrőzéssel. Széles körű ipari, valamint hangtechnikai mérési alkalmazást biztosít az egyszerű kezelhetőség, az automatikus vagy

kézi működtetési lehetőség. Rezgésmérő fejfel kiegészítve 1/3, valamint teljes oktáv szélességben biztosít rezgésmérési lehetőséget is. (WIR/91. Jún.)

Egyszerű hallás-vizsgáló készülék

Zajos környezetben, vibrációs eszközökkel dolgozóknak számos esetben okoz problémát az olyan halláskárosodás, amely fokozatosan következik be, és amely megelőzhető lenne, ha egyszerű vizsgálati technika rendelkezésre állna egy adott munkahelyen a rendszeres ellenőrzésre. Az Alfred Peters Ltd. egy olyan, teleppel működtetett hordozható hallásvizsgáló készüléket fejlesztett ki, amely 8 különböző beépített teszt csatornáján 250 Hz-től 8 kHz-értékig 19 hallásintenzitást, -10 dB-értéktől 80 dB-értékig -vizsgálni képes mindkét fül hallás érzékenységet. (WIR/91. Jún.)

*

Források: IIC - International Instrumentation and Control. WIR - World Industrial Reporter. MMK - Műszerügyi és Méréstechnikai Közlemények.

Könyvújdonságok

Bonfig, K.W. ed.:

Sensors and Sensorsysteme

Ehningen, Expert, 1991., 667 p.

A rövid idő alatt már öt kiadást megért kézikönyv tíz fejezetben tárgyalja a mérés technikában fordulami változást hozó félvezető és kémiai érzékelők elvi működését, jellemzőit és alkalmazásukat a különböző fizikai jellemzők (hőmérséklet, nyomás, erő, nyomtaték, áramlás stb.) méréséhez. A megértést 448 kitűnő ábra segíti és a gazdag irodalomjegyzék a részletek iránti érdeklődést könnyíti meg.

Oehme, F.:

Chemische Sensoren, Funktion, Bauformen, Anwendungen

Braunschweig, Vieweg, 1991., 152. p.

Tanulmánykötetében szerző rövid technikátörténeti bevezetés után a kémiai elektródákat, detektorokat és mérőcellákat ismerteti működési elv szerinti csoportosításban. Részletesen bemutatja ezen kémiai szenzorok mérés technikai alkalmazását. A tanulmányt bő irodalomjegyzék zárja.

Warr, W. - Willett, P. - Downs G.:

Directory of chemistry software 1992

Oxford, Cherwell, 1992., 204 p.

A kémiai adatfeldolgozásban, a szerkezetkutatásban és modellezésben érdekelt szakemberek számára hasznos útmutatóul szolgál ez a kiadvány, amelyben 160 kémiai szoftvercsomag főbb jellemzőit ismerteti felsorolva a szoftvergyártók címet és a szoftverek keresési indexek referenciáit is. A különböző keresési indexek alapján az olvasó könnyen tájékozódhat a könyvben.

Chemical resistance of plastic materials

New York, IRS, 1991., 1200 p.

A számítógépes adathordozón - IBM PC kompatibilis mágneslemezen - és nyomtatott kiadvány formában is megjelentetett adatbankban 60 műanyagcsalád 1600 különböző vegyi anyaggal szembeni ellenálló képességéről található információ. Az adatbank használata jelentősen megkönnyíti a tervezők munkáját és az adott célnak legjobban megfelelő műanyag kiválasztását.

Forrás: MMK 1992/51

Anyagvizsgálat hőelektromossággal

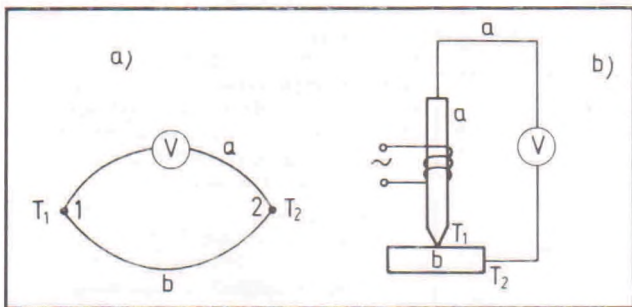
Kajdi Gyula

A roncsolás nélküli anyagvizsgálatoknál a nemhomogén áramkörökben keletkező hőenergiát fel lehet használni fémek anyagvizsgálatára. Különös előny, hogy itt nincs szükség forrasztott kötésekre. Az eljárás jellemzője az, hogy ismert hőelektromos tulajdonságú, hegyesvégű, melegített elektród és a vele érintkező vizsgálati tárgy között keletkező érintkezési hőelektromos feszültséget mérjük.

Ennek a feszültségnek a mérése fémek anyagvizsgálatára és szövetvizsgálatára, valamint különböző felületi bevonatok és rétegek vizsgálatára alkalmas.

A hőelektromos jelenség

Ha két különböző összetételű fém, mely közül az egyiket hevítjük, két helyen érinti egymást, (1. ábra) akkor a két fém között kb. 10^{-6} V nagyságrendű elektromos feszültség keletkezik. Ezt a hőelektromos (Seebeck-hatás) jelenségnek nevezzük.



1. ábra Hőelektromos erő keletkezésének elve

- a) Az a és b fémből álló áramkörben, az érintkezési pontoknál különböző T_1 és T_2 hőmérsékleten;
b) Érintkezési hőelektromos erő keletkezésének elve inhomogén áramkörben két a és b fém érintkezési pontján [4]

Magyarázata az, hogy a melegített, tehát a nagyobb hőmérsékletű helyen az elektronok száma és mozgási energiája nagyobb lesz, mint a kisebb hőmérsékletű helyen. Megindul az elektronok áramlása a kisebb hőmérsékletű hely felé és így feszültségkülönbség jön létre a két vég között. Mivel mind a hő, mind az elektromosság továbbvitelét az elektronok végzik, ezért a kettő közötti összefüggés kvantitatív is kimutatható. A hő és az elektromos vezetőképesség jó közelítéssel minden fémnél ugyanaz és a hőmérséklettől lineárisan függő.

A tapasztalat alapján a fémeket hőelektromos feszültségsorba lehet állítani, amely a következő: Sc, Sb, Fe, Sn, Cu, Ag, Au, Zn, Pb, Hg, Pt, Ni, Bi. Ha a sorozat két tagjából hőelemet készítünk és az érintkezési helyet melegítjük, az a fém mutat pozitív feszültséget, amelyik a sorban előbbre áll.

Az 1. ábrán látható két, a és b fémből álló áramkörben az érintkezési pontok különböző T_1 és T_2 hőmérsékletűek, amely hőelektromos erő keletkezéséhez vezet, ezt abszolút Seebeck-feszültségnek is nevezik. Két különböző anyagból az 1. ábra szerint készült zárt áramkör egyik érintkezési helyét $T_{\text{hideg}} = T$ (környezethőmérséklet) a másik érintkezési helyét $T_{\text{meleg}} = T + dT$ hőmérsékleten tartva az áramkörben adott dT hőmérsékletkülönbségre a feszültség,

$$dU_{12} = u_{12}(T)dt$$

Az $u_{12}(T)$, a differenciál hőelektromos feszültség, amely az u_1 és u_2 abszolút differenciál feszültségből adódik.

$$u_{12} = u_1 - u_2$$

Az abszolút differenciál hőfeszültség egy anyagjellemző. Két vezetősatlakozását állandó $T_2 - T_1$ hőmérséklet-különbségen tartva a relatív integrál feszültséget kapjuk az alábbi összefüggés segítségével:

$$U_{12} = \int_{T_1}^{T_2} u_{12}(T)dt$$

A fémek relatív integrál hőfeszültsége szemben egy vonatkoztatási fémrel, mely a legtöbb esetben platina, 0 – 373 K hőmérséklet tartományban mérve adja a hőelektromos feszültségsort. (1. táblázat).

1. táblázat. Fémek relatív differenciál hőfeszültségsora

Fém	u , $\mu\text{V/K}$	Fém	u , $\mu\text{V/K}$	Fém	u , $\mu\text{V/K}$
Bi	-80,0	Mg	-1,2	Au	+1,7
Co	-18,5	Al	-1,3	Rh	+1,7
Ni	-18,0	Pb	-1,2	Cu	+1,7
K	-15,6	Sn	-1,2	Cd	+3,5
Rb	-10,2	Nb	-0,5	Mo	+5,9
Pd	-9,8	Cs	+0,1	Ti	+7,3
Na	-8,3	W	+0,2	U	+8,0
Th	-6,5	Te	+0,8	Zr	+9,5
Hg	-5,5	Ir	+0,8	Li	+11,5
Pt	-4,4	V	+1,0	Cr	+14,0
Be	-3,35	Ag	+1,4	Fe	+17,0
Ta	-2,3	Zn	+1,5	Sb	+4

Felírhatjuk a következő képletet is:

$$dU_{12} = S_{12} \cdot dT$$

A képletben az S_{12} a Seebeck-tényező, amely a két anyag minőségétől és a hőmérséklettől függ, nem függ azonban az érintkezési helyek geometriájától.

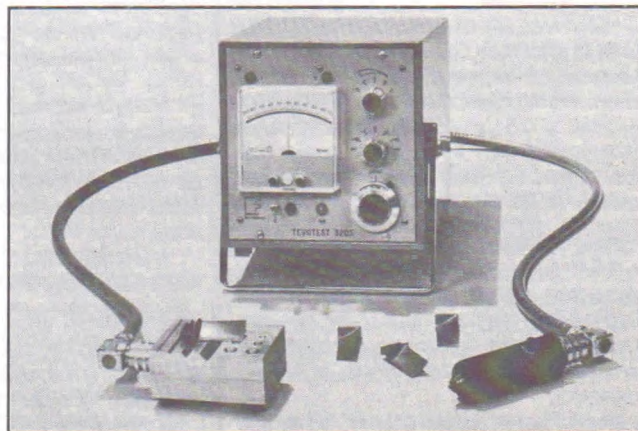
A Seebeck-tényezőt a következő egyenlet definiálja

$$S = \frac{d}{dT} \int_{T_1}^{T_2} E_x \frac{dx}{dT} dT$$

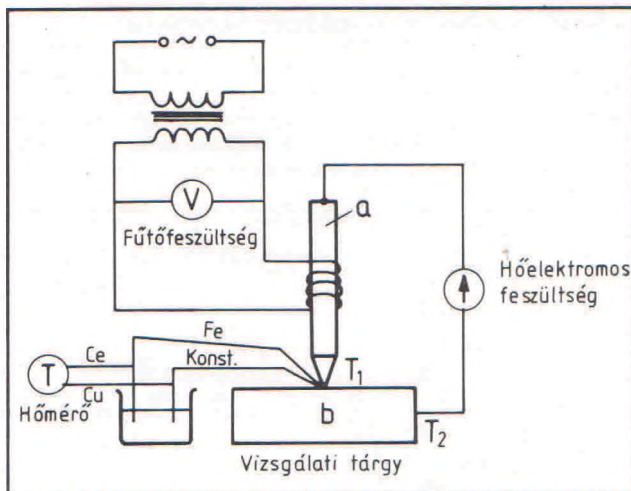
E: elektromos térerősség, levezetése a [6] irodalomból vehető.

Vizsgáló készülékek

A gyakorlatban használatos készülékek két egységből állnak. Egy különálló dobozban (2. ábra) van elhelyezve az áramellátó egység, amely rendszerint lehetővé teszi a hálózattól független üzemeltetést. A dobozon vannak a mérőműszerek és kapcsoló szerkezetek. A vizsgálati eredmény a készülék műszerskálájáról közvetlenül leolvasható. A jelzőegység érzékenysége 10^{-6} V skálaosztásúnak kell lennie, vagy megfelelő erősítőt kell használni. Egy ilyen készülék kapcsolási vázlatát a 3. ábrán látható.

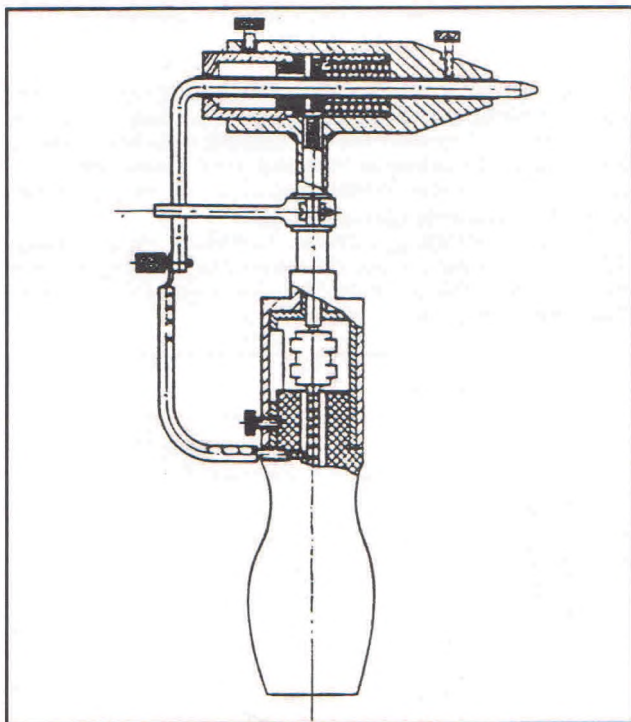


2. ábra. Hőelektromos elv alapján működő Förster-TevoTest 3.205 készülék



3. ábra. Thermotest Q készülék kapcsolási vázlata [2]

A vizsgálandó anyagok csoportokba való osztályozásához lehetséges a hőfeszültséget kompenzációs feszültséggel pl. egy kiválasztott tartományban fekvő ötvözet várható hőfeszültségének középértékére a nullapontra beállítani. Beállítható trigger értékkel félautomatikus üzemeltetés is lehetséges.



4. ábra. Thermotest Q készülék szondájának felépítése [2]

A mérőberendezés második részét a kézi szonda vagy vizsgálófej képezi. A Thermotest Q elnevezésű készülék szondájának elvi felépítése a 4. ábrán látható. A szondában van egy szigetelőbe helyezett elektródot hevítő egység, amely fokozatokban kapcsolható választó transzformátoron keresztül az elektródot 60-80 °C-ra felmelegítheti. A szekunder hőelemek elkerülésére az elektród „hideg” végét elegendő hosszúra kell választani és a hozzávezető huzaloknak lehetőleg olyan anyagból kell készülni, amely hasonló hőelektromos tulajdonságokkal rendelkezik mint az elektródnál használt.

