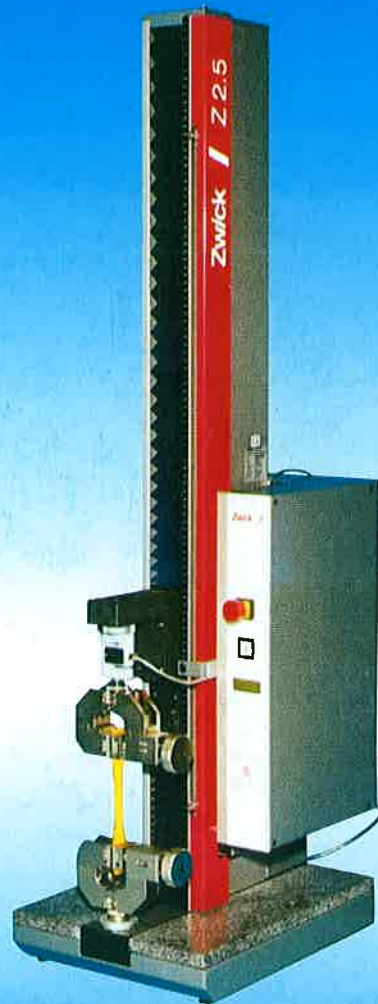


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



10. ÉVFOLYAM
3. SZÁM
2000.

Zwick / *mérés
intelligenciával*

- univerzális vizsgálógép
- egzakt erő-, nyúlás- és elmozdulásmérés
- testXpert az Önnel együttgondolkodó szoftver

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

ISO 9001

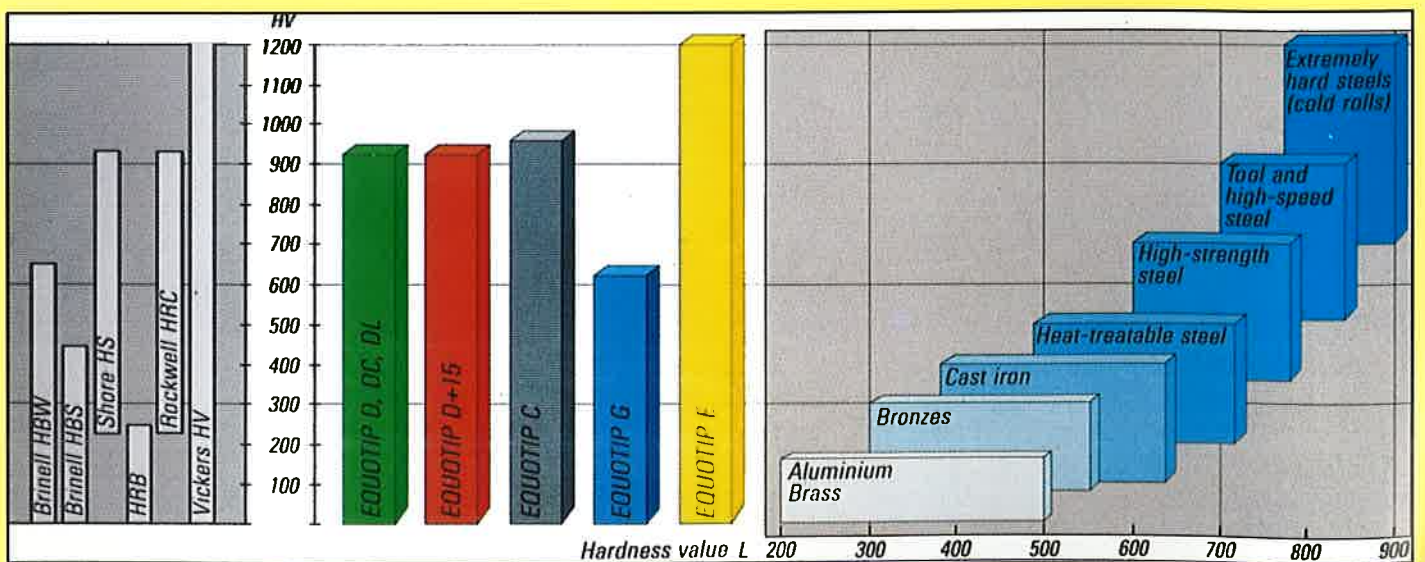
proceq

vizsgálókészülékek forgalmazója



Megfelel
A 956-96
előírásainak

Az **EQUOTIP**[®] keménységmérőn kijelzett és statisztikusan értékelt adatok pontosságát szavatolja a feladatnak megfelelő mérőfej szakszerű használata



ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc

dr. Havas István

dr. Koczor Zoltán

Ruzicska György

dr. Pólos László

dr. Tóth László

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj a 2000. évre:

(1–4. szám): 2.100,- Ft

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

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén.

Nyomda:

KÁNAI NYOMDA Kft.

1225 Budapest, Kolozsvári utca 67.

Felelős vezető: Kánai József

Előkészítés: **PC-PRINT BT.**

Tel.: 205-6399

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

A kutatás és az oktatás befektetés a jövőbe

A Magyar Millennium kiemelkedő eseménye volt a magyar tudósok világtalálkozója, a Tudóstalálkozó-2000, amely a MTESZ szervezésében május 22-23-án ülésezett Budapesten. A nemzetközi hírű, hazai és külföldön élő tudósok kifejtették álláspontjukat a világban lejátszódó globális folyamatokról, Magyarországnak az Európai Unióhoz való csatlakozásáról, valamint a Kárpát-medence és hazánk lakosságát foglalkoztató kérdésekről. Különösen a képzés és a kutatás helyzetéről, az egészségügyről, a környezetvédelemről és az energiaforrások hasznosításáról alakult ki elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt hasznos párbeszéd. Nagyon hasznos volt a politika részvétele is ebben a reálértelmiség által kezdeményezett, és egész országban gondolkodó párbeszédben, mert megnőtt a fejlődésünket, felemelkedésünket segítő gondolatok megvalósulásának az esélye, és ezt az ország egészét szimbolizáló miniszterelnök jelenléte csak megerősítette – nyilatkozta Havass Miklós, a szervezőbizottság elnöke.

A találkozót gazdagító kísérő programok sorából kiemelkedett a magyar származású Nobel-díjasokat és a Műegyetemet bemutató kiállítás, a régiófejlesztésről Esztergomban megtartott tanácskozás és a magyar informatikusok világtalálkozója.

A tudóstalálkozót nemzetközi összefogás, konstruktív párbeszéd és szolidaritás jellemezte, példaszerűen kapcsolódott a millennium gondolkodóköréhez. Kifejezte – ahogy azt Hámori József, a Tudomány- és Technológia-politikai Kollégium elnöke a záró plenáris ülésen elmondott beszédében hangsúlyozta –, hogy a kutatás értéket képvisel a magyar társadalomban. A tudomány és a társadalom hagyományosan jó kapcsolatára támaszkodva a találkozó résztvevői zárónyilatkozatban összegezték gondolataikat és tanácsaikat. Ebben hangsúlyozták: a fejlett európai országokhoz való felzárkózás, a gazdasági növekedés és az életminőség javítása elképzelhetetlen magas színvonalú, a gyakorlatban hasznosuló kutatási-fejlesztési tevékenység nélkül. A kutatás és az oktatás befektetés a jövőbe.

A résztvevők elhatározták, hogy 2004-ben rendezik a következő találkozót.

(A Tér és Trend 2000/2. nyomán)

ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN

Hidasi Béla, Dudás Zoltán, A. G. Mamalis:

Képlékeny alakváltozás Al_2O_3 kerámia anyagok ultraprecíziós megmunkálásánál

Plastic deformation of alumina ceramic during ultraprecision machining

Plastische Vervormung der Al_2O_3 -Keramik während Ultrapräzisionsspanabhebung

71

Molnár László, Valenta László:

Viszkoelasztikus anyagok, anyagmodellek rendszertechnikai szemléletben

Viscoelastic materials and suitability of the material model system

Viskoelastische Materialien und Geeignetheit der Materialmodell-Systeme

77

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Eleőd András, Ziaja György, Stefániai Vilmos, Sajó István:

Hidrosztatikus nyomás alatt végzett alakíthatósági vizsgálat

Formability testing under hydrostatic pressure

Vervormbarkeitsprüfung unter hydrostatischer Druck

80

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Aradi Béla, Sass Attila:

Szakítógépek modernizálása – Modernizing of tensile testing machines – Modernisierungen der Zugprüfmaschinen

84

Do Thanh Son, Vásárhelyi István:

Ipari fémérzékelők és felhasználási lehetőségei – Industrial metal-sensors and possibility of their using

Industrielle Metallfühler und Möglichkeiten ihrer Benutzung

84

RmV-HELYZETKÉP – NDT-REVIEW – ZfP-RUNDSCHAU

Klausz Gábor, Papp Tibor, Skopál István:

A digitális mérés technika alkalmazásának előnyei a roncsolásmentes vizsgálatok terén

Advantage of digital measuring technics used to NDT – Benutzungsvorteile der digitalische Meßtechnik für ZfP

87

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Balogh Kálmán:

Számítógépes vezérlő- és mérőberendezések, 2. rész – Computerized control and measuring instruments, part 2

Rechnersteuerungs- und Rechnermeßinstrumente, 2. Teil

89

Koczor Zoltán, Gerász Tibor, Marschall Marcell:

A minőségügyi technikák anyagvizsgálati vonzatai, 3. rész: Módszer az emberi hibák valószínűségének becslésére

Material testing relations of quality assurance technique, part 3: Estimation method of probability of the human errors

Materialprüfungsneigungen der Qualitätssicherungstechniken, 3. Teil: Schätzungsmethode der Wahrscheinlichkeit von human Fehler