A meleg elektród mindig hengeres kiképzésű, a csatlakozó hegye cserélhető, és készülhet rézből, réz-nikkelből vagy nikkelből. Előnyös olyan elektród anyagot használni, amelynek ismert az abszolút hőelektromos feszültsége. A használatos elektródok átmérője 5...6 mm, a hegyének átmérője 1 mm vagy kisebb.

A „hideg” elektród alakja a mindenkor vizsgálati feladathoz alkalmazkodva különböző lehet.

Az ún. kompaktasterben együtt van a meleg és a hideg elektród egy közös házban.

A meleg elektródot a második elektróddal szemben pontosan meghatározott hőmérsékletre úgy szabályozzák, hogy pl. egy adott szondánál (Tevotest) a hőmérsékletkülönbség mindig 55 °C.

A hőelektromos feszültség nagysága és előjele a választott anyagok kombinációjától függ és szűk hőmérséklet-tartományban arányos a két érintkezési hely közötti hőmérséklet különbségével. A pontos méréshez bizonyos feltételek betartása megkívánt.

Mikroszkópos szövetszerkezet-vizsgálat hőelektromos módszerrel

Acéloknál és ötvözeteknél a hőelektromos módszert fel lehet használni közvetlen a hőkezelés utáni szövetszerkezet vizsgálatára. Hőkezeléskor a szövetszerkezetben a fázisösszetétel változik, a fázisok hőelektromos tulajdonságai pedig határozott eltéréseket mutatnak. Az egyes szövetelemek hőelektromos feszültségeire nézve a 2. táblázatban található értékek adnak felvilágosítást.

2. táblázat. Vas- és acélananyagok néhány szövetelemének hőelektromos feszültsége [1]

Szövet-elem	Grafit	Maradék ausztenit	Cementit	Marten-zit	Perlit	Ferrit
$u, \mu V/^\circ C$	-1,6	-1,6	+1,4	-0,6-től +6,6-ig	+4,7	+5,5-től +9,2-ig
C-tartalom, %				1,3-től 0,8-ig		0,2-től 0,08-ig

A mikro-hőelektromos mérésekről Becker, B. [1] tudósít, aki egy Zeiss-Neophot fémmikroszkópból és a hozzátartozó Hanemann-féle mikrokeménységmérőből mikro-hőelektromos feszültségmérőt készített oly módon, hogy a mikrokeménységmérő behatoló gyémántja helyébe hevített volfrám tűt helyezett, miáltal lehetővé vált a hőfeszültség mérése $\pm 1 \mu m$ célzási pontossággal. A hegy hőmérsékletének ellenőrzése igen finom differenciál hőelemmel történt, melyet mikromanipulátorral hegesztettek az elektród hegyére.

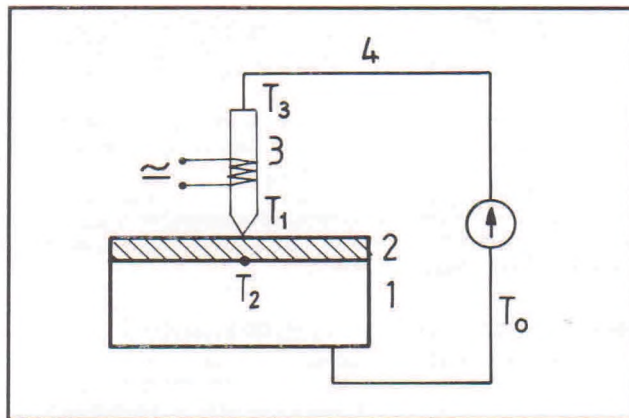
A műszerrel a különböző szövetszerkezetek fázisait is lehet egymástól különválasztva vizsgálni, illetve az egyes szövetelemek, pl. a perlit hőelektromos tulajdonságait mérni (l. a táblázatot). Alkalmas a szövet különbözőségeinek és az összetételváltozások felismerésére mikroszkópos tartományon belül. Zárványok vizsgálatára azonban nem alkalmas, mivel a zárványok nem vezetők vagy félvezetők és hőelektromos tulajdonságaik a szennyeződések miatt változhatnak.

Felületi rétegek vastagságának mérése

Felületi bevonatok vastagságának mérése örvényáramokkal, tehát mágnesinduktív módszerrel bizonyos esetekben vagy nem lehetséges, vagy nehézségekbe ütközik. Ezek az esetek pl. amikor nemvas fémréteg van nemvas alapfémre, vagy ferromágneses réteg ferromágneses alapanyagon. Ez utóbbi különösen az acélokon igen gyakran alkalmazott nikkelrétegek vastagságmérésénél jelent gondot.

Suvarov [7] az említett fémkombinációknál jelentkező nehézségek áthidalására egy hőelektromos mérésen alapuló eljárást javasolt a réteg vastagság meghatározására. Ez az eljárás azt a járulékos és rétegvastagságtól függő érintkezési feszültséget is méri, amely a felületi réteg és az alapanyag között keletkezik, ha a felületet meleg elektróddal érintik.

Az összes feszültség, amely az érintkező meleg elektród hatására keletkezik, több feszültségkomponensből tevődik össze, amelyeknek keletkezési helyei az 5. ábrán láthatóan alapanyag (1) és a fedőréteg (2), a fedőréteg és a meleg elektród (3) között, valamint a meleg elektród és a galvanométer (4) hozzávezetése között vannak. Az elektród hegye és a fémfelület érintkezésénél beáll egy meghatározott hőmérsékleteloszlás a bevonatfémbe, amely a bevonatfém vastagságától, az elektród érintkezési felületének nagyságától és a bimetalréteg anyagainak fizikai tulajdonságaitól függ.



5. ábra A hőelektromos rétegvastagságmérés elvének vázlata
1 – alapanyag; 2 – fedőréteg; 3 – elektród; 4 – csatlakozó vezeték a mérőkészülethez. A T_1 hőmérséklet a szonda hegye és a fedőréteg érintkezésénél; a T_2 a fedőréteg és az alapanyag között; a T_3 az elektród „hideg” végén jön létre; a T_0 környezet hőmérséklete [3]

A szonda alatti hőátadási viszonyok differenciálegyenletének közelítő megoldása [3] a következő összefüggést adja a T_2 határfelületi, a T_1 érintkezési és a T_0 próbaanyag hőmérséklet, valamint az elektródcsúcs r sugara és a bevonat d vastagsága között:

$$T_2 = \frac{T_1}{1 + \frac{3d}{2r}} - T_0$$

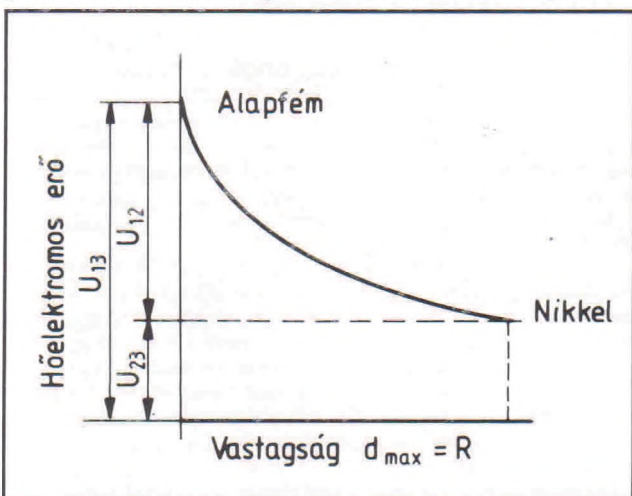
Ha az érintkezési pont közelében a hőelektromos áram áramlását vizsgáljuk, akkor a következő összefüggést kapjuk az összes hőelektromos erő kiszámítására:

$$U = U_{12} \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{r^2}{2d^2} \ln \frac{R}{r}} \right) + U_{23}$$

ahol r az elektród sugara, R a felhevített ötvözet sugara, U_{12} feszültség a bevonatfém és az alapfém között, U_{23} feszültség a bevonatréteg és a szonda között.

Az elméleti megfontolások és a tapasztalati eredmények azt mutatták, hogy a rétegvastagság hőelektromos mérésének minden kalibrációs görbéje az U_{13} ($d=0$) és az U_{23} ($d \rightarrow \infty$) között alakul ahogy az a 6. ábrán látható. A görbének az U_{23} értékhez való közeledése összhangban van a maximális mérhető rétegvastagsággal vagy a hevített tartomány sugarával.

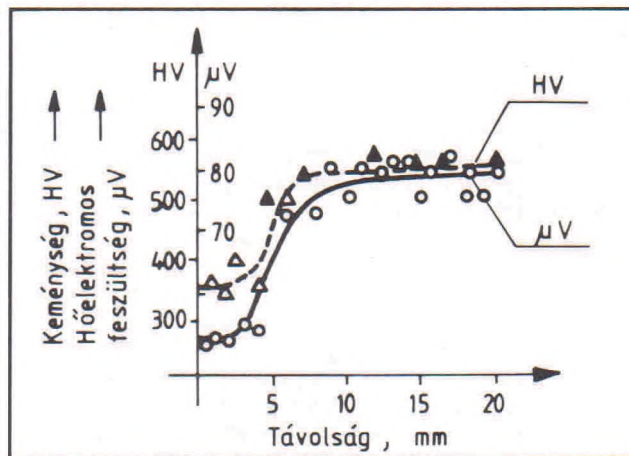
Kémiai úton készített nikkelrétegek vastagságának mérése hőelektromos módszerrel megbízhatóan csak különleges előfeltételek mellett lehetséges, mivel hőelektromos energia túl kicsiny az acéléhoz viszonyítva.



6. ábra A hőelektromos erő alakulása a bevonatvastagság függvényében.
 U_{13} hőelektromos feszültség az alapfém és az elektród között, U_{12} az alapfém és a nikkelbevonat között, U_{23} a nikkel bevonat és az elektród között [4]

Felületi kéreg vastagságának mérése

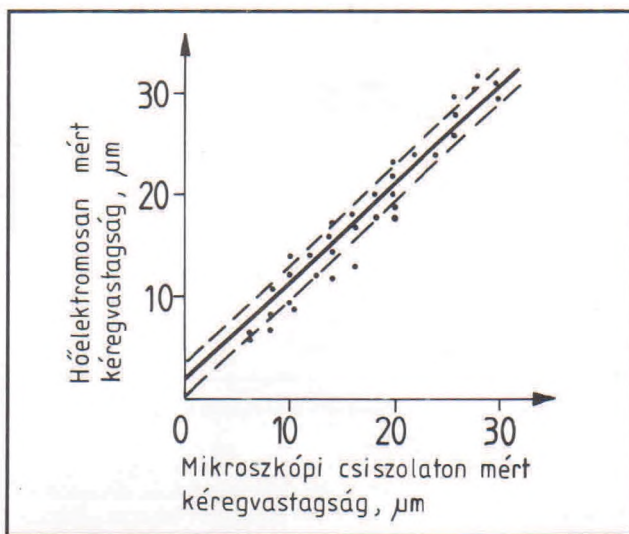
Hőelektromos feszültségméréssel lehetséges roncsolás nélkül megmérni – bizonyos korlátozással – a betétedzéssel vagy nitridálással keményített kéreg vastagságát. Erre mutat egy példát a 7. ábra [5], amelyen egy darú-futókeréken mért hőelektromos feszültség és keménység változása van összehasonlítva a hely függvényében.



7. ábra A Vickers keménység és a hőelektromos feszültség alakulása egy GS-40 MnCrSi3V minőségű acélból gyártott darú-futókerék oldal felületén [5]

Abban az esetben, amikor a kéreg felületére helyezett elektróddal végezzük a mérést, akkor a kéregvastagságot 50 μm felett már alig lehet mérni. Ennek oka, hogy a termikus terek behatolása igen kicsiny. Vékony felületi réteggel, gáz- vagy karbonitridálással készült alkatrészekhez ajánlható ez a mérési eljárás a nitridréteg és az alapfém közötti nagy hőelektromos tulajdonságkülönbségből adódóan.

A 8. ábrán láthatók gyorsnitridált, különböző kéregvastagságú X82WMo6.5 jelű acélon metallográfiai eljárással és hőelektromosan mért kéregvastagság értékek. A korrelációs tényező a kétféle eljárással nyert értékek között 0,96, a mérési pontatlanság $\pm 2 \mu\text{m}$.



8. ábra Összefüggés a hőelektromos és a metallográfiai úton mért rétegvastagság értékek között [5]

Irodalom

- [1] Becker, B.: Thermoelektrische Identifizierung von Gefügeinhomogenitäten im Stahl, Neue Hütte, Bd. 16, Nr. 5, S. 300. (1971).
- [2] Morgner, W.: Zerstörungs- und beschädigungsfreie thermoelektrische Sortentrennung von Stählen. Neue Hütte, Bd. 15, Nr. 10, S. 624-627. (1970).

- [3] Morgner, W.- Siebert, J.: Grundlagen und Ergebnisse thermoelektrische Schichtdickenmessungen (Teil 1) Neue Hütte, Bd. 18, Nr. 1, S. 44-47. (1973).
 [4] Morgner, W.: Principles and Applications of Thermoelectric Nondestructive Testing, VII. ICNDT. Warszawa, Vol. E-15, p. 1-8. (1973).

- [5] Morgner, W.: Gelöste und ungelöste Probleme der zerstörungsfreien Kontrolle der Härte und Härtetiefe. 3rd. ECNT. Firenze. Bd. 4, S. 160-170 (1984).
 [6] Simonyi Károly: Elektronfizika. Tankönyvkiadó. Budapest. (1981).
 [7] Suvarov L.M.: SSSR-szabadalom 110354 sz. (1957).

932 058 111

A környezetszennyezés feltérképezése röntgenfluoreszcens elemzéssel

Életünk minőségéhez környezetünk védelme is hozzátartozik. Mégis tevékenységünkkel, tudatlanul vagy felelőtlenül, szennyezzük környezetünket, amelyre ma már mindannyian tudunk példákat sorolni. Elég csak a Monori-erdő, az Apaj-puszt, vagy az elhagyott katonai körletek eseteit említeni.

A környezetszennyezés felszámolása, környezetünk rehabilitálása kötelességünk, halaszthatatlan feladatunk. Ehhez nélkülözhetetlen a környezetszennyezés mértékének és területi eloszlásának feltérképezése. Ez a hagyományos módszerekkel – azaz a környezeti növény-, talaj- és vízminták begyűjtése, majd elszállítása a kijelölt laboratóriumi központba elemzésre – jelentős idő- és költségárfordítást igényel. A ráfordítások csökkentése óriási jelentőségű, mivel így az amúgyis szűkös erőforrásainkból több juthat az alapvető feladatok elvégzésére: a károk felszámolására, a környezet rehabilitálására, netán a környezetbarát technológiák honosítására.

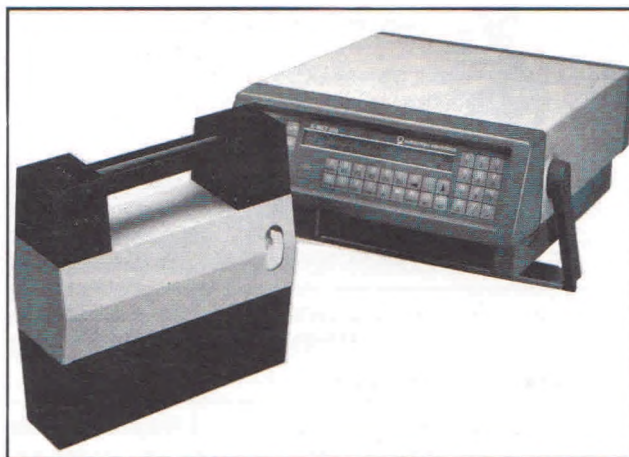
Az XRF-módszer előnyei

Ma már a gyakorlati tapasztalatok alapján is bizonyított, hogy a környezetszennyezés feltérképezésének gyors, megbízható és gazdaságos eszköze a hordozható röntgenfluoreszcens XRF-analizátor, amellyel a helyszínen, az egyedi eredmények azonnali ismeretében, pontosan körülhatárolható az elszennyezett terület, amelyen belül a szennyezettség mértéke és fajtája szerinti zónák is kijelölhetők. Sőt, szükség esetén azonnali intézkedés kérhető a szennyezett terület megtisztításához. Kézi lapáttal vagy kisgéppel mélyítésekkel végezve a szennyezettség mélységi eloszlására is következtethetünk. Továbbá, kijelölhetők a jellemzően szennyezett területek, ahonnan a további, pl. biológiai vizsgálatokhoz jellemző talajminták vehetők. Vagyis, a hordozható röntgenanalizátorokkal a terepi munka rugalmasan végezhető, ugyanakkor alkalmazása igen gazdaságos.

Az USEPA, az Amerikai Környezetvédelmi Ügynökség felmérése szerint [3], az azonos pontosságú helyszíni elemzés egy mintára eső költsége a kihelyezett laboratóriumban elvégzett elemzés költségének közel ezred része(!) és az elemzési eredmény 1-2 percen belül ismertté válik, szemben az 1-2 napos átfutási idővel. Az USEPA az energiadiszipper XRF-módszerrel szolgáltatott eredményeket a szükséges intézkedések alapjául elfogadja.

A HAZ-MET 880 típusú XRF-analizátor

A finn Outokumpu Electronics cég, a lapunkban már ismertett [1] X-MET880 típusú készülékét kifejezetten a környezetszennyezések helyszíni feltérképezésére tette alkalmassá (lásd címlapon fotónkat). A HAZ-MET 880 típusú, hordozható, telepes analizátor (1. ábra) energiadiszipper XRF-elven működik, amellyel a célszerűen megválasztott gerjesztő radioaktív sugárforrástól függően (1. táblázat), és a beépített sokcsatornás analizátort kihasználva, a szilíciumtól az uránig valamennyi elem meghatározható a mg/kg, (ppm) ... 100 % koncentráció tartományban. Vagyis, a legveszélyesebb környezetszennyező elemek, mint pl.: As, Pb, Ba, Mn, Br, Zn, Cd, Cl, Sr, Cr, Ti, Ni, Fe, Se elemmezhetőek, mégpedig kitűnő pontossággal, (a standard deviáció 1 %-ával), köszönhetően a nagy felbontású Si(Li) szilárdtest detektornak (felbontás: 170 keV).



1. ábra A HAZ-MET 880 típusú analizátor a Si(Li) detektoros felszínvizsgáló-fejfel

1. táblázat. A gerjesztő források jellemzői

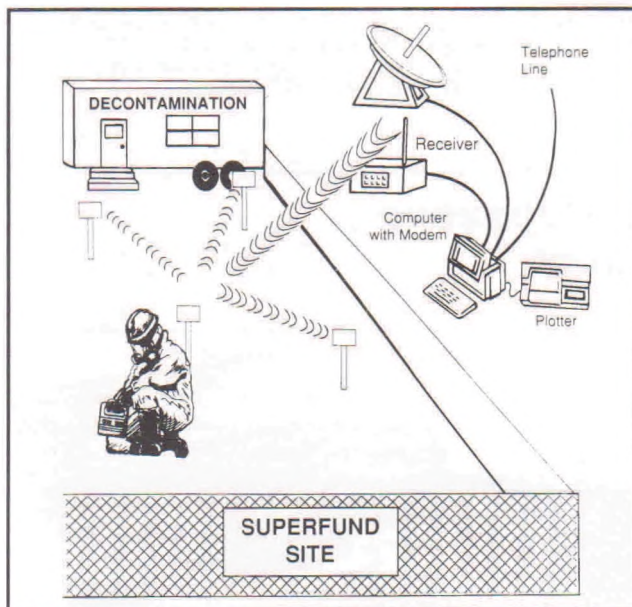
Izotóp	Felezési idő, év	Emisszió	Meghatározható elemek tartománya a	
			K-vonalakon	L-vonalakon
Fe-55	2,7	Mn K rtg.	Si - V	Nb - Ce
Cm-244	17,8	Pu L rtg.	Ti - Se	La - Pb
Cd-109	1,3	Ag K rtg.	Cr - Mo	Tb - U
Am-241	433	gamma 59,6 keV	Zn - Nd	Hf - U

A gerjesztő sugárforrás megválasztásánál alapvető szempont, hogy az elemzendő elem a K-héjáról kilépő karakterisztikus röntgensugárzása alapján legyen mérhető (1. táblázat). A sugárforrások aktivitása 50-4000 MBq, (1,35-108 mCi). Általában a Fe-55 és a Cd-109 forrásokat használják. Ezek használati élettartama 4 ill. 2 év. A HAZ-MET-hez két sugárforrással felszerelt vizsgálófej is csatlakoztatható.

A mérés vezérlését és az adatok kiértékelését a beépített mikroprocesszor végzi. Egyidejűleg hat, előre kiválasztott elem analizálható a készülékben tárolható 32 kalibrációs program felhasználásával. Az elemzés időtartama 2 - 32767 s között beállítható. A tájékoztató elemzéshez általában 30 - 100 s, míg a pontos elemzéshez 100 - 500 s elemzési idő már megfelelő. A készülék az elemzési adatokat ASCII formában tárolja (ASCII - American National Standard Code for Information Interchange), és az adatokat RS-232 interfészen keresztül IBM kompatibilis PC-re átvihetők.

A készülék kezelése egyszerű és biztonságos. Elemzés közben a minta a forrás-detektor-ablak előtt van. A sugárvédelmi zár csak akkor nyitható az elemzést indító gombbal, ha már a minta az ablak előtt van. Vízállósága az IP 55 osztálynak megfelelő. A készülék könnyen hordozható. Tömege 8,5 kg és -25...+60 °C környezeti hőmérsékleten üzembiztosan működik. A beépített, tölthető teleppel 10 órán át működtethető.

A HAZ-MET összekapcsolható egy ugyancsak telepről működő adatátvivővel, amely az analizátorról átvett adatokat, a mérési hely paramétereivel együtt, egy célszerűen telepített számítógéphez továbbítja, amely időazonos térképet készít a szennyezőelemek eloszlásáról (2. ábra).



2. ábra A HAZ-MET 880 analízator rendszerbe szervezett alkalmazása a környezetszennyezés feltérképezéséhez

A készülék kalibrálása

Mint a többi összehasonlító elemzési eljárás, a röntgenfluoreszcens spektrometria is igényli a megfelelő etalonokkal elvégzett kalibrálást. Ezt, a környezetszennyezés feltérképezéséhez kifejlesztett HAZ-MET esetében célszerű az empirikus módszerrel végezni. Erre a célra használhatunk vagy a feltérképezendő területről begyűjtött és laboratóriumi módszerekkel megvizsgált mintákat – ún. helyspecifikus mintákat –, vagy a területre jellemző, szintetikus mintákat – ún. helytipikus mintákat –, amelyeket a szennyezett talajminták preparálásával állítottunk elő. Ilyeneket az Outokumpu Electronics cég is készít és forgalmaz. Ezek a különböző talajtípusokra – pl. homokos, agyagos – jellemző minták a szennyezőelemeket 0...10000 mg/kg mennyiségben tartalmazzák. Segítségükkel a talajok eltérő sugárabszorpciós és matrixhatása korrekcióba vehető. Ennek érdekében a kalibrációt 3–5, különböző típusú talajminta-sorozattal végzik, amelyet a készülék tárol, összesen 32 kalibrációs modell tárolható. A beprogramozott értékelő szoftver segítségével az ismeretlen minta elemzéséhez a matrix illesztése és a megfelelő kalibrációs modell kiválasztása automatikus.

Megjegyezzük, hogy azok a referencia minták, amelyeket finomra őrölt geokémiai és ásványi anyagokból készítenek a NIST, az NBS vagy a CANMET kínálnak, a talajszennyezés XRF-vizsgálatához nem használhatók, mivel kémiai és fizikai sem összeillők az ismeretlen talajmatrixszal és nem tartalmazzák a szükséges koncentráció-tartományban azokat a veszélyes szennyezőket, amelyek elemzésére szükség van.

Alkalmazási tapasztalatok

A hordozható, energiadiszperz XRF-elven működő analízatorok környezetvédelmi alkalmazásáról bőséges tapasztalat gyűlt már össze, pl. [2–9]. E helyen inkább a HAZ-MET-re jellemző adatot ismertetünk.

Talajelemzés

Talajszennyezések HAZ-MET-tel végzett elemzésénél az átlagos kimutathatósági határ a már példaként említett legveszélyesebb elemekre (Cr, Cu, Zn, As, Pb, Cd...) 100–200 mg/kg akkor, ha erősen változó matrixú és összetett szennyezett talajt kell elemezni. A kimutathatósági határ egy nagyságrenddel kisebb, 10–30 mg/kg, ha a talaj viszonylag egyenletesebb és az elemek közti hatás kevésbé érvényesül.

Szennyeződött felületek ellenőrzése

A HAZ-MET kiválóan alkalmas az elszennyeződött útburkolatok, padlók, falfelületek, járművek és szállítókonténerek, – pl. az üzem vagy az ország területére ki-belépő, vegyi anyagokat, veszélyes

hulladékokat szállító járművek –, a különféle munkaeszközök és kézi szerszámok, valamint a növényzet ellenőrzésére. Ennek alapján a szükséges intézkedések azonnal megtehetők.

Vízelemzés

A HAZ-MET közvetlenül alkalmazható ipari szennyvízfolyások és talajvizek rendszeres figyelésére, ellenőrzésére. Általában szükséges lehet az irodalomból ismert dúsítási műveletet – pl. többszöri átaramoltatás ioncserés szűrőn –, alkalmazni [7]. Továbbá, célszerű az elemzés időtartamát is néhány percre növelni. Így a vízben oldott szennyezők kimutathatósági határa igen kedvező, (II. táblázat).

II. táblázat. Vízben oldott szennyezők kimutathatósági határa

Ion	Cr ⁺⁶	Mn ⁺²	Fe ⁺³	Cu ⁺²	Zn ⁺²	UO ₂ ⁺²
koncentráció mg/l	2,0–4,0	2,0–4,0	0,5–7,0	0,1–5,0	0,5–5,0	2,0–4,0
kimutathatósági határ, mg/l	0,066	0,058	0,052	0,035	0,035	0,073

Forrás: Cd-109 (3 mCi); Mérés idő: 4 min; Minta: 10 ml ioncserélő szűrőn kezelve

Légszennyezők elemzése

A levegőből előzetesen membránszűrőn összegyűjtött részecskék a HAZ-MET-tel megbízhatóan elemezhetők. Például Cd-109 forrással a Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Zr, Mo kimutathatósági határa 2 µg/m³, Cr-ra és az U-ra 4, míg a Mn-ra 3 µg/m³. Fe-55 sugárforrással a Ti, a Ca és a V szennyezésére 1 µg/m³, míg az Am-241 forrással a Cd-ra 20, az Sn-re 25, az Sb-re 30 és a Ba-ra 40 µg/m³ a kimutathatósági határ.

*

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a könnyű, terepen is hordozható, tölthető telepről üzemelő, az adott feladatra előzetesen beprogramozott HAZ-MET 880 típusú, energiadiszperz XRF-analízator idő- és költségkímélő eszköz a veszélyes környezeti fémszennyezők feltérképezéséhez, illetve a kármentesítés eredményességének ellenőrzéséhez.