93

MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE

Zihné Perényi Katalin, László Alexandra, Kelkóné Lévai Ágnes:

Kelátképző cellulóz mikrooszlopos dústítás a garfítkemencés atomabszorpció meghatározáshoz

Enrichment by means of chelate-forming cellulose microcolumn to GFAAS

Anreicherung mit Chelatbildnerzellulose-Mikrosäule für GFAAS

96

BESZÁMOLÓK – ACCOUNTS – BERICHTE

Lehofer Kornél:

Gépészet 2000 – intelligens gépek – új anyagok – új eljárások

Gépészet 2000 – conference on mechanical engineering – Gépészet 2000 – Konferenz über Maschinenwissenschaft

99

Lehofer Kornél:

Anyagszerkezet-tani modellek és a kontinuum-mechanika

Material models and continuum mechanics – Materialmodelle und Kontinuummechanik

100

MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONE – MEILENSTEIN

Tóth László:

Prohászka János akadémikus 80 éves – Academician János Prohászka is 80 years old – Akademiker János Prohászka ist 80 Jahre alt

101

SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMUNG

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

103

ESEMÉNYNAPTÁR – CALANDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALANDER

104

Képlékeny alakváltozás Al_2O_3 kerámia anyagok ultraprecíziós megmunkálásánál

Hidasi Béla* - Dudás Zoltán* – A.G. Mamalis **

A kerámiák megmunkálásával kapcsolatosan felmerülő problémák megoldása és a megmunkálás eredményességének értékelése – sok, a fémek megmunkálásánál már megszokottól – eltérő szemléletmódot igényel. Mivel az anyagi tulajdonságokat a szerkezet határozza meg, nyilvánvalóan az alapvető különbségek oka a kerámiáknak a fémekétől eltérő szerkezetében keresendő. A kerámia anyagcsaládon belül is természetesen az anyagtulajdonságok és jellemzők széles spektrumával találkozhatunk, de itt a továbbiakban többnyire csak a kísérleteinkhez felhasznált Al_2O_3 -al foglalkozunk.

Az Al_2O_3 kerámia anyagok szerkezeti jellemzői

Az Al_2O_3 dominálónan ionos kötésű kristályos szerkezet, melynél az oxigén ionok által alkotott szorosan pakolt hexagonális rácsban a fémionok az ún. oktaédeses – hat O^{2-} ion által közrezárt – rács-hézagokba illeszkednek. Egy ilyen típusú cellánál az oktaédeses helyek száma megegyezik az oxigén ionok számával, így ezekben csak minden második-harmadik helyen található Al^{3+} ion.

A leggyakoribb szennyezők ill. adalékok a CaO , MgO és a SiO_2 . Szobahőmérsékleten gyakorlatilag egyik sem oldódik az Al_2O_3 -ban. A SiO_2 -re vonatkozóan még $1800\text{ }^\circ\text{C}$ -on is csak kb. 2%-nál van az oldódási határ. Az ezt meghaladó mennyiség a krisztallithatáron második fázisként (pl. mint $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ más néven mullit) jelenik meg. Az adalékok szerepe elsősorban abban nyilvánul meg, hogy csökkentik a szinterelési hőmérsékletigényt, ami a tiszta Al_2O_3 -nál kb. $1800\text{ }^\circ\text{C}$. Emellett az üvegfázist képező, a szemcsehatárokon elhelyezkedő szilikátok és a MgO is gátolják a szinterelés alatti szemcsenövekedést. A tapasztalatok szerint az apróbb szemcsés anyag jobban polírozható.

Ezen kerámia alapanyagból döntően porkohászati úton készült termékeket gyártanak, amelyek természetesen polikristályos szerkezetűek. A sajtolás és szinterelés során a laza porhalmazból létrejött szilárdtest a konkrét technológiától függő mértékben, de mindig porózus lesz.

Az alkalmazott sajtolási nyomás és az elérhető térkitöltés között (nem keményedő porok esetén) a leggyakoribb feltételezés szerinti kapcsolat

$$\lg p = \lg p_{max} - m \cdot \lg v$$

ahol p_{max} az elméleti sűrűség eléréséhez szükséges nyomás, m anyagállandó, v pedig a relatív térfogat. A modell azonos, a sajtolás megkönnyítésére alkalmazott (a szerszám és a szemcsék közti sűrűsítést csökkentő) adalékok használatát is feltételezi.

Szinterelés során az egymással érintkező szemcsék között megindul a nyakképződés, majd a nyakátmérő növekedése [7]. Tehát a kezdetben folyamatosan összefüggőnek tekinthető – ilyen értelemben nyitott – pórusok egyre inkább elszigetelődnek egymástól és kialakul egy zárt pórusrendszer.

A továbbiakban, sokféle diffúziós mechanizmus hatására, pórusmozgás tapasztalható, melynek eredménye a pórusok számának, alakjának és méretének a megváltozása. Ionkötésű oxidokban már a legegyszerűbb diffúziós folyamatok kezelése is sokkal nehezebb,

mint a fémek esetében, mert itt minden ion csak a saját alrácában diffundál. Tekintve, hogy a komponensek ionos állapotúak, a villamos töltés-semlegességet valamilyen mechanizmusnak biztosítania kell, így a legnagyobb diffúziós sebességet lehetővé tevő pontszerű hibák is villamos töltéssel rendelkeznek. Részen ez az oka annak, hogy a kerámiák alacsony hőmérsékleten képlékenyen egyáltalán nem alakíthatóak, mivel a diszlokáció-mozgás is felborítja a meglévő töltésegyensúlyt, az ezt kiegyenlíteni hivatott (termikusan aktivált) folyamatok pedig lassúak, a diffúziós sebességtől függően.

Általában elfogadott tény, hogy a mechanikai feszültségtér is növelheti a diffúziós sebességet (pl. ez egy forgácsolási folyamat hatása is lehet), de ilyen jellegű kísérleti eredményt a kerámiákra nem találtak.

A kerámiákban lezajló mikrofolyamatok felismerésére, leírására vonatkozó kutatások rendkívül szerteágazóak, de az eredményeket tekintve jelenleg még mindig a részeredmények gyűjtése folyik, vagyis az analízis területén mozognak, a szintézis még várat magára.

Az optikai/elektronoptikai úton megfigyelhető változások

A szinterelési technológia okozta legszembeütőbb változások a pórusokkal kapcsolatosak és egyben – a méretüktől, eloszlásuktól és alakjuktól függően – a legnagyobb mértékben befolyásolják a kialakuló tulajdonságokat. A jellemző változások a következők:

- A pórusok nagyobb csoportokba tömörülnek és egybeolvadnak, egy részük a felületekre diffundálva eltűnik.

- Szerencsés esetben a pórusok alakja a gömb alak felé közeledik (csökken a repedés keletkezési hajlama), az éles póruscsarkok nagy része eltűnik. Diffúziós anyagáramlás indul meg a belső pórusfelületen, melynek révén az ionok a nagyobb görbületi sugarú helyekről a kisebb görbületi sugarú helyekre vándorolnak.

- A pórusfelületek ún. termikus átoldódás révén kisimulhatnak, kivéve azt a helyzetet, amikor nagy a szemcsehatár energiája. Akkor árokképződés jöhet létre és ezek a helyek a későbbi repedések magjaként viselkedhetnek.

Az eddigiekből remélhetőleg kiderül, hogy egy késztermék porozitásának jellemzői igen erős technológiafüggést mutatnak és még az azonos látszólagos-sűrűségű, de különböző gyártóktól származó anyagok tulajdonságai is nagymértékben eltérhetnek egymástól.

A szinterelt kerámiák forgácsolása

Szinterelt kerámiák forgácsoló megmunkálásánál az anyagleválasztás háromféle formája képzelhető el:

- A szemcsék elhasadása, elvágása (nagy krisztallithatár szilárdság esetén) a (Cottrel-féle) hasadási diszlokációk terjedésének következményeként.

- A szemcsék speciális nagy hőmérsékletű képlékeny alakváltozása, illetve elkenődése a levált forgácsdarabok mozgásának és felpadásának következményeként.

- A szemcsék kifordulása (kis krisztallithatár szilárdság esetén) annak következményeként, hogy a krisztallithatár szilárdsága kisebb, mint az anyag aktuális hőmérsékletéhez tartozó folyási határa illetve törőszilárdsága. A kiperzés erősen függ az egyes szemcsék geometriai környezetétől, beágyazottságától (pl. pórusok és egyéb szélek közelségétől).

* Budapesti Műszaki Egyetem, Mechanikai Technológia és Anyagszerkezettani Tanszék

** National Technical University of Athens, Department of Mechanical Engineering, Manufacturing Technology Division

A forgácsolt felület minőségét befolyásoló anyagszerkezeti tulajdonságok

Az adott kerámia anyagra jellemző átlagos felületi pórusosságra, a pórus méret- és alakeloszlásra (a széleken tapasztalható kipergettől eltekintve) nyilvánvalóan nincs hatása a megmunkálási műveleteknek. Ezek, mint láttuk, csak az előzetes porkohászati technológia következményei [1]. Így egy-egy forgácsolási művelettel elérhető mérettartás és felületi minőség csak a ténylegesen megmunkált (domináns) felületre vonatkozóan értelmezhető.

Ezekén túlmenően fellép az élek forgácsolásánál jól ismert jelenség a minta belső tartományaiban is. Mivel a minta (a pórusok létéből adódóan) nem tekinthető kontinuumnak, számítani kell arra, hogy a forgácsoló élek okozta mechanikai feszültség illetve a bevitt energia egy része nem az anyagleválasztásra, hanem a szemcsék rugalmas deformálására fordítódik. Az él tovahaladtával ez a rugalmas alakváltozás megszűnik. Elvben definiálni lehetne egy olyan effektív (az optikailag láthatónál nagyobb) pórusfelületet, amely mind a mérettartás, mind a felületi minőség szempontjából csökkent értékű.