Dr. Lehofer Kornél

Irodalom

- [1] Honos Péter: Acélok helyszíni elemzése, Anyagvizsgálók Lapja 1991/3. p. 95.
- [2] Cole, W., Enwall, T., Raab, G., Kuharic, C.: Rapid Assessment of Superfund Sites for Hazardous Materials with XRF Spectrometry. Field Screening Methods Conf. Las Vegas, 1991.
- [3] USEPA Data Quality Objectives for Remedial Response Activities: Development Process, EPA/540/G-7/003, U.S. Environmental Protection Agency, Wash., D.C., 1987.
- [4] Piorek, S., Pasmore, J.: A Si(Li) based High Resolution Portable X-ray Analyzer for Screening of Hazardous Waste. Field Screening Methods Conf., Las Vegas, NV, 1988.
- [5] Piorek, S., Rhodes, J.R.: A New Calibration Technique for X-ray Analyzers Used in Hazardous Waste Screening. Proc. of the 5th National conf. on Hazardous Wastes and Materials, 19–21 April, 1988. Las Vegas, pp. 428–433.
- [6] Pasmore, J., Piorek, S.: Hazardous Waste Screening and Identification with Portable XRF Analyzer. HMCRI's 7th National RCA/SUPERFUND Conf. and Exh. 2–4 May 1990. St. Louis, MO.
- [7] In-Situ Analysis of Waste Water using Portable Pre-concentration Techniques and a Portable XRF Analyzer. Electron Microscopy and X-ray Applications to Environmental and Occupational Health Analysis Symposium, Penn. State Univ. 14–17 Oct. 1980.
- [8] Piorek, S.: Application of a Field Portable X-ray Analyzer to On-Site Analysis of Workplace Air Contaminants. Pittsburgh Conf. on Applied Spectroscopy, March, 1991.
- [9] Barich, J., Raab, G., Pasmore, J., Jones, R.: The development of SCS samples using Portable XRF. Field Screening Methods Conf. Las Vegas, NV, 1988.

932 061 038

Az analitikai kémia szerepe a minősegbiztosításban

Dr. Vorsatz Brunó*

A minősegbiztosítási rendszerek – mint ismeretes – azt a célt szolgálják, hogy valamely alkatrész, vagy gyártmány előállítása folyamán az előírt minőségben jöjjön létre. A megfelelően szervezett minősegbiztosítási rendszer emellett még az előállítási költségek csökkenésével és a termelékenység növekedésével is jár. További előny lehet az is, hogy olyan gyártmányok is előállíthatók az adott folyamattal, amelyek a minősegbiztosítási rendszer nélkül drágább módon volnának gyárthatók.

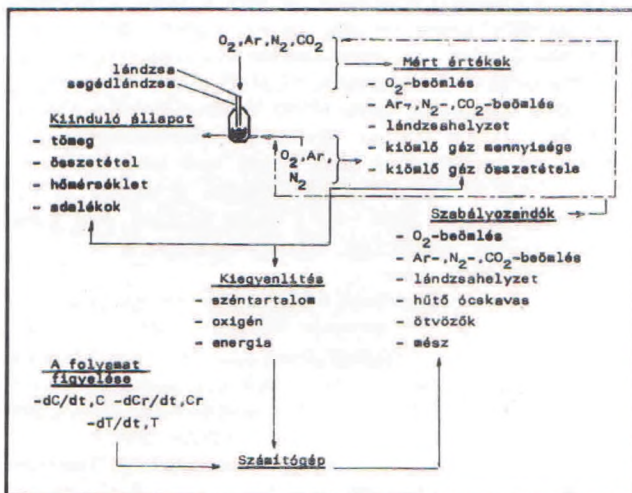
Az előírt minőség a gyártmány több tulajdonságára, illetve jellemzőjére vonatkozik. Ezek között az egyik az anyagi összetétel, vagyis, hogy a gyártmány mely kémiai elemeket, illetve ezek vegyületeit milyen mennyiségben tartalmazza.

A gyártmány minőségi jellemzőire és ezek túréseire vonatkozó előírásokot szabványok, illetve megállapodások írják elő.

A különböző jellemzőkre vonatkozó információk megszerzése fajtáiktól függő módon történik. Az összetételi információk megszerzése az analitikai kémia feladata.

A minősegbiztosítás bonyolult feladat, amennyiben eredményes működést várunk tőle, akkor az adott gyártás egész rendszerét át kell, hogy szője. Ezért általános, illetve teljes tárgyalása helyett csak az analitika szerepének fontosságát – melynek kiemelése jelen írás célja – mutatjuk be az acélgártás területéről vett példákban. Ez azért is célszerű, mert az acélgártás egyik jellemzője, hogy a gyártás folyamán az acél több komponensének mennyiségét is kell változtatni, más komponensek csökkenését pedig ellenőrizni kell. Mindezek millió tonna nagyságrendben gyártott anyagra vonatkoznak, ezért a minősegbiztosítás kedvező eredményei jelentős haszonnal járnak.

Mint ismeretes, az acélgártásnál a kiinduló betét szénttartalmát az előírt szintre kell csökkenteni, más elemek mennyiségét pedig egy bizonyos határ alatt kell tartani, egyes ötvözők mennyisége is beállítandó és eközben a gyártási körülményeket a meghatározott optimumon kell tartani több 10 – 100 tonnás adagnál, 1700 °C körüli hőmérséklet mellett. Ehhez még azt is hozzá kell tenni, hogy az adagidők a ma elterjedten alkalmazott oxigénbefúvós konverteres acélgártási eljárásnál 45 perc körüliek. Oxigénbefúvós konverterüzem egy adagjánál az összes bevitt hőenergia félezer GJ nagyságrendű, ezért ha az előírt összetétel a minősegbiztosítási rendszer, illetve az annak részeként működő folyamatszabályozás segítségével akár perc nagyságrendű idővel hamarabb érhető el, ez mind a megtakarított hőenergia, mind pedig a kemence termelékenységének növekedése által jelentős haszonnal jár, a minőség biztosítása mellett.

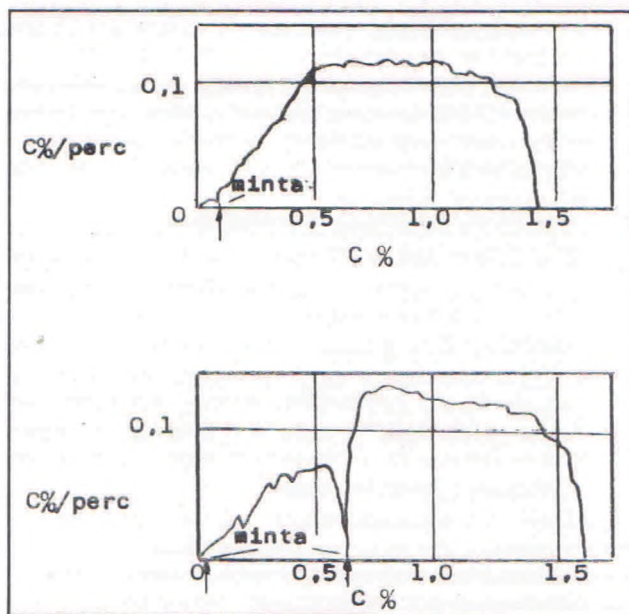


1. ábra Oxigénbefúvós acélgártó konverter dinamikus modellel vezérelt folyamatszabályozó rendszere

Az 1. ábra ennek az új eljárásnak a folyamatszabályozó rendszerét mutatja vázlatosan. Az olvadék aktuális állapotát dinamikus modellel figyelik és szabályozzák. A modell, kiindulva az ismert kezdeti kémiai összetételről mért gázelegy-összetételből, folyamatosan számítja a karbonoxidáció, valamint a krómleégés sebességét, és megadja a szükséges információkat a befújt gázelegy összetételének folyamatos beállításához és az idő, valamint a szénttartalom-csökkenés sebességéből – az adalékok és ötvözők mennyiségének figyelembevételével – kiszámítja a modell az aktuális szénttartalmat.

A folyamat állandó felügyeletével elérhető a termodinamikai egyensúlyhoz közeli állapot, aminek eredménye az olvadék alacsony oxigéntartalma, ezáltal pedig a kis krómvesztés. [1].

A 2. ábrán a szénttartalom csökkenésének a sebessége látszik az olvadékban. Az ábra felső része a dinamikus modellel működő eljárásnál mutatja a szénttartalom-csökkenés sebességét az olvadék szénttartalmának függvényében egy Cr-Ni-acéladagnál, míg az alsó ábrán ugyanez látszik konvencionális adagvezetésnél. A folyamatmodellezés segítségével egy mintavétellel érhető el az előírt szénttartalom, míg a konvencionális eljáráshoz két mintavételre van szükség, ami hosszabb adagidővel és a gyártási folyamat megzavarásával jár [2].



2. ábra A szénttartalom-csökkenés sebessége az acél szénttartalmának függvényében, dinamikus modellel vezérelt folyamatszabályozásnál (felső diagram), és a klasszikus gyártási eljárásnál, (alsó diagram).

Az említett konverteres acélgártásnál az összetételre vonatkozó információkat két módon nyerhetjük: közvetlen elemzéssel, vagy közvetve, mintavétel és a minta meglemezése segítségével.

Közvetlen elemzéssel határozhatók meg a be- és kiömlő gázok és mennyiségük, valamint az olvadék oxigéntartalma; a szénttartalom és a többi elem meghatározásához mintavétel szükséges. A mintavétel a segédláncsán keresztül történhet. A közvetett elemzéshez kivett mintákat a konverter közelébe telepített, gyorslemezést végző műszerek (C, S, N, H-meghatározó automaták, illetve spektrométer) dolgozzák fel, vagy a minták gyorsfűtővel (pneumatikus gyorsposta) az analitikai laboratóriumba kerülnek, ahol mind a műszerek, mind pedig a nedves kémiai elemző módszerek rendelkezésre állnak.

Ugyancsak jelentős előny származik az erősen ötvözött öntészeti acélok gyártásánál, az összetételi információk gyors megszerzése által, mivel ezeknél az acéloknál elsősorban az összetétel a minőség meghatározója. Az előnyök itt is összetételi túrés alsó határa körüli ötvözéssel

* nyugalmazott egyetemi tanár

megtakarított drága ötvözők (Cr, Ni, Mo) árából és a – percekkel is – megrövidült olvasztási idő következtében megnőtt termelékenység révén keletkezhetnek.

Az összetételi információk megszerzésénél az ilyenfajta esetekben az időfaktor határozza meg a megválasztandó elemző módszert. A spektrométerek mindenképpen előnyösen alkalmazhatók, mert az egyszerű mintaelőkészítés és a perc nagyságrendű elemzési idő 1–2 % relatív hiba mellett jelenleg más módszerrel nem érhető el. Bizonyos különleges ötvözeteknél azonban – 30–40 %-os összetevők meghatározása – már nem alkalmazható az optikai szinképlelemzés, ezért más módszert kell használni. A röntgen-fluoreszcencia-spektroszkópia ilyen esetekben előnyös lehetőségeket nyújt, a nedves kémiai elemzés azonban nem mellőzhető olyan esetekben, amikor a megfelelő hitelesítő minta – azaz a megvizsgálható ötvözethez hasonló, ismert összetételű minta nem áll rendelkezésre.

Mivel a szinképlelemzés relatív módszer, tehát hitelesítő mintát igényel, a röntgen-fluoreszcencia-spektroszkópiával való elemzésnél is szükség van hitelesítő anyagokra, ezért ezeknek nagy jelentőséget kell tulajdonítani, mert a mérési eredmények hitelessége nagy fontossággal bír a minőség szempontjából.

Azok az elemző módszerek, amelyek közvetlen összetételi információkat adnak az acél összetételéről, ma még csekély számban állnak rendelkezésre. (Oxigénelemzés, [3] egyes esetekben a szén meghatározása [4], ezért a jelenleg még kísérleti állapotban lévő néhány kezdeményezés fejlesztése indokolt.

Összefoglalás

A minősbiztosítás bonyolult rendszerében az összetételi információk figyelése és ennek alapján történő szabályozása mind a minőség, mind pedig a gazdaságosság szempontjából jelentős előnnyel bír. Ezért a folyamatszabályozásra használható analitikai eljárások fejlesztése és alkalmazásuk kiterjesztése még nagyobb szerepet játszhat a minősbiztosításban.

932 063 112

Irodalom

- [1] Holzhauser, J.F., Scheller, P.R., Wiedmeier, F.J., Zörcher, H.: Stahl und Eisen 112(1992) Nr. 6.97–102. old.
- [2] Heinke, R. et al.: Proc Int. Oxygen Steelmaking Congress Linz, 1987.
- [3] Hereaus–Elektro Nite Int. N.V. Belgium, Houthalen
- [4] Tectip S, Leads & Northrop Ltd. England, Birmingham

HÍREK

Analitikai mérések minősbiztosítása szakcsoport megalakulása

1989. novemberében 10 európai ország vezető analitikusai megalapították az EURACHEM szervezetet, amelynek keretében az analitikusok megbízható, validált kémiai analíziseket végezhetnek. 1990. júniusában 12 ország írta alá a Memorandumot és 1990. év végére már 16 ország vett részt a szervezet munkájában.

Az EURACHEM tevékenysége iránti érdeklődés folyamatosan nő és ma már az Egyesült Államok-beli National Institute of Standards and Technology (NIST), a Federation of European Chemical Societies, valamint az ADAC International is bekapcsolódott a munkába.

Lengyelország 1992. májusában küldte el szakembereit az oslói találkozóra. Mivel a volt szocialista országok nem tagjai az Európai Közösségnek, ezért jelenleg csak megfigyelőként vehetnek részt a munkában. Hazánkat az OMFB megbízásából dr. Fodor Péter egyetemi docens (Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem) és dr. Hlavay József egyetemi docens (Veszprémi Egyetem) képviselték.

Az EURACHEM évente több alkalommal tart ülést, amelynek keretében a minősbiztosítás legfontosabb kérdéseit tárgyalják. A bizottság legutóbbi összejövetelén nyilvánosságra hozták az analitikai laboratóriumok akkreditálásáról szóló javaslatot, amely szerint az EN 45000 és az ISO Guide 25 szabványok alapján minősíthetik a laboratóriumokat: Accreditation for Chemical Laboratories.

Az útmutató elfogadása után az Európai Közösség és az EFTA országokban a termékek minősbiztosítása ezen szempontok alapján történik.

Az 1992. november 12-én megtartott Minőségügyi Világnapra kiadott munkaanyag (Dr. Veress Gábor: Jövőnkért, a minőségért) világosan megfogalmazta tennivalóinkat. A feladat sokrétű. számos szervezetnek, ipari és intézményi szakembernek kell összefognia a minőségügy egész társadalmat érintő fejlesztéséért, oktatási rendszerének kialakításáért.