Sokélű forgácsolószerszámmal történő megmunkálás esetén gyakori jelenség, hogy a pórusokban eltárolódnak a durvább csiszolószemcsék és a forgácsdarabkák is. Ezek a finomabb megmunkálási fázisokban előbukkanva rontják a felületi minőséget vagy feleslegesen megnövelik a művelet időtartamát.

A leírtak alapján könnyű arra a következtetésre jutni, hogy a finomforgácsolásra szánt kerámiáknál a minél kisebb porozitás – a praktikumban a minél nagyobb sűrűség – elérése érdekében kívánatos a minél nagyobb sajtolási nyomás és a minél nagyobb szinterelési hőmérséklet alkalmazása. Elvben ez természetesen igaz is, de a megvalósítást lehetővé tevő technológiák költségkihatásai minden gyártót megalakúvársra – szebben fogalmazva (mint az élet minden más, beleértve a műszaki gyakorlat, területén) – az optimum keresésére készítetnek.

A sajtolás területén látszik jelenleg több elérhető technológiai tartalék (többtengelyű és HIP módszerek). A szinterelés gyakorlatilag mindenhol már olyan hőmérsékleten zajlik, ami a levegő atmoszférában működtethető – ezen szempontból legjobb minőségű – ellenálláshuzal fűtőanyagokkal még megvalósítható.

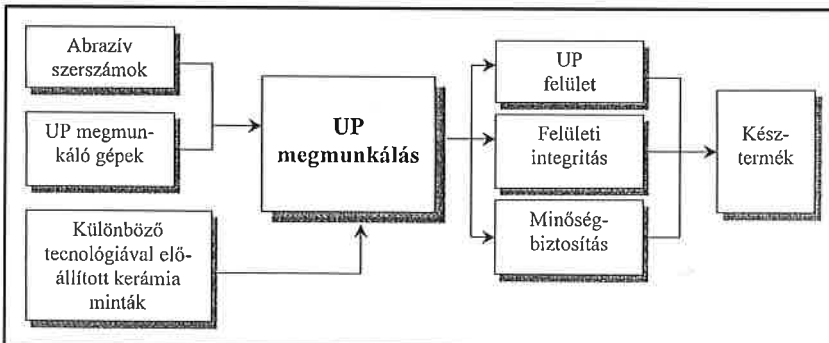
Technológiai kísérletek

A Nogava szerinti [8] koncepciót elfogadva az e tárgy körben kifejtett tevékenységünk egyszerűsített blokkémszerű összefoglalását az 1. ábra mutatja.

Az alkalmazott szinterelési technológia

A jelenleg ismertetendő kísérleteinkben azonos alapanyagból különböző sajtolási nyomásokkal előállított ún. zöld termékeket azonos technológiai paraméterekkel (együtt) szintereltük [2]. Ezt követően a minták durvább majd finomabb forgácsoló megmunkálást kaptak.

Alapanyagként 95% Al₂O₃ tartalmú, 250 µm átlagos szemcseméretű granulátumot használtunk fel. Ez lényegében megfelel az ipari kerámiaalkatrész-gyártásra jellemző tisztasági foknak.



1. ábra. A kísérleti tevékenységünk blokkémsája

A sajtolással – három különböző erő alkalmazásával – elvben azonos méretű gyűrű alakú mintákat gyártottunk. A szerszámméret kialakítását az határozta meg, hogy a zsugorodást követően a késztermék névleges mérete Ø27 x Ø17 x 4 mm legyen. Ezen technológiai fázisra vonatkozó legfontosabb jellemzőket és a vastagsági méretek átlagértékét az I. táblázat foglalja össze.

I. táblázat

Sajtoló nyomás (tonna)	A sajtolás utáni mintavastagság (mm)	A vizsgált minták darabszáma
5	5,15	9
3	4,82	9
1,8	5,02	9

Az összes mintát egyszerre – azonos technológiával – szintereltük, ami esetünkben T=1570±20 °C, és t=5 óra paraméterekkel jellemezhető.

A II. táblázatban a szinterelés utáni jellemzőket láthatjuk.

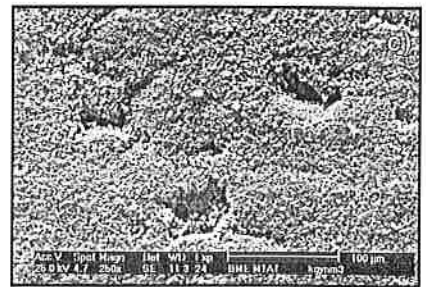
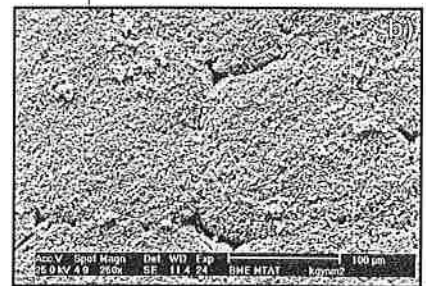
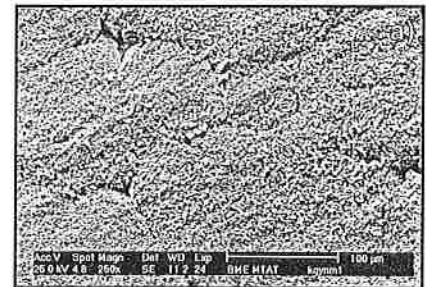
II. táblázat

Sűrűség (g/cm ³)	A szinterelés utáni méretek átlaga		A vizsgált minták darabszáma
	átmérők (mm)	mintavastagság (mm)	
3,795	Ø27,5xØ17,3	4,4	9
3,775	Ø27,3xØ17,1	4,1	9
3,770	Ø26,9xØ16,9	4,2	9

A mért sűrűségváltozás a várakozásunknak megfelelően alakult. A méretváltozások pontosabb számszerű értékelése a tapasztalt méretszórások miatt értelmetlen, de itt is a megfelelő tendenciájú változás érzékelhető. A zsugorodás közvetlen értékei a nyomásnövekedés irányában: 17,5; 16; 15%-ra tehető.

A szinterelés során kialakult felületek jellemző képét mutatja 150-szeres nagyításban az 2.a.b.c. ábráson. Az ábrákon jól megfigyelhető, hogy a szinterelés hatására 50-200 µm szemcseméret-tartományba eső szilárdtest jön létre.

Az is megállapítható, hogy a nagyobb



2. ábra. A szinterelt kerámiagyűrűk felülete a sajtoló nyomás csökkenésének (a–c) sorrendjében

sajtölési nyomás alkalmazásának hatására mind a pórusok átlagos mérete, mind azok mennyisége csökken.

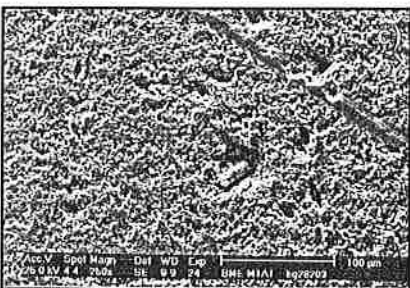
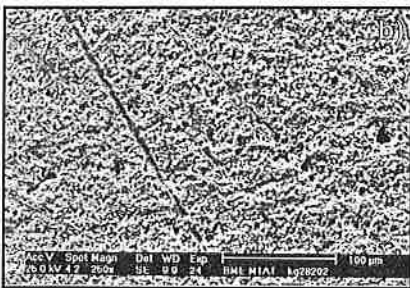
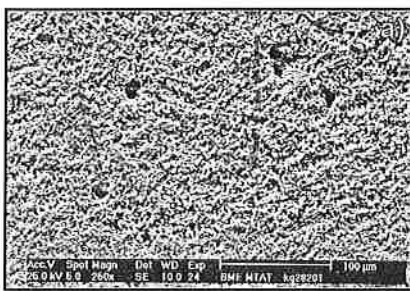
A durva-megmunkálás és hatása

A szinterelést követően a gyűrűk először durva-megmunkálásra kerültek. Ezen technológia lényegi jellemzői:

- A csiszolóanyag: vízben szuszpendált 28/20 gyémántpor.
- Gömbgrafitos öntöttvas polírozótárcsa.
- Az egyszerre megmunkált minták száma: 10 db.
- Az alkalmazott nyomóerő: 760 N.
- A tárcsa fordulatszáma: 56 min⁻¹.
- A tárcsa átlagos kerületi sebessége: 70,5 m/min.

A gyártott mintákból minden nyomásfokozatnak megfelelően 3-3 db került finomszerkezet-vizsgálatra.

A megmunkálás révén nyert felületeket mutatja a 3.a.b.c. ábrásor – a jobb összehasonlíthatóság érdekében – szintén 150-szeres nagyításban.



3. ábra. A kerámiagyűrűk felülete a durva-megmunkálás után a sajtoló nyomás csökkenésének (a-c) sorrendjében

Általános jellemzőként megállapítható, hogy a különböző sajtölési nyomással készült 95%-os tisztaságú Al₂O₃ kerámiák durva-megmunkálási nyomaiban nincs lényegi különbség. A forgácsolás eredménye, vagy – talán az itt történeteket jobban tükröző megfogalmazásban – a felületi minőség javulása többnyire a felületből durván kiálló szemcsék eltávolításának és egy nem folytonos felületet alkotó képlékenyen elkent réteg kialakulásának az eredménye.

Érdekes, hogy a 28/20 megmunkálási fokozat hatása a felületnek csak viszonylag kis hányadára (20-30%-ra becsülhető) terjed ki. A helyenként előforduló durva karcok valószínűsíthetően a pórusok által begyűjtött és később kiszabadult – az átlagos szemcseméretet jóval meghaladó méretű – gyémántszemcsék nyomai.

A finom-megmunkálás és hatása

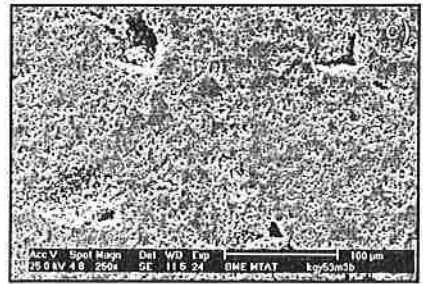
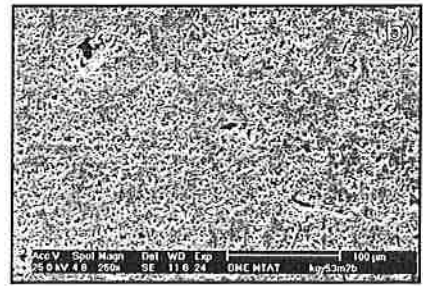
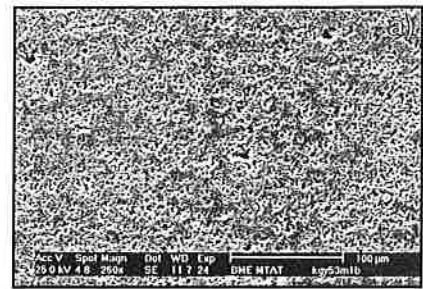
A durva megmunkálást követő finom-megmunkálási technológia lényegi jellemzői:

- A csiszolóanyag vízben szuszpendált 5/3 gyémántpor.
- 99,99 Sn polírozótárcsa.
- Az egyszerre megmunkált minták száma: 10 db.
- Az alkalmazott nyomóerő: 760 N.
- A tárcsa fordulatszáma: 32 min⁻¹.
- A tárcsa átlagos kerületi sebessége: 30 m/min.

A gyártott mintákból minden nyomásfokozatnak megfelelően ugyancsak 3-3 db került finomszerkezet-vizsgálatra.

A finom-megmunkálás révén nyert felületeket mutatja a 4.a.b.c. ábrásor 150-szeres nagyításban.

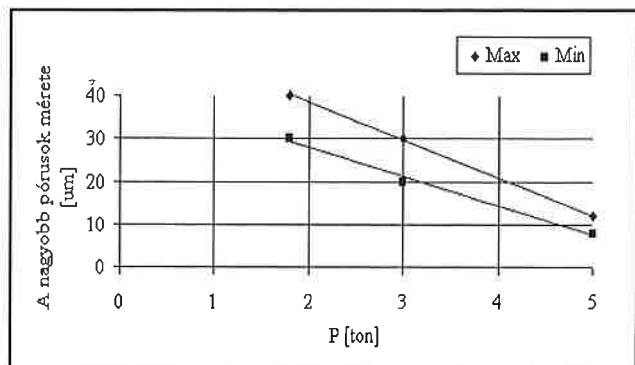
Ennél a technológiai lépésnél a megmunkálás már becsülhetően a teljes felület 60-65%-ra terjedt ki. Jól érzékelhető, hogy a sajtölési nyomás csökkenésével az apróbb pórusok mérete növekszik, de a durvább eltérés a rosszul szinterelődött nagyobb üregek méretnövekedésében mutatkozik meg. A III. táblázat és a 5. ábra a minták összes pórusfelületének 87 felület-%-át kitevő nagyobb pórusok méret-tartományait mutatja be. A legnagyobb pórusméret lényegi szerepe az, hogy meghatározza a zárófelület minimális szélességét a tömítést igénylő felhasználásoknál.



4. ábra. A kerámiagyűrűk felülete a finom-megmunkálás után a sajtoló nyomás csökkenésének (a-c) sorrendjében

III. táblázat

sajtölési nyomás:	nagy pórusok:
5 tonna	8-12 μm
3 tonna	20-30 μm
1,8 tonna	30-40 μm



5. ábra. A nagyobb pórusok méretének a változása a sajtölési nyomás függvényében

Értékelés

Az adott technológiával már az 1,8 t sajtölési nyomással készült minták esetén is összefüggő megmunkált, ún. domináns felület alakult ki (pl. a folyadékzárás már biztosítható). Ez természetesen azt is jelenti, hogy a szinterelési technológia révén a minták túljutottak a perkolációs küszöbön, a pórusok különváltak, nem alkotnak összefüggő hálózatot.

Ugyanakkor azonban (mintáinkat ugyanezen technológiával, de 96%-os tisztaságú alapanyagból hasonló célra készült kerámiatermékekkel összehasonlítva) az is megállapítható, hogy az apró pórusok eltűnése, a maradó pórusok egyesülése és gömbösödése itt kisebb mértékű. Vélelmezhetően a szinterelési hőmérséklet emelése javulást eredményezne. Ebből következően mintáinkon a ténylegesen forgácsolt relatív felület is kisebb.

A megmunkált felületet megfigyelve érdekesnek mondható (meg egyezően több más megfigyeléssel), hogy az alig tartalmaz klasszikus forgácsolásra utaló nyomokat. A felületen minden esetben jellegzetesen egy képlékeny alakítással elkent felületi réteg jön létre. Hasonló felvétel található pl. az [6] irodalomban. Több cikkben található a forgácsleválasztásra vonatkozó diszlokációs mechanizmusokat feltételező modellek, de a legtöbb esetben tisztázatlan marad, hogy milyen típusú diszlokációról van szó és a diszlokációmozgás révén repedés vagy képlékeny alakváltozás jön-e létre, lásd a [3], [4], [5] irodalmakat. Ezekben, a golyómodellekkel érzékeltetett változásokkal modellezve, feltételezik az atom-sűrűség lokális megváltozását, de nem mondják ki, hogy ez csak a rács-szerkezetváltozás esetén következhet be.

Megfigyeléseink alapján feltételezhető, hogy a forgácsolt felületen kisebb-nagyobb mértékű kristályszerkezeti- és, ennek megfelelően, fázisarány-változás zajlik le. Ennek következtében a megmunkált felület fizikai-kémiai tulajdonságai is megváltoznak, eltérnek a tömb (bulk) anyag tulajdonságaitól. Érvelésünket alátámaszthatja az a tény, hogy a különböző technológiákkal (különösen a plazmaszórás alkalmazása esetén) leválasztott Al_2O_3 rétegek szerkezetvizsgálataival foglalkozók egyre több szerkezeti módosulat felismeréséről / azonosításáról számolnak be.

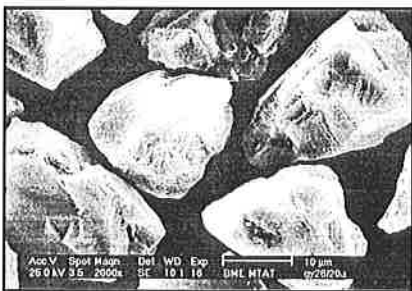
A továbbiakban anyag-szerszám kölcsönhatást vizsgálva próbáljuk értelmezni ezen képlékenyen alakított réteg létrejöttének okait és szerkezetét.

A kerámia-szerszám kölcsönhatás

Az ismertetett forgácsoló technológiákhoz kétféle méretű, sokélű gyémántszerzámot (csiszolóport) alkalmaztunk. A gyémántpor, és a gyémánt mikroporok használatának alapvető szempontjait összefoglalva pl. a [9], [10] irodalomokban található. Itt a megmunkáló gyémántszemcsék vizsgálatáról és a kerámia-szerszám kölcsönhatás megfigyelhető jelenségeiről számolunk be.

A durva szerszámanyag használat előtti állapota

Mindkét gyémánt csiszolópor a méret- és alakeloszlása alapján megfelel a kategóriájának. Itt a továbbiakban – a jobb összehasonlíthatóság végett – többnyire csak azonos nagytípusú szekunder elektron-

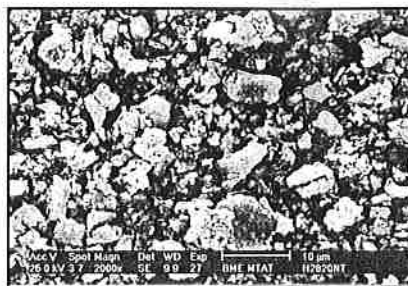


6. ábra. A durva, 28/20 gyémántpor használat előtti állapota

képekkel találkozunk. Ezekből a felvételekből nehéz megítélni, de azonos szemcseméretre történő nagytípusoknál mindkét szemcsehalmaz méreteloszlása és élszerkezete a meg-tévesztésig hasonló képet mutat. A gyémánt csiszolóporokat – mint említettük –

A szerszámanyag vizsgálata a durva-megmunkálás után

A durva-megmunkálás után visszamaradó frakcióban – preparálás



7. ábra. A durva-megmunkálás után visszamaradt forgács

nélkül – a gyémántszemcsék meg sem találhatók a rájuk tapadt Al_2O_3 „forgácsok” és egyéb szennyezők miatt. A 7. ábrán látható a kiszűrt frakció beszárított maradványa. EMP módszerrel azonosítva itt minden látható szemcse gyakorlatilag Al_2O_3 a felületére rákent szennyezőkkel. A látott felületen mért szennyező-tartalmat illetve ennek mennyiségi és minőségi viszonyait mutatja az IV. táblázat.