A Veszprémi Egyetemen posztgraduális képzésben analitikai mérések minősbiztosítása címmel – az országban elsőként – szakmérnöki szakot indítottunk. A 4 féléves, 444 órás kurzus elvégzése után a hallgatók analitikai minősbiztosítási szakmérnök oklevelet nyernek. Az első évfolyam 1993. decemberében végez, a következő szakmérnöki szakot 1993. októberében kívánjuk indítani.

1993. március 26-án a Magyar Kémikusok Egyesülete Analitikai Szakosztályán belül analitikai mérések minősbiztosítása szakcsoport alakult. A szakcsoport egyben a hazai EURACHEM szervezet is EURACHEM/HUNGARY néven.

Az analitikai mérések minősbiztosítása és az analitikai laboratóriumok akkreditálása érdekében a szakcsoport a következő feladatokat vállalta:

- A szakcsoport munkája során tájékoztatja az analitikai laboratóriumokban dolgozó munkatársakat a minősbiztosítás és akkreditálás legfontosabb tudnivalóiról, a különböző területeken folyó körelemzésekről, hiteles anyagmintákról, új referencia anyagokról, a nemzetközi szervezetek tevékenységéről és a kapcsolódási lehetőségekről. Minden olyan információt megosztunk, amely megkönnyíti és szakszerűvé teszi az analitikusok minősbiztosítási munkáját. Külön figyelmet fordítunk a minőségügyi fogalomrendszer magyar kifejezéseinek megalkotására, az egységes és világos fogalmak használatára. A szakcsoport feladata a megbízható, validált analitikai mérésekkel kapcsolatos valamennyi tevékenység oktatása és koordinálása.
- Az analitikai mérések minősbiztosításának oktatásába be kívánjuk vonni a szakmai szervezeteket. az MKE Analitikai Szakosztálya és az MTA Kémiai Osztálya számos munkabizottságot foglal magába és ezekben a szervezetekben tevékenykednek az analitikával foglalkozó szakembereink. Feladatuk, hogy a legmodernebb analitikai módszereket széles körben ismertessék és megtanítsák minden érdeklődő számára. Ezekkel a munkabizottságokkal szoros együttműködünk. A közös munka egyik lehetséges módja például egy konkrét akkreditálási eljárásra kiválasztott ad hoc bizottság, amelynek tagjai mind a mérési módszert, mind a mérési eredmények validálásának lépéseit megtanítják az adott laboratórium szakembereinek.
- A szakcsoport együtt dolgozik a minőségügy államigazgatási szervezeteivel (pl. Országos Mérésügyi Hivatal, Országos Szabványügyi Hivatal). Bár a szakcsoport szigorúan csak az analitikai mérések minősbiztosításával, a mérési eredmények és módszerek validálásával foglalkozik, tevékenysége szervesen illeszkedik a termékek minősbiztosításának folyamatába. A közös nyelv használata nagymértékben elősegíti minőségügyi kultúránk színvonalának emelését.

Az analitikai mérések minősbiztosítása szakcsoport tagja lehet minden szakember, aki megbízható analitikai mérésekkel foglalkozik. A jelentkezési szándékot a MKE Titkárságán kérjük jelezni nevének, munkahelyének és értesítési címének megadásával.

Dr. Hlavay József – Dr. Fodor Péter

Hiteles anyagminták használatának szükségessége

Beregi András*

A mai korban egyre kevésbé vetődik fel annak a kérdése, hogy szükség van-e vagy sem egy ipari folyamatban a minőség előállítására és folyamatos ellenőrzésére. Sőt, egyre inkább elterjedt az a vélemény, hogy a minőséget meg kell tervezni, és folyamatosan biztosítani kell; vagyis egyre elfogadottabb, hogy a minőségbiztosítási rendszerekre szükség van.

Engedjék meg, hogy én egy igen szűk, speciális problémával foglalkozzam, de ami igencsak fontos, a hiteles anyagmintákkal, azok használatának szükségességével, sőt ezen belül is a kémiai, spektrokémiai etalonokkal.

A hiteles anyagminta használata vagy „házi” etalonok használata régi műszaki, tudományos, de főleg anyagi vonzatai miatt létező probléma [2, 3].

Az Európához való csatlakozás óhaja és kényszere mostanra eldőntötte a kérdést: *hiteles anyagmintát (etalont) használni kell!*

A minőségbiztosítási rendszerekkel foglalkozó nemzetközi szabványok, ISO 9003, 9004 és az EN 45001; kimondják, hogy az ilyen rendszerrel rendelkező, illetve rendelkezni óhajító laboratóriumoknak pontos nyilvántartást kell vezetni a hiteles anyagminta-készletről, felhasználásukról, és azokat használni is kell.

A hiteles anyagminták használatának módjáról, legalábbis a spektrométeres etalonokérol, valamint egyes fogalmak meghatározásáról a magyar MSZ 33.0907/1-83 szabvány szól.

Minekutána eldől tehát, hogy a hiteles anyagmintákat használni kell, nemcsak vitrinbe tenni és mutogatni auditok és más ellenőrzési alkalmakkor, vizsgáljuk meg, hogy mi is a hiteles anyagminta.

Az 1991. évi XLV (45.) a mérésügyről szóló törvény és az azt kiegészítő 127/1991. sz. Korm. rendelet [1] az alábbiakat mondja:

- „A használati etalon és a vele egy tekintet alá eső hiteles anyagminta olyan mérőeszköz, amely alkalmas a mennyiség egy-egységének és/vagy helyes értékeinek előállítására és más mérőeszközre való továbbátszámaztatására.”, továbbá:
- „Joghatással járó mérés a mérési feladat elvégzésére alkalmas hiteles mérőeszközzel vagy használati etalonnal ellenőrzött mérőeszközzel kell végezni.”

E törvény értelmében már az sem elegendő, hogy a hiteles anyagmintákat kell használni, mert követelmény egy minőségbiztosítási rendszer kiépítéséhez és működtetéséhez, hanem egy, a szabványoknál magasabbrendű jogszabály – törvény – kimondja, hogy használatuk kötelező.

Gond leginkább abból adódik, hogy ezek a hiteles anyagminták drágák. Személyes tapasztalat alapján is tudom, hogy sokszor igencsak nehéz egy gazdasági vezetőnek (aki a pénzt adja) elmagyarázni, hogy miért kerül egy 15 dekás vasdarab többbe, mint 1–2 tonna acél, vagy egy marék föld (talajetalon esetében) többbe, mint egy háztelek.

Maradva a spektrométeres acél és nyersvas etalonoknál, ezek azért kerülnek olyan sokba, mert előállításuk elég komplikált.

Egyrészt kohászati szempontból speciális kényszer technológiákat kell alkalmazni a megfelelő anyagszerkezet és összetétel biztosítására, ideértve az összes szükséges segédműveletet is, mint felülettisztítás, köszörlés, darabolás, jelölés, metallográfiai vizsgálat stb.

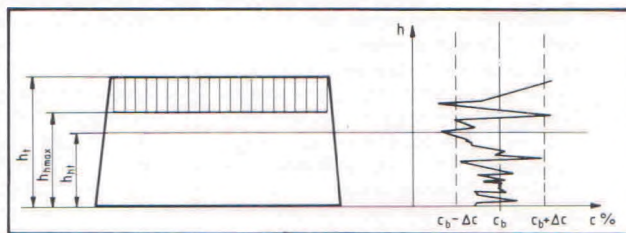
Miután idáig az előírás során eljutottunk, már minden eldőlt az anyag minőségével kapcsolatban, de még „semmit” nem tudunk róla.

Az elkészített minták egy részét (10–15%-át) kivesszük a mennyiségből és spektrométerrel megmériük. A kapott eredmények matematikai statisztikai kiértékelése, illetve a kiértékelés eredménye mondja ki a mindent eldöntő szót az anyag minőségéről.

Ha a kiértékelés eredménye jó, akkor az azt jelenti, hogy az egyedi darabok egymáshoz való összetételbeli egyezése megfelelő, és ezt nevezzük makrohomogenitásnak. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, úgy az egész adag selejtnek minősül, el kell dobni.

A következő vizsgálat az ún. mikrohomogenitás vizsgálata, vagyis az egy mintadarab térfogatán belül összetételi egyezés. Ez különösen a közvetlenül öntéssel készített típusok esetében fontos, ugyanis megadja a

minta használható, vagyis hasznos magasságát, amelyre a bizonylaton feltüntetett koncentrációérték érvényes, (1. ábra).



1. ábra: A minta jellemző méretei: h_t – a minta teljes magassága; $h_{b\max}$ – a minta maximálisan lehetséges hasznos magassága; h_{bt} – a minta tényleges hasznos magassága; c_b – a bizonylaton szereplő koncentráció; $\pm\Delta c$ – a megbízhatósági tartomány határai

A makro- és mikrohomogenitás megállapítása után következnek a tényleges, pontos, a bizonylatban feltüntetendő koncentrációérték meghatározása. Ezt nemzetközileg elfogadottan kizárólag kémiai körvizsgálat dönti el, lehetőség szerint nemzetközi körvizsgálat.

Ez feltételezi, hogy minden egyes bizonylatolt elemet legalább hét, egymástól független kémiai laboratórium vizsgálja meg, minél több módszerrel (vakumspektrométeresen kívül) és ezen belül is lehetőleg valamilyen abszolút, hagyományos, nedveskémiai módszerrel. Ezeket a vizsgálati eredményeket is a matematikai statisztika módszereivel feldolgozzuk, kiértékeljük, és ennek eredményeként meghatározzuk a bizonylatra kerülő koncentrációértékeket és a megbízhatósági tartományokat elemenként.

Ebben az állapotban mintáink összehasonlítható mintáknak nevezhetők (angolul: reference material, RM.) bizonylatot a gyártó kiadhat róla, melynek értékeit ő maga garantálja.

Ezek után, ha hiteles anyagminta rangjára akarjuk emelni, akkor a teljes dokumentáció melléklésével a mérésügyi törvényben meghatározott szervhez kell fordulni – ez Magyarországon az Országos Mérésügyi Hivatal –, amely erre a hitelesítésre jogosult. Az OMH megvizsgálja az eredményeket, az alkalmazott vizsgálati és matematikai statisztikai kiértékelési módszereket, ezeket ha jónak elfogadja, és azt okiratban elismeri, mintáink hiteles anyagmintákká válnak.

Az előbb elmondottak szemléltetni igyekeztek egyrészt, hogy nem egész egyszerű dolog hiteles anyagmintát előállítani, és hogy ez miért drága; másik oldalról pedig azt kell mondanom, hogy a hiteles anyagminták, beállítók és összehasonlítható minták igen olcsók, ha figyelembe vesszük – annak ellenére, hogy fogynak, tehát pótlásukra periódikusan csak rá kell szánni valamennyi pénzt –, hogy az egy év alatt elhasznált etalonok és beállítók ára egyetlen selejtje minősített nyersvas- vagy acéladagénak töredéke csupán.

Összefoglalva tehát azt mondhatom, hogy **hiteles anyagmintákat használni:**

- **kell**, mert a minőségbiztosítás terén csak így lehet Európába jutni;
- **kötelező**, mert a mérésügyi törvény előírja;

A hiteles anyagminta:

- **Drága**, mert előállítása komplikált, igényes kísérleti jellegű minden adag esetében;
- **Olcsó**, mert a beszerzésére fordított költségek töredékei csupán egyetlen elrontott vas- vagy acéladagénak.

932 065 113

Irodalom

- [1] Mérésügyi Közlemények 1. 1992. Mérésügyi törvény és a végrehajtásáról szóló Kormányrendelet
- [2] Gegus E., XXIV. MSZV, Miskolc, 1981., 23. oldal
- [3] dr. Répás P., dr. Gegus E., Bányászati és Kohászati Lapok – Kohászat, 121. évf. 1988. 2. sz. 58. oldal

* Ferroetalon Kft., Dunaújváros

Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriuma

Dr. Tóth László*

Egy laboratórium, annak tevékenységének bemutatása mindig igen nehéz feladat. Ennek oka kettős. Egyrészt a korlátozott terjedeleme eleve szűk határok közé szorítja a közlendőket, tehát eleve nem nyújthat olyan részletes szakmai tájékoztatást, mint amilyen kívánatos lenne, másrészt meg kell őrizni az informatív jellegét. Ezen gondolatok szem előtt tartásával igyekszem bemutatni egészen röviden a tanszék tevékenységét, és a lap profiljába eső anyagvizsgáló tevékenységet kissé részletesebben.

A Mechanikai Technológiai Tanszék alapításának éve 1950. Első vezető professzora a hegesztés és hőkezelés területén nemzetközileg elismert *Zorkóczy Béla* (1950–1968). Őt az a *Romvári Pál* professzor követte (1968–1990), akinek aláírása legtöbb, napjainkban is aktív hegesztői tevékenységet folytató szakembereink indexében szerepel. A tanszék vezetését 1991-től *Tisza Miklós* egyetemi docens vette át, aki a jó hagyományokat megőrizve, fiatalos lendülettel igyekszik a meglévő tőkéket tovább növelni, és azt a képlekenyalakítás szakmai területén öregbíteni. Mint e rövid bemutatkozásból is kitűnik, a tanszék szakmai profila nem homogén, az anyagvizsgálat csupán az egyike a művelt területeknek. A 26 fős oktatói gárda szakmai tevékenységét a következő három szakcsoportban fejt ki:

- **hegesztő szakcsoport** (10 fő), vezetője *dr. Komócsin Mihály* a műszaki tudomány kandidátusa,
- **képlekenyalakító szakcsoport** (6 fő), vezetője *dr. Tisza Miklós*, a műszaki tudomány kandidátusa, tanszékvezető.
- **anyagtudományi szakcsoport** (10 fő), melynek szakmai tevékenységét én igyekszem összehangolni.

Az anyagvizsgáló laboratórium fejlesztésével, üzemeltetésével, döntően ez utóbbi szakcsoport foglalkozik, míg munkájában nem csupán a tanszék, hanem az egyetem szakemberei is folyamatosan bekapcsolódnak.

A laboratórium feladata alapvetően kettős. Egyrészt lássa el maradéktalanul a tanszék oktatási feladatait, másrészt biztosítsa a kutatás feltételeit akár ipari, akár tudományos céllal. Tekintettel az eszközigényre és az oktatási intézmények nem éppen legjobb anyagi ellátottságára a laboratórium kialakításánál, fejlesztésénél hosszútávú, a kutatásra alapozott koncepciót kellett kialakítani és azt a mindenkorai lehetőségek megragadásával következetesen végrehajtani. A hosszabb távú koncepció alapjául a következő gondolatok szolgáltak:

- Az összehangolt kutatások olyan szakmai területeken induljanak meg, amelyekben van remény arra, hogy a tevékenység országosan elismertethető, eredményeinket a nemzetközi szakmai élet is értékelje,
- a kutatásokhoz szükséges berendezéshátér biztosítható, folyamatosan bővíthető legyen.

Ezen alapvető célok realizálásához számos tevékenység szervesen kapcsolódik. Ezek közül kiemelhetők

- a labor tevékenységéhez kapcsolódó szakemberek tudományos előmenetele,
- a megfelelő minőségű és mennyiségű publikációs tevékenység,
- a nemzetközi kapcsolatok folyamatos szélesítése, és ennek felhasználása a csoport minden egyes tagjának támogatására,
- a hazai és nemzetközi szakmai életben minél több kolléga bekapcsolása a legkülönbözőbb területen,
- a hazai és nemzetközi konferenciák, szemináriumok szervezésével minél több lehetőség biztosítása a szakmai tapasztalatszerzésre, kapcsolatok építésére, a helyes, időszzerű kutatási irány kijelölésének segítésére.

A laboratóriumhoz kapcsolódó tevékenységek döntően három irány köré csoportosíthatók:

- **MTS rendszeren végzett mechanikai anyagvizsgálatok,**
- **műszerezett ütvizsgálatok,**
- **nyomástartó edények, csővezetékek szerkezeti integritásának vizsgálata.**

A továbbiakban ilyen bontásban tekintünk át a kutatások főbb irányait.

MTS rendszeren végzett mechanikai anyagvizsgálatok

Az anyagvizsgálathoz kapcsolódó kutatások egy meghatározó része az 1977 óta üzemelő MTS 810.13-as típusú, 250 kN terhelhetőségű berendezésre alapozott. Igaz az alapberendezést fokozatosan fejlesztettük, bővítettük, számítógéppel vezérelhetővé alakítottuk, úgy, hogy a felszabaduló egységeket egy újabb rendszer elemeiként használtuk fel. Ilyen módon napjainkban egy korszerű, univerzális berendezés mellett kialakítottunk egy országosan is egyedülálló, nyomástartó edényt és csővezetéket fázrasztó, számítógéppel vezérelhető rendszert. A laboratórium részben vagy teljes mértékben uniális vizsgálati lehetőségekkel bír a következő területeken:

- nyomástartó edények és csővezetékek fázrasztása, repesztése vízzel, 100 bar maximális nyomásig, 3 m³ térfogatig (a számítógépes vezérlés programrendszere egyedülálló, egy diplomaterv keretében készült, amely után az MTS cég is érdeklődik),
- igen lassú alakváltozási sebességgel végzett vizsgálatok (néhány mm/óra keresztfejbességgel közetek, kerámiák vizsgálata, ill. megfelelő közegben és hőmérsékleten, +200 °C-ig, feszültségkorrozíós hajlam vizsgálata, kúszva szakítás 1000 °C-ig),
- kisciklusú fázrasztóvizsgálat 1000 °C-ig,
- változó amplitudójú programfázrasztás 1000 °C-ig.

Ezen vizsgálati lehetőségekre alapozott kutatási tevékenység főbb irányai a következők:

- **kisciklusú fáradás,**
- **fáradásos repedés terjedési körülményeinek kutatása,**
- **ipari megbízások.**

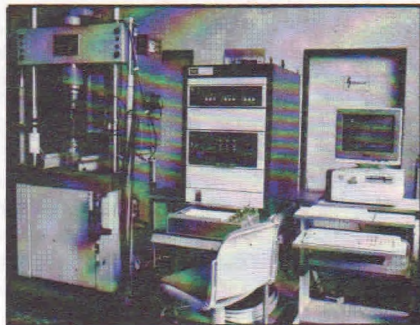
A kisciklusú fáradás körülményeinek tisztázása érdekében az elmúlt 5 évben mintegy 350–

400 db hengeres és lapos próbatest szobahőmérsékleten végzett vizsgálatára került sor, egyrészt ipari megbízás teljesítése, másrészt saját kutatás kapcsán. Az eredmények *dr. Nagy Gyula* kandidátusi disszertációjában lettek összefoglalva. E munka hasznos pontokat adott mind a repedés keletkezési és terjedési körülmények megismerésében, mind pedig vizsgálati metodikai és szabványosítási kérdésekben.

A **fáradásos repedés terjedési körülményeinek vizsgálata** mintegy 10 éve rendszeresen folyik a laboratóriumban. Ez az terület, amelyen szerénytelensége nélkül állítható, hogy hazánkban a legtöbb próbatest feltételére gyakorolt hatása – *dr. Novotny László* kandidátusi disszertációjában, míg másik része – a számacélok vizsgálata kapcsán született eredmények – *dr. Schuchlár Endre* kandidátusi értekezésében, és egy jelentős része – a szerkezeti acélokhoz, azok hegesztett kötéseikhez kapcsolódó eredmények – *dr. Lukács János* kandidátusi értekezésében lettek összefoglalva. E munkák a Paksi Atomerőmű, a Közlekedéstudományi Intézet és több egyetemi tanszék részére a legkülönbözőbb anyagokon végzett vizsgálatokkal egészültek ki, amelyben az alumíniumhoz és hegesztett kötéseinek tanulmányozásához kötődő, tudományosan általánosítható igénnyel összeállított vizsgálati program eredményei is szerepelnek.

Az MTS TESTLINK programrendszerét számos területen bővítették a laboratórium munkatársai. Így elkészült a szaktípusvizsgálat *fajlagos törésmunka mérésére* alkalmas változata, valamint a *finomlemez* *r-n* (anizotrópia-keményedési kitévő) vizsgálatára alkalmas verziója is. Az ipari megbízásaink egy nem elhanyagolható részét a meglévő anyagvizsgáló berendezések pótlólagos műszerezése jelenti, amelyben egyrészt a vizsgálattechnikai, másrészt a szoftver tapasztalatok újra hasznosulnak.

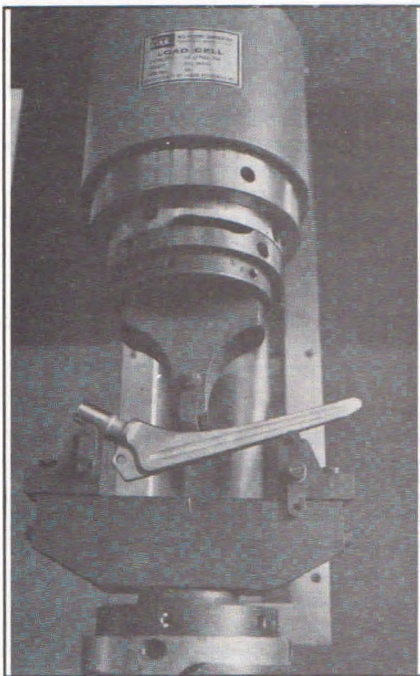
A konkrét anyagvizsgálatokhoz, minősítésekhez kapcsolódó **ipari megbízások** igen sok-



1. ábra Cspőzületi protézis fázrasztóvizsgálata

* egyetemi docens

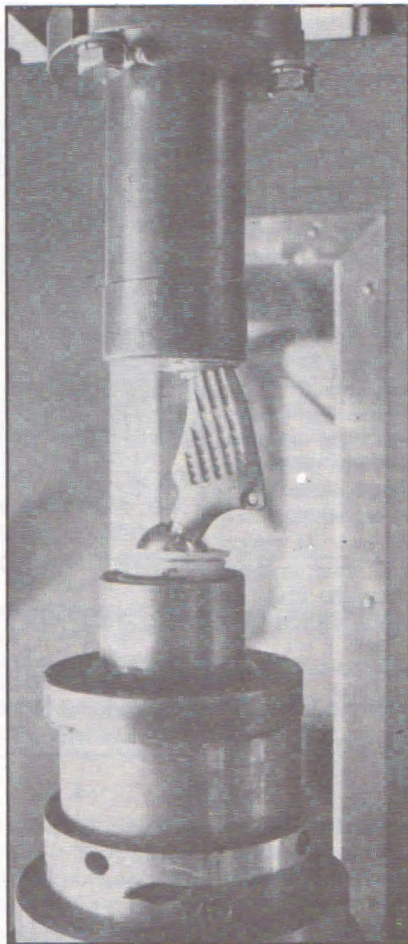
rétűek és nagyon nehéz közülük bármit is kiemelni, ill. ha ezt teszem mindenképpen az önkényesség vádja érhet. Ennek ellenére, vállalva ezt, úgy ítélem, hogy a csípőízületi protézisek vizsgálata egy olyan terület, amely a hazai mechanikai anyagvizsgálatban is újszerű. E vizsgálatok egyrészt az alapanyagok, másrészt a kész protézis ISO előírásai szerinti ellenőrzésére terjednek ki. Ez utóbbi kapcsán a mechanikai vizsgálatok a statikus terhelhetőség és a korróziós fáradási hajlam (testnedvet modellező közegben végzett fárasztás) ellenőrzésére terjednek ki (az 1-3 ábrák néhány jellegzetes momentumot szemléltetnek). E terület kutatásait dr. Gál István fogja össze.



2. ábra. Csípőízületi protézis hajlítóvizsgálata

Műszerezett ütővizsgálatok

E kutatási terület mintegy 20 éves múltja tekint vissza a tanszéken. Alapvetően a VASKUT munkatársainak, Fehérvári Attilának és dr. Rittinger Jánosnak korai munkájára, a VASKUT-ban megépített és üzemszerűen használt berendezésen szerzett tapasztalatokra alapozva indult meg az ilyen irányú tevékenység. Ennek egyik első lépését a tanszéken időszakos használatára elkészített ütőmű jelentette. A további nagy lökést az automata sebességváltók gyártásánál felhasznált, bórral mikroötvözött, betétben edzhető acélok minősítésének szükségessége, az ún. *Brugger vizsgálatok* hazai honosítása adta. Ennek kapcsán a *Csepel Autógyár* megbízásából először a tanszéken készült el a vizsgálatokhoz szükséges műszerezett ütőmű, majd megépítésre, és a *Csepel Autógyár* részére átadásra került egy – az üzemszerű vizsgálatok végzésére alkalmas – ütőmű, amely erő-ido diagramok rögzítésére alkalmas. A számítógépek megjelenésével az LKM megbízásából elkészítettük – tudomásom szerint az első olyan műszerezett ütőművet, amelynél az eredményeket számítógép értékeli. E Commodore-bázisú rendszer szoftverének elkészítésébe kapcsolódott bele Lenkeyné, dr. Bíró Gyöngyvér, aki azóta is e területet műveli. Az LKM-ben (DIMAG-



3. ábra. A terhelés átadása csípőízületi protézis vizsgálatánál

ban) e berendezésen azóta is üzemszerűen végzik a ZF acélok minősítését, sőt az ottani lehetőség kiegészült a Commodore bázisú Charpy, IZOD és dinamikus törésmechanikai jellemzők meghatározására alkalmas rendszerrel. A PC-k elterjedése új fejlesztési irányt nyitott meg. A KFKI-val összefogva, OMFB támogatást elnyerve a berendezések új generációját hoztuk létre. A fejlesztés kétirányú volt. Az egyik irány a PC-be illeszthető transziens-rekorder panel elkészítése, a másik irány a digitális memória oszcilloszkóp felhasználása volt. E két lehetőség figyelembevételével tárolt erő-ido diagram teljes körű, vizsgálat típusától függő feldolgozásra alkalmas szoftver-rendszer kidolgozása, és számos vizsgálattechnikai probléma megoldása a tanszék munkatársainak, – meghatározó módon Lenkeyné, dr. Bíró Gyöngyvér és Major Zoltán nevéhez fűződik. E munka eredményességét tükrözheti talán az is, hogy számos hazai megbízást már teljesítettünk, ill. élő szerződésekkel rendelkezünk új műszerezett ütőmű készítésére, külföldi megkereséseink is vannak, valamint a tanszék munkatársa bekapcsolódott az európai szabványosítással foglalkozó bizottság munkájába, ahol a nemzetközi összehasonlítható vizsgálatokban is részt vesz.

Nyomástartó edények, csővezetékek szerkezeti integritásának vizsgálata

Ez az a terület, amelyen a tanszék számos munkatársa már igen hosszú ideje tevékenykedik. E munkák összefogása Romvári Pál pro-

fesszor nevéhez kötődik, aki Miskolcra telepítése után került szembe e problémákkal, és személyében vállalta azt az alapelvet, hogy „ha nem javíthatunk egy nyomástartó rendszer biztonságán, akkor a felesleges vizsgálatokkal legalább ne ártsunk annak”. Nyilván, a valószínűleg így nem megfogalmazott kijelentés mögött minden esetben jelentős vizsgálati tapasztalat húzódott meg. Ezek közül kiemelhetők a 70-es években teljes méretű nyomástartó edényeken végzett repesztővizsgálat sorozat eredményei, a Barátság II. olajvezeték sorozatos törése kapcsán végzett vizsgálatok tapasztalatai, az ehhez kapcsolódó fárasztóvizsgálatok – mind csöveken, mind pedig próbatesteken – eredményei, az oxigénpalackokon és a háztartási PB-palackokon végzett fásztató- és repesztővizsgálatok eredményei. A dr. Gelencsér László egyetemi doktori és dr. Novotny László kandidátusi disszertációjához kapcsolódó részletes vizsgálatok tapasztalatai is számottevően bővítették az e területhez kötődő ismereteinket, ugyanúgy, mint a folyamatos ipari megbízások. Új irányt adott e területen a kontinuummechanika numerikus módszereinek széleskörű elterjedése, amely lehetővé tette a nyomástartó rendszerek üzemállapotainak modellezését a legkülönbözőbb terhelési, posztulált és létező geometriai hibái mellett. E tevékenységünk kapcsán az elméleti és kísérleti munka optimális arányának megkeresésére, valamint az ország „profi” programfelhasználóinak megismerésére törekedtünk, a hosszútávú együttműködés kialakítása érdekében.