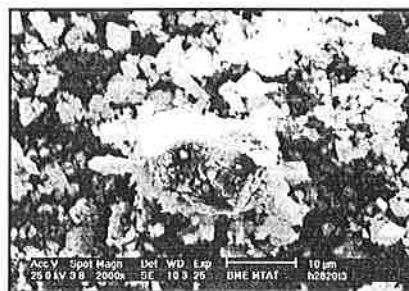
A Si és a Ca az Al_2O_3 szennyezői, a Fe a polírozótárcsából, a Cr a tárcsa ötvözött acéllal történt polírozásából kerülhetett ide. Szén felületet (gyémántot) még tört szemcsék formájában sem sikerült találniuk, ami azt jelenti, hogy a gyémántszemcsék felületén vastagon elkenődnek a leválasztott alapanyag egyes szemcséi ill. a szennyező anyagok.

IV. táblázat

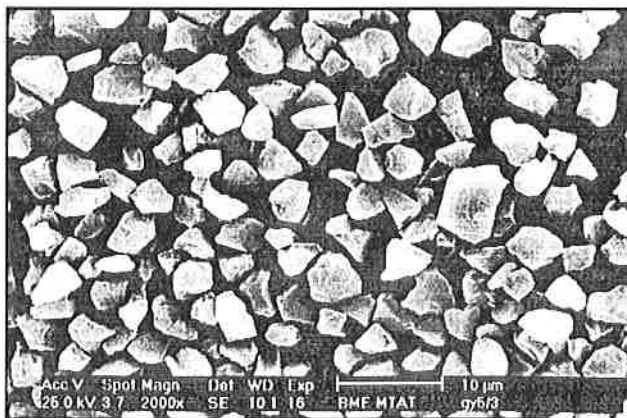
Elem	súly%
Si	16,3
Ca	0,7
Cr	4,9
Fe	23,5

Kioldva a fémes szennyezőket gyakorlatilag csak a leválasztott Al_2O_3 (a világos területek) és a gyémántszemcsék maradnak vissza. Az ismételt kémiai elemzés is ezt igazolta, ebben az állapotban már csak C, Al, O, és Si jelenléte volt kimutatható.

A 8. ábra közepén egyetlen gyémántszemcsét láthatunk a rákenődött kerámia-nyaggal. Az ábrán érzékelhető a leforgácsolt Al_2O_3 szemcsék többségének 1–4 μm mérete és (ahol nincs összetapadva) sokszögű alakja. Tehát a leválasztott „forgácsdarabkák” – legalább-



8. ábra. A 7. ábra szerinti forgács a tisztítás után



9. ábra. A finom, 5/3 gyémántpor használat előtti állapota

VI. táblázat

Fázis	Kémiai összetétel	Reference patterns
Corundum	Al ₂ O ₃	10-0173
Spinel	MgAl ₂ O ₄	21-1152
Anorthite	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	41-1486

is a térfogatra nézve – döntő többsége megegyező nagyságú a forgácsolt szinterelt anyag átlagos szemcseméretével. Így kézenfekvőnek látszik annak a feltételezése, hogy a leválasztott forgácsmennyiség döntő része a felületből kiálló szemcsék kiforgatásából származik.

A használt gyémántszemcséken szignifikáns kopás nem érzékelhető, hasonló megállapítás található az [12, 13] cikkben.

A finom szerszámanyag használat előtti állapota

A vizsgálatokat a finom-megmunkáláshoz felhasznált 5/3 gyémánt csiszolóporon megismételve a használat előtti állapot a 9. ábrán látható. (A sötét háttér minden felvételnél a beágyazó ragasztófelület képe.) A kívánt felületi minőség eléréséhez szükséges (8 perces) polírozási időt az [11] irodalom alapján választottuk. Esetünket a 5,5 N/cm² lapnyomás jellemzi, amelynek az említett irodalom szerint 0,04 μm R_a érték felel meg.

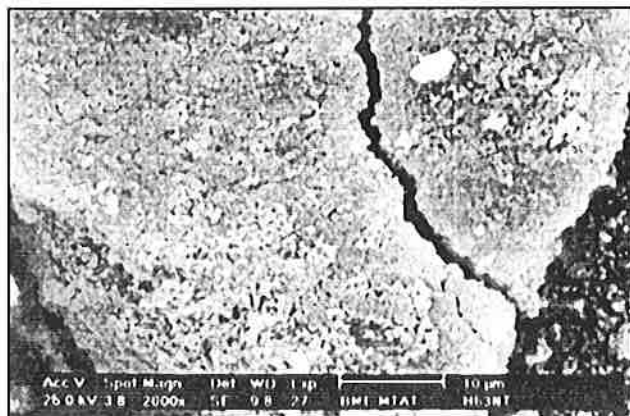
A szerszámanyag vizsgálata a finom-megmunkálás után

A forgácsolás után visszamaradt szűrt és beszárított frakcióban a gyémántszemcsék egyáltalán nem, Al₂O₃ forgács alig-alig azonosítható, mert tömör fémes törmelékbe ágyazódnak (10. ábra), megegyezően mások tapasztalataival [11]. Az ábra mutatta felületen mért szennyező-tartalom az V. táblázat szerint alakult.

V. táblázat

Elem	súly%
Si	8,5
Sn	74
Ca	2,3
Fe	0,6

A számadatokból is kitűnik, hogy a fémes törmelék döntően az Sn polírozótárcsa anyagából áll.



10. ábra. A finom-megmunkálás után visszamaradt forgács

A fémes szennyezők kioldása utáni állapot a 11. ábrán látható. A kép közepén egy gyémántszemcse (fehér, nyújtott trapéz alakú terület) található a felületére rákenődött kerámiával. A 2 μm-nél nagyobb szemcséket egyenként azonosítottuk. Mindegyik egyedi vagy összetapadt szemcsékből álló Al₂O₃ forgács, néhányban C is kimutatható, ami belül gyémántszemcse jelenlétére utal.

A munkadarab vizsgálata

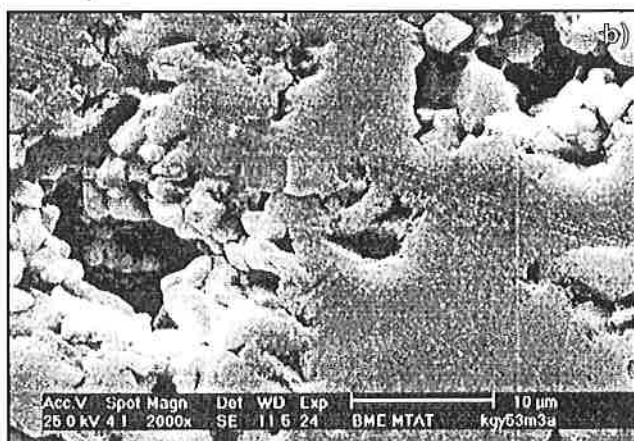
Forgácsolás után vizsgálva a felületi morfológiát a képlekenyen alakított felület kialakulása nyomon követhető mind a 28/20 durva- (12.a. ábra), mind az 5/3 finom-megmunkálás (12.b. ábra) esetében.

A mintáinkban, normál röntgendiffrakciós módszerrel, háromféle – a VI. táblázatban összefoglalt – kristályos fázist sikerült azonosítanunk.



11. ábra. A 10. ábra szerinti forgács a tisztítás után

Karakterisztikus változásnak tekinthető, hogy az anorthite fázis részaránya a felületen jól kimutatható módon megnő (a két megmunkálás hatására 2%-ról 5%-ra), a spinel fázis nem mutatott mennyiségi változást.



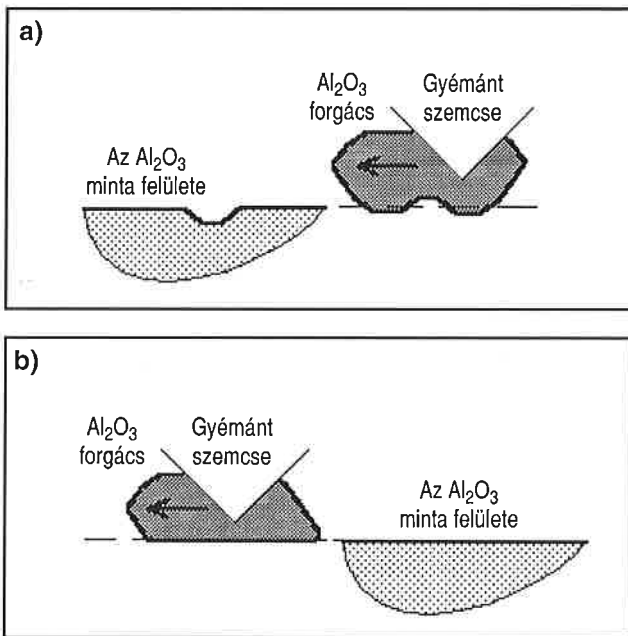
12. ábra. A kerámiagyűrű képlekenyen alakított felülete a durva- (a) és a finom-megmunkálás (b) után

Értékelés

Sem a nagyobb, sem a kisebb szemcseméretű gyémántnál az élek legömbölyödésére vonatkozó korrekt megállapítás nem tehető, mert a legtöbb forgácsolószemcse felületének nagyrésztét beteríti az Al_2O_3 .

Minden megfigyelésünk azt támasztja alá, hogy az egy időben kevés szerszám–anyag érintkezési felületen a kerámia lokálisan magas hőmérsékletre hevül. Ennek következtében a kerámia felületi rétege képlékenyen alakíthatóvá válik és a magas hőmérsékletnek megfelelően itt egy időben egy újrásajtolási és újraszinterelődési folyamat zajlik le. Esetünkben a látott felületi morfológia nem igazolja az [1] irodalomban található, sematikusan feltételezett benyomódási effektusokat. Magára a gyémántszerkezetre is rászinterelődik a kerámia alapanyag. Talán az észlelt karcok ritkasága is megerősíti azt a megállapítást, mely szerint itt többnyire Al_2O_3 felületek csúsznak el egymáson és a gyémánt lényegi szerepe nem a forgácsolóképességében, hanem a rendkívüli hőszilárdságában és jó hővezetőképességében rejlik. A [14] Al_2O_3 esetén beszámol a köszőrülésnél tapasztalt a felületi elkenődésszerű képlékeny alakváltozás észleléséről, de a jelenséget további értelmezése nélkül hagyja.