Az üzemelő nyomástartó rendszerek preiódikus felülvizsgálati módszereinek, előírásainak kidolgozásában a laboratórium vizsgálati eredményeinek tapasztalatai mindenképpen tükröződnek, ugyanúgy, mint az a törekvésünk, hogy a tapasztalatok átadására és bővítésére a szerkezeti integritás témájú doktorandusz képzést is meghirdettünk (tudomásom szerint először hazánkban).

A labor bázisán működtetjük az MTS Tréning Center-t és MTS Felhasználók Club-ját, amely végső soron a mechanikai anyagvizsgálattal foglalkozó hazai szakemberek számára nyújthat érdemi segítséget napi munkájukban, a fejlesztésekben, a különböző vizsgálatok meghonosításában. Ugyancsak e bázison szerveztük meg a Measurement Group VISHAY Tréning Center-t. E tevékenységet fémjelzi az elmúlt periódusban évenként megszervezett tanfolyam, amelynek hasznosságát ítélik meg a rendszeresen visszatérő résztvevők. A laboratórium működésében, és annak munkájában aktív szerepet vállalók tevékenysége tükröződik a rendszeres mérnök-továbbképző tanfolyamok, a hazai- és nemzetközi szemináriumokon való részvételekre, az ilyen rendezvények szervezésében is.

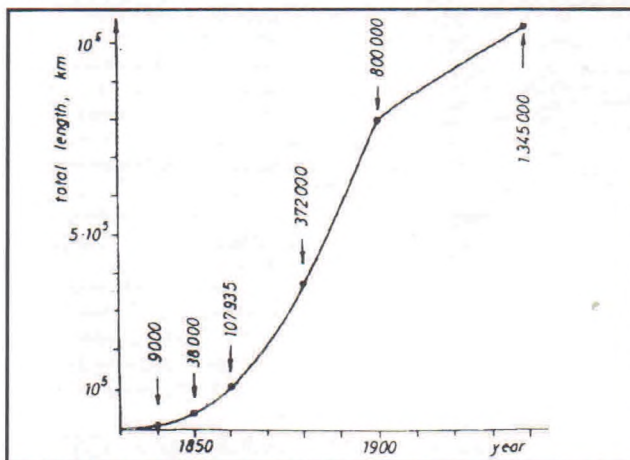
A laboratórium a hazai szabványok szerint akkreditált, a Hegesztéstechnikai Társaság háttérlaboratóriuma. Egyéb akkreditálás megszerzése folyamatban van.

Ki kell hangsúlyozni, hogy ezen eredmények csak közös munkával érhetők el, és számomra úgy tűnik, hogy a jelenlegi – aktívan dolgozó – „csapat” a jövőben csak bővülni fog, mégpedig úgy, hogy annak minden egyes tagja a hazai és nemzetközi együttműködésben rendszeresen résztvevő, korrekt partner lehessen a továbbiakban is.

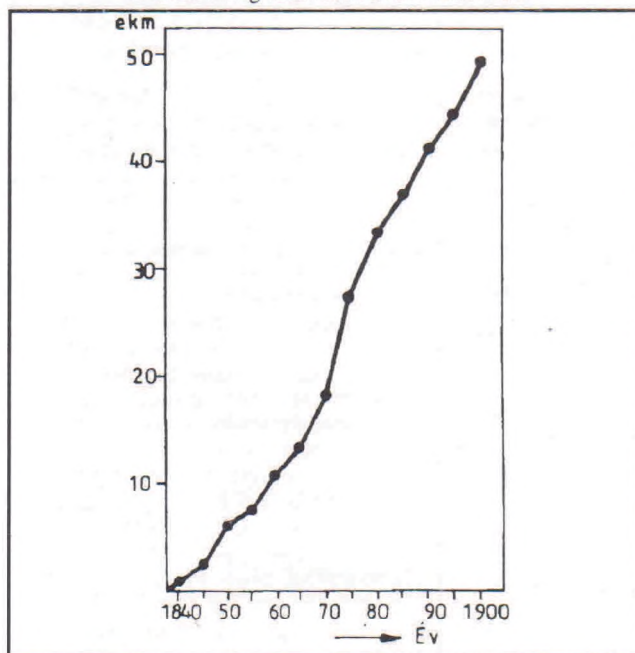
932 066 023

Adalékok az anyagvizsgálat történetéhez

Minden tudományterület fejlődésének megvan a maga hajtóereje. Nincs ez másképpen az anyagvizsgálatnál sem. E területen a vas és később az acél tömeges felhasználása kikényszerítette ezen anyagok tulajdonságainak egyre szélesebb körű megismerését, majd pedig a rendszeres minősítő vizsgálatát. A nyersvas felhasználásának növekedését próbáljuk csak a hajózás és a vasúti közlekedés fejlődésével illusztrálni. A „teljes gőzzel előre” utasítás először 1807. augusztus 9-én hangzott el, a világ első gőzhajójátán, a Hudson folyón közlekedő Clermont hajón, amelyet a mindössze 50 évet élt, Robert Fulton épített. A vasút hivatalos „születésnapja”, 1825. szeptember 27-ike, amikor George Stephenson gőzmozdonya a Stockton és Darlington (Észak-Anglia) útvonalon megindította a rendszeres személy- és teherszállítást. A fejlődés ütemét szemléltesse az 1. és 2. ábra, ahol a világ, valamint Németország vasútvonalainak összhossza van feltüntetve. Gondoljunk csak utána, mintegy negyedszázaddal később, már 38.000 km a vasúti hálózat hossza (évente több mint 1500!! km hosszú pályát építettek), újabb negyedszázad alatt pedig több mint 200.000!! km-t (évente 8–10.000 km-t). Az európai fejlődésben meghatározó a német vasút fejlődése. (2. ábra), amelynek első 10.000 km-es hossza 20 év alatt épült meg, az újabb 10.000 km elkészültére alig több mint 10 évet, míg az újabb 10.000 km-re már csak kb. 5 évet kellett várni.



1. ábra A világ vasútvonalainak összes hossza

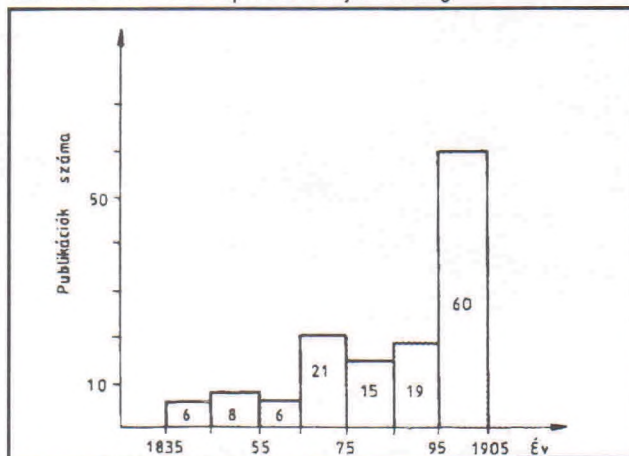


2. ábra A német vasútvonalak összes hossza

A hazai tendencia is ezt az ütemet diktálta, hisz a Pest és Vác közötti 1846-ban átadott vasútvonal hosszának növekedését a kiegyezésig eltelt idő politikai viszonyai sem törték meg (sőt, a fejlődés a világ trendjével egybeeső volt, mint ahogy azt a Nagycenken található Széchenyi Múzeum adatai is tükrözik). A vasúti hálózat ilyen mértékű fejlődését segíti az üzemszerű acélgártás megindulása (1855. október 17. – Henry Bessemer, 1864., Siemens-Martin eljárás, amely a Siemens-fivérek regeneratív tüzelési rendszerét alkalmazza acélgártásra, 1877/78 a Thomas-eljárás – Sidney Gilchrist Thomas – bevezetésének időpontja).

A nyersvas és acél felhasználásának ugrásszerű és exponenciális növekedése nyilvánvalóan magával hozta egyrészt az addig nem tapasztalt káresetek számának emelkedését, másrészt az anyagok minőségének, vizsgálatának igényét.

Az előzőre legyen egy kiragadott példa a kifáradás jelensége, amelynek első leírása 1838-ból származik (Albert W.A.J.: *Über Treibseile am Harz*, Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde, Vol. 10., 1838, pp. 215–234.) A vasúti közlekedés említett ütemű fejlődése magával hozta a tengelyek fáradásos törésének egyre gyakoribb előfordulását. Az első ilyen közlemény 1843-ra datálódik (Rankie W.J.M.: *On the causes of the unexpected breakage of the journals of railway axles; and on the means the law of continuity in their construction*. Min.Proc.Inst.Civ.Eng. Vol. 2. session 1843, 1842–1843, pp. 89–94.) E témával foglalkozó közlemények száma természetesen fokozatosan növekszik. Ennek ütemét szemlélteti a 3. ábra, amelyben August Wöhler munkái az 1858–1871-es periódusban jelennek meg.

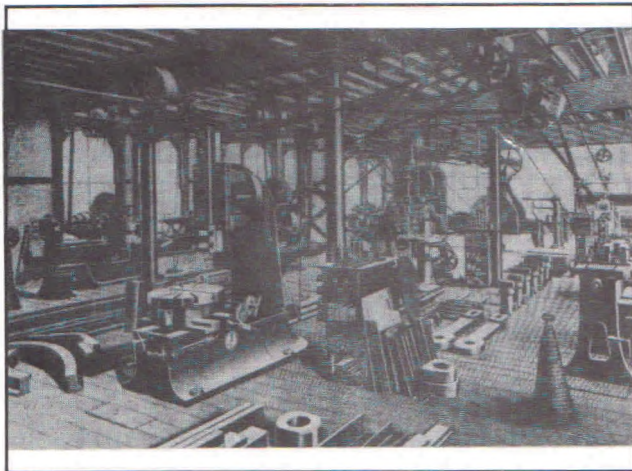


3. ábra A kifáradás jelenségével foglalkozó közlemények száma az elmúlt században

A felhasznált anyagok vizsgálatára, minősítésére sorra alakultak az anyagvizsgáló laboratóriumok. Az egyik első laboratóriumot David Kirkadly nyitotta meg Londonban (1865-ben, más adatok szerint 1858-ban), amely teljes egészében privát laboratórium volt. Ezt megelőzően Wöhler állami laboratóriumot szervezett Németországban, de ennek tevékenysége alapvetően csak a kifáradás jelenségének megismerésére korlátozódott. A Kirkadly laboratórium elismertségét jelezte, hogy az általa használt – 4. ábrán látható – igazolást a világon mindenütt elfogadták. Így a Krupp



4. ábra A KIRKADLY laboratórium minőségstanusító bélyegzője



5. ábra Nagyterhelhetőségű szakítógép KIRKADLY laboratóriumában

cég e laboratóriumban minősítette termékeit, ahol már a mai értelemben is meglehetősen nagyterhelésű szakítógépek álltak rendelkezésre (5. ábra). Kirkadly szakirodalmi munkássága jelentősen gyarapította az anyagok szilárdságáról szerzett ismereteinket. A *Results of Experimental Inquiry into the Tensile Strength and other Properties of various kinds of Wrought-Iron and Steel*. 1. kiadás 1862, 2. kiadás 1864, Glasgow munkájával nagymértékben megalapozta az anyagok szilárdságával, törésével kapcsolatos kutatások további irányát.

A kontinens első igazán jelentős laboratóriumát állami felügyelet alatt Németországban, Münchenben a Műszaki Egyetemen hozták létre 1871-ben, amelynek vezetője Johann Bauschinger professzor volt. E laboratórium 100 tonna kapacitású szakítógéppel is rendelkezett. Berlinben ugyanezen évben A. Martens, 1873-ban Bécsben K. Jenny professzor, 1879-ben Zürichben Prof. Ludwig von Tetmajer, Stuttgartban ugyanezen évben C. Bach szervezett olyan anyagvizsgáló laboratóriumot, amely nagyban hozzájárult ismereteink bővüléséhez. A kontinens, többnyire egyetemeken alapozott laboratóriumaiban folyó munka a tudományos megismerés igényével folyt.

Dr. Tóth László

Könyvismertetés

Bruchmechanische Werkstoffcharakterisierung Törésmechanikai anyagjellemzők

Prof. Dr. Ing. habil H. Blumenauer

A Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie kiadó által 1991. évben megjelentetett, 176 oldal terjedelmű könyv a volt NDK területén kialakult törésmechanikai iskolák legutóbbi években született eredményeit foglalja össze. Ezen iskolák alapvetően négy centrummal alakultak ki, és pedig Magdeburg, Freiberg, Drezda és Chemnitz székhellyel. Kétségtelen, hogy a legrégebbi, a magdeburgi iskola Blumenauer professzor nevéhez fűződik, míg Freibergben igen erőteljes fejlődés ment végbe az elmúlt mintegy 8–10 évben. A drezdai iskola karakterisztikus jegye a kifáradás folyamatának, a repedésterjedés körülményeinek tanulmányozása, míg a chemnitz-i iskola alapvetően elméleti orientáltságú, akadémiai jellegű, amelyet Michel professzor fémjelez.

Az öt fejezetre tagozódó könyv első, mindössze 22 oldalnyi terjedelmű része a chemnitz-i iskola képviselőinek munkája, a repedéssel rendelkező szilárd testek mechanikai elemzésének elméleti és kísérleti lehetőségeit foglalja össze. Kitér a hibrid, az integrál és a probabilisztikus módszerek lényegi elemeire, valamint a repedéscsúcs környezetének Moire és lézerezés vizsgálatának sajátosságaira.