Ezt a „vágás” mechanizmust sematikusan szemlélteti, felkenődés előtt a 13.a. ábra és felkenődés után a 13.b. ábra. (Az is feltételezett, hogy a felületi réteg szerkezete és/vagy amorf jellegű.)



13. ábra. A 12. ábra szerinti felületet eredményező forgácsolás mechanizmusa

A feltételezésünk szerinti, a felületen kialakuló nem kristályos üveg-fázis létét a röntgendiffrakciós vonalprofil analízissel nem sikerült egyértelműen kimutatnunk. A mért vonalszélesedés olyan nagyságrendű, amit még a szemcseméret-szórási effektus is okozhat.

A probléma részbeni megválaszolására a mintákat HF-ban kezeltük amely a kisebb kötési energiával rendelkező (ilyen az üveg is) fázisokat könnyebben oldja. A kezelés hatására a megmunkált felület drasztikusan fogy, emellett újra előtűnnek a felületre kifutó szemcsehatárok.

A finom-megmunkáláson is tülesett mintánál pedig jól érzékelhető a domináns felület megszűnése. A lazább kötésű fázisok eltávolítása után a megmunkált felületek már nem alkotnak összefüggő tartományt, mivel a pórusok egybenyíltak. Megítélésünk szerint ennek az effektusnak a következménye az a jelenség amit a [15] cikk a szemcseméret csökkenéseként interpretál. A maratás után a szemcsehatárok menti árokképződés, a szemcseélek legömbölyödése is (a tényleges

traszkrisztalin törések mellett) erős szemcseméret-csökkenés illúzióját kelti.

A röntgendiffrakcióval kimutatott fázisarány-változás a valóságban jóval nagyobb lehet, mert az alkalmazott nyaláb becsült behatolási mélysége esetünkben lényegesen meghaladta a forgácsolás fogásmélységét. Tehát a „látott” térfogatnak csak relatíve kis része szolgáltatott a változásra jellemző információt.

A fentieket azonban kiegészítve a maratási kísérleteink eredményeivel, véleményünk szerint egyértelműen igazoltnak tartható a forgácsolás hatására bekövetkező felületi mikrostruktúra-változás.

Nem utolsósorban említhető az a tény, hogy a vázolt „forgácsolási” mechanizmusnak a feltételezésével a megmunkált felület, optikai képe, jellege és kialakulása a mikroszerkezetben kimutatható változásokkal összhangba hozható.

Összefoglalás

A különböző porozitású, ultraprecíziósan megmunkált Al_2O_3 kerámia anyagok vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy a gyémántporral végzett megmunkálást nem a klasszikus forgácsolási, hanem egy felületi képlékeny alakváltozási folyamat jellemzi. A szerszámnyomás okozta lokális felmelegedés hatására a kerámia felületen egy újraszinterelődési folyamat zajlik le. A felületi réteg tényleges képlékeny alakítását a gyémánt csiszolószemcsékre szinterelődött kerámiaforgács hozza létre. Ez a szerszámként alkalmazott gyémántpor és a kerámia kölcsönhatására alapozott szemlélet újszerű eredménynek tekinthető.

Irodalom

1. K. Kitajima, G.Q. Cai, N. Kumagai, Y. Tanaka, and H.W. Zheng: Study on mechanism of ceramics grinding, *Annals of the CIRP* 41(1), p. 367-371, 1992.
2. R. Komanduri, D.A. Lucca and Y. Tani: Technological advances in fine abrasive processes, *Annals of the CIRP* 46(2), p. 545-596, 1997.
3. Bi Zhang and T.D. Howes: Material-removal mechanism in grinding ceramics, *Annals of the CIRP* 43(1), p. 305-308, 1994.
4. T. Nakasuji, S. Kodera, S. Hara, H. Matsunaga, N. Ikawa and S. Shimada: Diamond turning of brittle materials for optical components, *Annals of the CIRP* 39(1), p. 89-92, 1990.
5. V.C. Venkatesh, I. Inasaki, H.K. Toenshoff, T. Nakagawa and I.D. Marinescu: Observation on polishing and ultraprecision machining of semiconductor substrate materials, *Annals of the CIRP* 44(2), p. 611-618, 1995.
6. V.C. Venkatesh, F. Fang and W.K. Chee: On-mirror surfaces obtained with and without polishing, *Annals of the CIRP* 46(1), p. 505-508, 1997.
7. ASM International handbook committee, "Ceramics and Glasses", *Engineered materials handbook*, 4, p. 261-265, 1991.
8. ASM International handbook committee, "Ceramics and Glasses", *Engineered materials handbook*, 4, p. 322, 1991.
9. J.E. Field (1979): "The properties of Diamond", Academic Press
10. J. Wilks, E. Wilks (1991): "Properties and Applications of Diamond", Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford
11. A.G. Mamalis, R. Schulze and W.K. Tonshoff (1979): "Experimental investigations into hard-rock removal processes using a segmental diamond wheel", *Proc. 20th Inter. MTDR Conf., Birmingham UK 1979*, Mc Millan Publishing Co., p. 361-370.
12. A. Wagemann (1994): "Wirkzusammenhänge beim Planparallellpolieren von Hochleistungskeramik", *Diss. RWTH Aachen*, p. 67-70.
13. A.G. Mamalis, R. Schulze and W.K. Tonshoff (1979): "The slotting of blocks of hard rock with a diamond segmented circular sawblade", *Industrial Diamond Review*, 1979, p. 356-365.
14. B. Zhang, T.D. Howes (1995): "Subsurface Evaluation of Ground Ceramics", *Annals of the CIRP*, Vol: 44/1/1995, p. 263-266.
15. J. Yoshioka, F. Hashimoto, M. Miyashita (1987): "Application of Grinding Wheel to Ultraprecision Machining", *Symposium on Machining of Advanced Ceramic Components*, American Ceramic Society

Viszkoelasztikus anyagok, anyagmodellek rendszerteknikai szemléletben

Molnár László – Valenta László*

Bevezetés

A viszkoelasztikus anyagmodelleket a polimerek kifejezetten jellemző tulajdonságainak (pl. kúszás, feszültségrelaxáció) időtartománybeli viselkedésének vizsgálatához használunk. Ha egy hasonló tulajdonságú anyagot tartalmazó szerkezet viselkedését az idő-, vagy a frekvenciatartományban akarjuk vizsgálni, szintén ezen viszkoelasztikus modellekkel dolgozunk, de ekkor már a rugó (k) és csillapító (b) elemekből felépített koncentrált paraméterű modell nem önmagában az anyagot modellezi, hanem az egész szerkezetet.

A polimerek frekvenciafüggő anyagtulajdonsága miatt tekintjük át az alapvető viszkoelasztikus modelleket s állítsuk elő a mechanikai impedanciájukat.

Kelvin-Voight-modell (1. ábra)

Ez a modell egy ideális disszipatív (b) és egy ideális rugalmas (k) elem párhuzamos kapcsolása. A polimerek kúszását szokás modellezni vele.

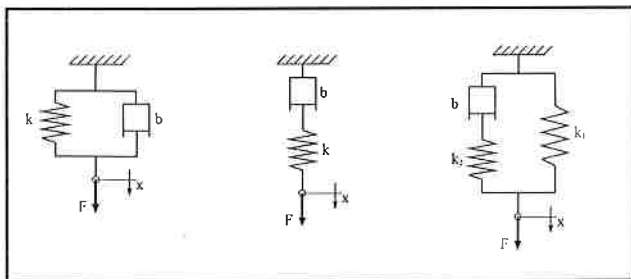
A működő erő a koncentrált paraméterek (k, b) és a keresztváltó (v) függvényében:

$$F(t) = k \int_{t_0}^t v \, d\tau + b \cdot v \quad (1)$$

Laplace-transzformálva az (1) egyenletet a mechanikai impedanciára kapjuk:

$$Z_{KV}(j\omega) = \frac{v(j\omega)}{F(j\omega)} = \frac{1}{\left(\frac{k}{j\omega} + b\right)} = \frac{j\omega}{b \cdot j\omega + k} \quad (2)$$

Maxwell-modell (2. ábra)



1. ábra. Kelvin-Voight modell 2. ábra. Maxwell-modell 3. ábra. Standard-Solid-modell

A Maxwell-modell egy ideális disszipatív (b) és egy ideális rugalmas (k) elem sorba kapcsolása. A polimerek feszültségrelaxációját közelíti. Az elmozdulás az F erő hatására:

$$x(t) = \frac{F}{k} + \int_{t_0}^t v \, d\tau = \frac{F}{k} + \frac{1}{b} \int_{t_0}^t F \, d\tau \quad (3)$$

A (3) egyenlet Laplace-transzformációja után:

* Finommechanikai, Optikai Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

$$x(s) = \frac{F(s)}{k} + \frac{1}{b} \cdot \frac{F(s)}{s} = \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{b \cdot s}\right) \cdot F(s) = \left(\frac{b \cdot s + k}{k \cdot b \cdot s}\right) \cdot F(s) \quad (4)$$

Felhasználva összefüggést a mechanikai impedanciára kapjuk:

$$Z_M(j\omega) = \frac{v(j\omega)}{F(j\omega)} = \left(\frac{j\omega}{k} + \frac{1}{b}\right) = \frac{1}{k} \cdot j\omega + \frac{1}{b} \quad (5)$$

Standard-Solid-modell (3. ábra)

A modell egy Maxwell-elem és egy ideális rugalmas elem párhuzamos kapcsolásából áll, és szintén a polimerek feszültségrelaxációját közelíthetjük vele.

A működő erő a koncentrált paraméterek (k₁, k₂, b) és a keresztváltó (v) függvényében a (4) egyenlet valamint az $x(s) = \frac{v(s)}{s}$ felhasználásával:

$$F(s) = \frac{k_1}{s} \cdot v(s) + \frac{k_2 \cdot b}{b \cdot s + k_2} \cdot v(s) = \left(\frac{k_1}{s} + \frac{k_2 \cdot b}{b \cdot s + k_2}\right) \cdot v(s) \quad (6)$$

A (6) egyenletből a mechanikai impedancia:

$$Z_{SS}(s) = \frac{v(s)}{F(s)} = \frac{1}{\frac{k_1}{s} + \frac{k_2 \cdot b}{b \cdot s + k_2}} = \quad (7)$$

$$= \frac{s \cdot (b \cdot s + k_2)}{k_1 \cdot (b \cdot s + k_2) + k_2 \cdot b \cdot s} = \frac{b \cdot s^2 + k_2 \cdot s}{(k_1 + k_2) \cdot b \cdot s + k_1 \cdot k_2}$$

$$Z_{SS}(j\omega) = \frac{k_2 \cdot j\omega - b \cdot \omega^2}{(k_1 + k_2) \cdot b \cdot j\omega + k_1 \cdot k_2} \quad (8)$$

1. táblázat Viszkoelasztikus modellek mechanikai impedanciái

	Viszkoelasztikus modellek		
	Kelvin-Voight	Maxwell	Standard-Solid
Mechanikai impedancia [Z(jω)]	$\frac{j\omega}{b \cdot j\omega + k}$	$\frac{j\omega}{k} + \frac{1}{b}$	$\frac{k_2 \cdot j\omega - b \cdot \omega^2}{(k_1 + k_2) \cdot b \cdot j\omega + k_1 \cdot k_2}$

Egyszerű mechanikai terhelesű szerkezetek koncentrált paraméterelemei a viszkoelasztikus modellek alapján

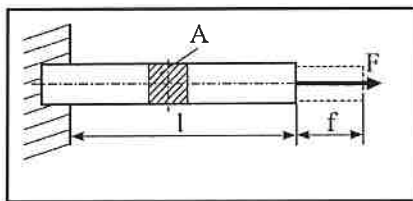
A továbbiakban vizsgálatra kerülő szerkezetek anyaga szilikongumi. Ezen anyagok rugalmas alakváltozása lényegesen nagyobb a fémek arányossági határánál. A nem csak fémekre használt összefüggések a kis alakváltozásokra érvényesek.

Egytengelyű húzás

Az egyik végén befogott l hosszúságú, A keresztmetszetű rúd F húzóerő hatására f értékkel megnyúlik (4. ábra). Az anyag viselkedését a lineáris anyagtörvény alapján az E Young-modulussal jellemezzük.

A rúd megnyúlása:

$$f = \frac{F \cdot l}{A \cdot E} \quad (9)$$



4. ábra. Egyik végén befogott rúd húzása

A rendszer keresztváltozója: $\frac{df}{dt}$, az átmenő változója pedig a húzóerő (F). Így az impedancia a (9) egyenlet felhasználásával:

$$Z(s) = \frac{f(s) \cdot s}{F(s)} = \frac{E(s) \cdot A}{F(s)} = \frac{l \cdot s}{E(s) \cdot A} \quad (10)$$

A bevezetőben említettek alapján a polimerek, köztük a szilikonumi mechanikai anyagjellemzői is komplex mennyiségek. Így a Young-modulus (E), és a csúszató rugalmassági modulus (G) is komplex mennyiségek.

$$E = E' + j E'' = E' + j \operatorname{tg} \delta(\omega) \cdot E' = E' \cdot (1 + j \operatorname{tg} \delta(\omega)) \quad (11)$$

$$G = G' + j G'' = G' + j \operatorname{tg} \delta(\omega) \cdot G' = G' \cdot (1 + j \operatorname{tg} \delta(\omega)) \quad (12)$$

A (11), (12) egyenletekben E', G' a tárolási, vagy rugalmassági modulusok, az E'', és a G'' pedig a veszteségi modulusok. A veszteségi és a tárolási modulusok között a frekvenciafüggő veszteségi tényező, a $\operatorname{tg} \delta(\omega)$ teremt kapcsolatot:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{E''}{E'} = \frac{G''}{G'} \quad (13)$$

Ezek alapján az egyik végén befogott húzással terhelt rúd impedanciája:

$$Z(j\omega) = \frac{l \cdot j\omega}{A \cdot E' \cdot j \operatorname{tg} \delta(\omega) + A \cdot E'} \quad (14)$$

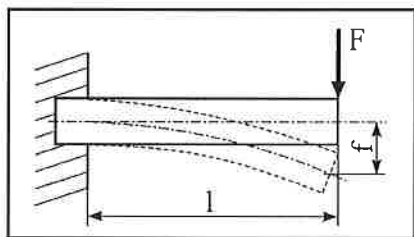
A (14) egyenlet a legnagyobb formai hasonlóságot az 1. táblázat impedanciái közül a Kelvin-Voight-féle mechanikai impedanciával mutat. A két kifejezést összevetve a rendszer merevsége, ill. csillapítása a Kelvin-Voight-féle kapcsolásnak megfelelően:

$$k = \frac{A \cdot E'}{l}, \quad b = \frac{A \cdot E'}{l} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta(\omega)}{\omega} \quad (15)$$

Így a csillapítás mértéke függ a szerkezet merevségétől.

Egyik végén befogott rúd hajlítása

Az egyik végén befogott l hosszúságú rúd, melynek a hajlítás tengelyére számított másodrendű nyomatéka I, az F-I hajlítónyomaték hatására f értékkel lehajlik (5. ábra). Az anyag viselkedését a lineáris anyag-törvény alapján az E Young-modulussal jellemezzük. A rúd lehajlása:



5. ábra. Egyik végén befogott rúd hajlítása

$$f = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} \quad (16)$$

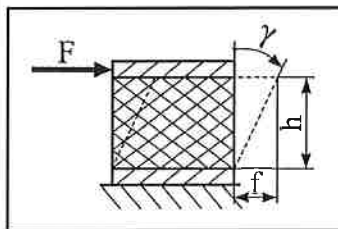
A rendszer kereszt, ill. átmenő változója megegyezik az előző pontban (4. ábra) ismertetettekkel. Így a (16) egyenlet, valamint a (11) felhasználásával az egyik végén befogott hajlítással terhelt rúd impedanciája:

$$Z(j\omega) = \frac{l^3 \cdot j\omega}{3 \cdot E' \cdot I \cdot j \operatorname{tg} \delta(\omega) + 3 \cdot E' \cdot I} \quad (17)$$

A rendszer merevsége, ill. csillapítása a Kelvin-Voight-féle kapcsolásnak megfelelően:

$$k = \frac{3 \cdot E' \cdot I}{l^3}, \quad b = \frac{3 \cdot E' \cdot I}{l^3} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta(\omega)}{\omega} \quad (18)$$

Nyírásra igénybevett állandó keresztmetszetű gumielem



6. ábra. Nyírásra igénybevett gumielem

Az F nyíróerő hatására a h magasságú, A keresztmetszetű gumielem elmozdulása (6. ábra):

$$f = \frac{F \cdot h}{A \cdot G} \quad (19)$$

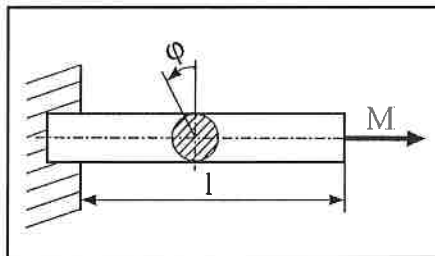
A (19) és a (12) egyenletekből a nyírásra igénybevett gumielem impedanciája:

$$Z(j\omega) = \frac{h \cdot j\omega}{A \cdot G' \cdot j \operatorname{tg} \delta(\omega) + A \cdot G'} \quad (20)$$

A rendszer merevsége, ill. csillapítása a Kelvin-Voight-féle kapcsolásnak megfelelően:

$$k = \frac{A \cdot G'}{h}, \quad b = \frac{A \cdot G'}{h} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta(\omega)}{\omega} \quad (21)$$

Egyik végén befogott rúd csavarása



7. ábra. Egyik végén befogott rúd csavarása

Az M csavarónyomatékkal terhelt, l hosszúságú, I_p poláris másodrendű nyomatékkal rendelkező rúd szögelfordulása a rúd végén (7. ábra):

$$\varphi = \frac{M \cdot l}{I_p \cdot G} \quad (22)$$

A rendszer keresztváltozója: $\frac{d\varphi}{dt}$, az átmenő változója a csavarónyomaték (M). Így az impedancia a (22) egyenlet felhasználásával:

$$Z(s) = \frac{s \cdot \varphi(s)}{M(s)} = \frac{s \cdot l}{I_p \cdot G(s)} \quad (23)$$

Továbbá a (12) egyenlettel a (23)-ból kapjuk:

$$Z(j\omega) = \frac{l \cdot j\omega}{I_p \cdot G' \cdot j \operatorname{tg} \delta(\omega) + I_p \cdot G'} \quad (24)$$