A második, 46 oldal terjedelmű rész a magdeburgi iskola egyik, a stabil repedésterjedés feltételeivel foglalkozó csoportjának munkáját foglalja össze. E részben mind a kvázistatikus, mind pedig a dinamikus terhelés körülményei közötti viszonyokkal foglalkoznak, kitérve a vizsgálattechnikai sajátosságokra. Ez különösen érdekes a dinamikus vizsgálatoknál, hisz erre nézve még napjainkban sincs szabványokban rögzített, egyértelműen alkalmazható módszer. Éppen ezért e rész igen igen hasznos lehet mindazok számára, akik a dinamikus vizsgálatok területére kívánnak kapcsolódni. A törésmechanika gyakorlati alkalmazásával foglalkozók számára igen hasznos lehetnek azok a számszerű vizsgálati eredmények, amelyek a nyomástartó edények gyártásánál használt, növelt szilárdságú, valamint az egyéb szerkezeti acélok kvázistatikus és dinamikus terhelésre jellemző anyagtulajdonságait, azok hőmérsékletfüggését tartalmazza ($J - \Delta$ integrál kritikus értéke, nyírási modulus. $J - \Delta$ a görbe).

A harmadik fejezet a magdeburgi iskola másik irányát, a növelt hőmérsékleten végbemenő repedésterjedés feltételeinek taglalását foglalja össze. A mindössze 35 oldal terjedelmű rész igen informatív mindazok számára, akik e területet művelik, mivel igen jól rendszerezett vizsgálati eredmény áll rendelkezésre a volt szocialista országok erőműveinek

építésében felhasznált acélokra (12Cr1MF, 15CrM), azok eredeti és már üzemelt (károsodott) állapotára nézve. A vizsgálatok között az üzemi hőmérsékletre jellemző $J - \Delta$, ill. a $J^* - da/dt$ meghatározása szerepel. Rövid fejezet foglalkozik ezen eredmények gyakorlati alkalmazásával, bemutatva a javasolt módszer folyamatábráját.

A negyedik, mindössze 30 oldalnyi terjedelmű rész a drezdai iskola bevezetőben nem kiemelt újonnan erősödő irányának eredményeit, a szerkezeti kerámiák tulajdonságainak hőmérsékletfüggésére vonatkozó tapasztalatokat foglalja össze. A legfontosabb jellemzők, vizsgálati módszerek áttekintését és rendszerezését követően elemzi a kvázistatikus terhelés során bekövetkező stabil repedésterjedés feltételeit növelt hőmérsékleten, különböző típusú oxid és nitrid kerámiáknál. A hőszokk okozta károsodási folyamattal, annak sajátos tárgyalásmódjával külön rész foglalkozik, ugyanúgy, mint az ezen anyagokban lejátszódó feszültségrelaxációnak a szemcsehatár állapotára gyakorolt hatásával.

Az utolsó, 41 oldal terjedelmű rész, nagyszilárdságú hegeszthető szerkezeti acélok Freibergben végzett vizsgálatok eredményeit foglalja össze. Ezen igen kiterjedt kutatásnak valóban csak a legfontosabb megállapításai kerültek bemutatásra. Mondom ezt azért is, mert e témában hosszú idejű kapcsolat volt a Freibergi Bergakademie és a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszéke munkatársai között. Az e témában született disszertációk részeredményeit a Miskolcon folytatott vizsgálatok alapozták meg. A könyv ezen részében összehasonlításra kerülnek a ferrit-perlites, a bénites és a nemesített állapotú 440–1250 MPa tartományba eső folyási határú hegeszthető acélok törésmechanikai anyagjellemzői mind az alapanyagra, mind pedig a hegesztett kötésre nézve. Az anyagjellemzők köre kiterjed a $J - \Delta$, a nyírási modulus, a COD, a törési szívósság és a fáradásos repedés terjedésével szembeni ellenállás meghatározására.

Összefoglalva, úgy ítélem, hogy a Blumenauer professzor szerkesztésében megjelentetett könyvet igen hasznosan forgathatják mindazok, akik az anyagvizsgálaton belül a törésmechanikai vizsgálatokkal, azok módszereinek fejlesztésével foglalkoznak. Ugyancsak hasznos adattárba találunk a szerkezetek megbízhatóságának becslését vagy az oktatást végző szakembereink.

Dr. Tóth László

Tanfolyamok 1993-ban

GTE-TÜV

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

A tanfolyamok vizsgakötelesek. A sikeresen vizsgázók Németországban regisztrált TÜV-bizonyítványt kapnak.

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI ALAPTANFOLYAM

Időtartam: 5 egész nap (40 óra)

Időpontok: havonta

MINŐSÉGÜGYI MUNKATÁRS – QS-Fachkraft – TANFOLYAM

Időtartam: 10 nap (80 óra)

Időpontok: havonta

MINŐSÉGÜGYI MUNKATÁRS – QS-Fachkraft – RÖVIDÍTETT

TANFOLYAM az alaptanfolyamot már sikerrel elvégzettek számára!

Időtartam: 5 nap (40 óra)

Időpont: havonta

MINŐSÉGÜGYI MEGBÍZOTT – QS-Beauftragter – TANFOLYAM

Időtartam: 12 nap (96 óra)

Időpontok: 1993. II. félévben

Jeletkezés: folyamatosan

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK

A nemzetközi (ICNDT) irányelveknek és a 12/1992.IV.4.IKM sz. rendelet alapján képzést nyújtó középfokú (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző (T), ultrahangos (U), mágneses, penetrációs, vizuális (MPV), örvényáramos (O) vizsgálati tanfolyamok időtartama (napi 8 óra), és kezdési időpontjai a jelentkezésektől függően 1993. I. félévében: U2–20 nap, U2T–5 nap, Ö1–8 nap, Ö2–8 nap.

Jeletkezés: folyamatosan

SPEKTROSKÓPOS ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK

I. alaptanfolyam, acélok elemzése.

II/A. haladók számára, acélok elemzése.

II/B. réz- és alumíniumötvözetek elemzése.

Időtartam: 44 óra, intenzív.

Időpontok: a jelentkezésektől függően, 1993. I. félévében.

Jeletkezés: folyamatosan

ÁLLÁSTALAN MÉRNÖKÖK ÉS KÖZÉPFOKÚ VÉGZETTSÉGŰ

MŰSZAKIAK KÉPZÉSE

Részletes ismertetés az Anyagvizsgálók Lapja 1993/1 száma 36–37. oldalán

A tanfolyamok szeptemberben indulnak

jeletkezés: folyamatosan

*

JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS:

GTE Oktatási Iroda, 1027 Budapest, Fő utca 68. III. em. 336.

Tel.: 202-1382 vagy 210-2011/456, 457.

Fax: 201-7180 és 153-0818.

ATOMABSORPCIÓS – láng és grafitkemencés – és

ICP-EMISSIONS SPEKTROMETRIÁS TANFOLYAM

Időtartam: 20 óra elmélet és 20 óra témaorientált gyakorlat (pl.: környezet- és élelmiszeranalitika) a legkorszerűbb berendezésekkel.

A sikeresen végzők ELTE bizonyítványt kapnak.

Időpont: szeptember 6–10.

Jeletkezés és felvilágosítás: ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéke, 1518 Budapest, 112. Pf. 32. Dr. Záray Gyula docens.

Nemzetközi rendezvények 1993-ban

23rd Conf. and 17th Symp. of the Int. Con. on Aeronautical Fatigue, Stockholm, Svédország, június 7–11.

The 3rd European Conference on Advanced Materials and Processes, Párizs, június 8–10.

Course on Modern Approaches to Fracture, Sophia Antipolis, Franciaország, június 21–25.

VIII. Int. Conf on Fracture (ICF8), Kiev, Ukrajna, július 8–14.

Int. Conf. on Structural Dynamics Modelling, Cranfield, UK, július 7–9.

The Polymer Conf. Modelling, Synthesis, Characterization, Materials, Cambridge, UK, július 20–22.

12th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology, Stuttgart, Németország, augusztus 15–20.

6th Hungaro-Italian Symp. on Spectrochemistry Advances in Environmental Sciences, összekapcsolva a XXXVI. Magyar Színképlelmző Vándorgyűlés és a IX. Magyar Molekula-spektroszkópiai Konferencia rendezvényekkel. Műszer- és könyvkiállítás. Lillafüred, augusztus 23–27.

9th Danube Symp. on Chromatography, Budapest, augusztus 23–27.

Eurotrib 93, 6. Nemzetközi Tribológiai Kongresszus, Budapest, augusztus 30–szeptember 2.

IN-TECH-ED műszaki fejlesztés és oktatás a textiliparban konferencia, Budapest, szeptember 1–3.

VIII. Nemzetközi Szerszám Konferencia és Kiállítás, Miskolc, augusztus 31–szeptember 2.

Vásárok, Kiállítások Tűzvédelme, Szeged, szeptember 8–11.

32nd Annual British Conference on NDT, Cardiff, UK, szeptember 14–16.

European Symp. on Impact and Dynamic Fracture of Polymers and Composites, Sardinia, Olaszország, szeptember 20–22.

6th European Conf. on Composite Materials, Bordeaux, Franciaország, szeptember 20–24.

XV. Hőkezelő Országos Konferencia, Dunaújváros, október 19–21.

Második Minőségügyi Hét, november 8–10.

és Minőségügyi Világnap, november 11.

Budapest, Magyar Honvédség Művelődési Háza

Felvilágosítás: Magyar Minőség Társaság Rendezvény Iroda

4th Int. Conf. on Improvement of Materials, Párizs, Franciaország, december 1–3.

Előzetes 1994-re

4th Int. Symposium on Toughened Plastics: Science and Engineering, 1994. március 13–14. San Diego, CA, USA. Jeletkezés előadással (abstract) 1993. szeptember 1. Cím: Prof. A.J. Kinloch, Dept. of Mechanical Engineering, Imperial College, London SW7 2BX, UK.

Deformation, Yield and Fracture of Polymers, 1994. április 11–14., Cambridge, UK. Jeletkezés előadással 1993. szeptember 1. Cím: Mrs. Debbie Schorer, Conf. Dept. C406, London SW1Y 5DB, UK.

2nd Int. conf. on Engineering Integrity Assessment, 1994. május 10–12., Glasgow, UK. Jeletkezés: azonnal. Cím: Neil Harwood, Dynamic Testing Agency, East Kilbride, Glasgow G75 0QU, UK.

3rd Symp. on Advances in Fatigue Lifetime Predictive Techniques, 1994. május 16–17., Montreal, Quebec, Kanada. Jeletkezés: azonnal. Cím: M.R. Mitchell, Rockwell Int. Science Center, 1049 Camino Dos Rios Thousand Oaks, CA 91360, USA.

Symp. on Pendulum Impact Machine: Procedures and Specimens for Verification, 1994. május 18–19., Montreal, Quebec, Kanada. Jeletkezés 1993. június 18. Cím: Mrs. Dorothy Savini, Symp. Operations, ASTM., 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103–1187, USA.

4th Int. Conf. Biaxial/Multiaxial Fatigue, Párizs, 1994. május 31–június 2. Jeletkezés előadással (abstract) 1993. szeptember 1. Cím: Société Française de Métallurgie et de Matériaux, 1 Rue Paul Cézanne, 75008 Paris, France.

EUROMAT 94 – TOPICAL – XV. Kohászati Anyagvizsgáló Napok és XI. Anyagvizsgáló Kongresszus – Szakkiállítás.

Balatonszéplak, 1994. május 30. – június 1.

Az Európai Anyagtudományi Egyesületek Szövetsége (FEMS) hivatalos rendezvénye.

Témakörök: korszerű vizsgálati módszerek és eljárások teljes köre; élettartamcsökkentő károsodási folyamatok (kifáradás, kúszás, korrozio stb.); összefüggések az anyag szerkezete és tulajdonságai között; vizsgálati eredmények gyűjtése, tárolása, feldolgozása; az anyagvizsgálat szerepe a minőségbiztosításban.

Jeletkezés előadás tartására kb. 1 oldal rövid kivonattal, illetve kiállítás tartására 1993. július 30-ig vagy az OMBKE 1027 Budapest, Fő u. 68.

Tel.: 201-7337, Fax: 156-1215, vagy GTE 1055 Budapest, Kossuth Lajos

tér 6–8. Konferencia Iroda, tel.: 153-0340, fax: 153-0818 címen.

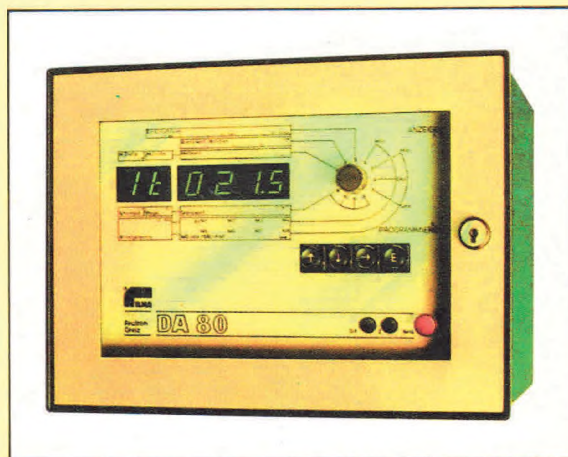
Kérjen részletes információt!



GmbH • BRD

KÖRNYEZETSZIMULÁCIÓS TECHNIKA

Szabályozott klíma



ALAPTÍPUSOK

- Hőállóságvizsgáló kamra
400 és 600 dm³-es
-80-tól + 180 °C-ig
- Klímakamra
400 és 600 dm³-es
-80-tól + 180 °C-ig
10 – 99 % relatív páratartalom

CÉLBERENDEZÉSEK

- Szimulációs kamrák
a környezetjellemzők hatásának
összetett a vizsgálatához
- Léghűtési fagyasztó rendszerek
változtatható vezérlés
különleges kialakítású munkatér
- Gyártósorba illeszthető,
automatizált vizsgáló berendezések
- Egyedi tervezésű vizsgáló berendezések
számítógépes vezérlés

Képviselő:



SERVINTER

Servinter KSZ. Központi Iroda: Budapest VII., István út 26.
Telefon: 142-5923 • Telex: 22-6801 • Telefax: 142-4186
Műszak: 122-8404 • Levélcím: 1406 Budapest Pf. 18.