A rendszer merevsége, ill. csillapítása a Kelvin-Voight-féle kapcsolásnak megfelelően:

$$k = \frac{I_p \cdot G'}{l}, \quad b = \frac{I_p \cdot G'}{l} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta(\omega)}{\omega} \quad (25)$$

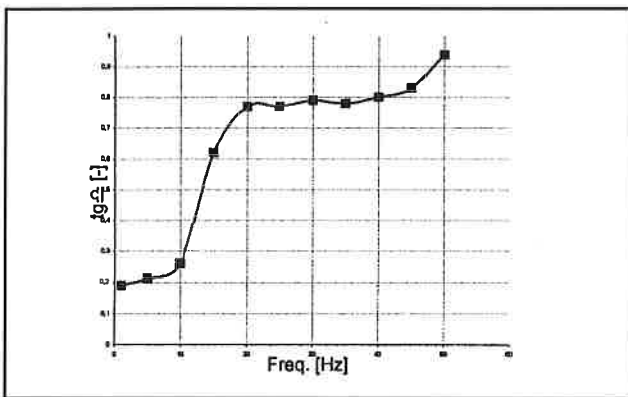
Általánosságban megállapítható, hogy a Kelvin-Voight-féle kapcsolással modellezett rendszerek csillapítása:

$$b = k \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta(\omega)}{\omega} \quad (26)$$

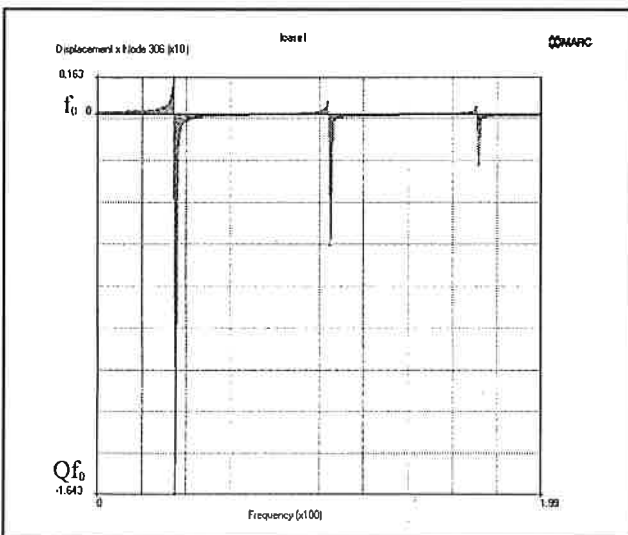
Határozzuk meg a 4. ábrán szemléltetett rendszer merevségét és csillapítását analitikusan az előállított összefüggésekkel, valamint módális analízissel végeelem felhasználásával.

A rendszer koncentrált parametereinek (k, b) meghatározása modális analízissel

Az egyik végén befogott húzásra igénybevett rúd geometria adatai a következők: $A=10 \times 10 \text{ mm}^2$, $l=50 \text{ mm}$. A rúd anyaga 40 Sh keménységű szilikonumi, melynek a kimért veszteségi tényezőjét a frekvencia függvényében a 8. ábra mutatja. A szilikonumi anyagi viselkedését először izotróp anyagmodellel a következő anyagjellemzőkkel írtuk le: $E=1,18 \text{ MPa}$, $\nu=0,499$. A nemlineáris anyagi viselkedés leírására a pontosabb modellben a Mooney-Rivlin-féle polinom potenciált használtuk. A rúd végére működő harmonikus gerjesztésre a rendszer választát a 9. ábra mutatja. A k és a b értékek kiszámítása a kísérleti modális analízis ismert összefüggéseivel történt.



8. ábra. 40 Sh keménységű szilikonumi veszteségi tényezője a frekvencia függvényében



9. ábra. A harmonikusan gerjesztett rúd elmozdulása a frekvencia függvényében

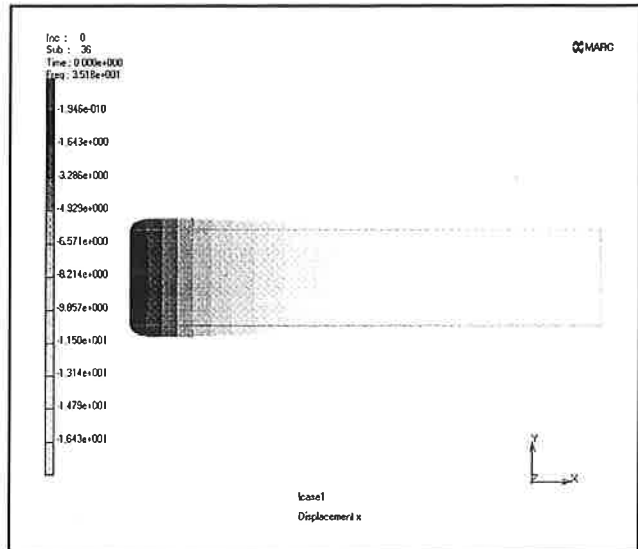
A maximális kitéréshez tartozó körfrekvencia:

$$\omega^* = \alpha \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot D^2} \quad (27)$$

A minőségi tényező (Quality factor):

$$Q = \frac{1}{2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - D^2}} \quad (28)$$

ahol α a csillapítatlan rendszer sajátkörfrekvenciája, D a Lehr-féle csillapítási tényező.



10. ábra. A gerjesztett rúd elmozdulása 35,18 Hz-nél

Eredmények, további célkitűzések

A végeelemes számítások, valamint az analitikus számítások során kapott eredmények eltérést mutatnak (2. táblázat). Ez egyrészt a szilikonumik nemlineáris anyagi viselkedésével, másrészt egy valós rendszer idealizált passzív elemekkel történő közelítő helyettesítésével magyarázható.

2. táblázat. Egyik végén befogott húzott rúd merevsége és csillapítása

	FEM		Viszkoelasztikus modell	
	Anyagmodell		Kelvin-Voight	Maxwell
	izotróp	Mooney-Rivlin		
k [N/m]	5894	243	2360	5267
b [Ns/m]	0,06	0,006	3,4	4,6

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy az eddig ismert viszkoelasztikus modellekkel nem írhatjuk le a hiperelasztikus szilikonok viselkedését elfogadható hibával. Így további cél egy olyan, analitikusan könnyen kezelhető koncentrált paraméterű modell felállítása, mely az eddig ismerteknél pontosabban jellemzi a szilikonok viselkedését.

Felhasznált Irodalom

[1] Bartha Z.: Gumiipari kézikönyv, Taurus-OMIKK Budapest, 1988
 [2] Molnár L., Valenta L.: Bemessung des feinmechanischen Silikon-gumi-Gelenkes / 1999. szeptember, Ilmenau, 44. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium
 [3] Molnár L., Halas J., Takács Á.: Önjáró szonda működésének végeelemes vizsgálata / 2000, április, Marosvásárhely, OGÉT 2000
 [4] Valenta L., Molnár L., Huba A.: Szilikonumi alkalmazása finommechanikai vezetékekben és csuklóokban / 2000, április, Marosvásárhely, OGÉT 2000.

Hidrosztatikus nyomás alatt végzett alakíthatósági vizsgálatok

Dr. Eleőd András¹ – Dr. Ziaja György² – Dr. Stefániay Vilmos³ – Sajó István⁴

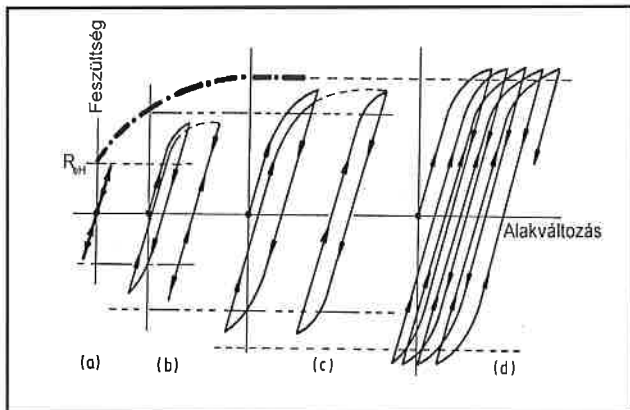
Bevezetés

A numerikus szimuláció módszere, csakúgy mint a műszaki kutató-fejlesztőmunka minden más területén, a tribológia számára is új lehetőségeket jelentett. A numerikus szimuláció alkalmazásával lehetőség nyílt a valóságos érdességi profillal rendelkező szilárd testek között lejátszódó súrlódási folyamatok, ezen belül elsősorban az alakváltozási és a részecskeleválasztást előidéző folyamatok modellezésére.

A numerikus szimuláció eredményességét és valóságű voltát egyrészt az alkalmazott geometriai modell alakhűsége, másrészt a numerikus modell anyagtvényei biztosítják. A geometriai modell alakhűsége a felületi topográfia digitalizálásával már megoldottnak tekinthető [1], [2]. Sokkal nagyobb viszont a bizonytalanság a numerikus modellhez szükséges anyagtvényekkel kapcsolatban, mivel közismert, hogy a hagyományos anyagvizsgálati módszerekkel meghatározott anyagtvények jó esetben is csak a felület alapanyagának jellemzésére használhatók, de a súrlódási igénybevételnek közvetlenül kitétt, ún. felületközeleli réteg(ek), valamint a felületi bevonatok jellemzésére már egyáltalán nem.

Korábbi számításaink [3] azt mutatták, hogy ha a felület a súrlódási igénybevétel hatására lokális képlékeny alakváltozást is szenved, akkor ez az alakváltozás csaknem minden esetben olyan mértékű, hogy a felület hagyományos anyagvizsgálatokkal meghatározott alakváltozó képessége kimerül. Ezáltal a felület legjobban igénybevett érdességcsúcsainak környezetében, az alakváltozó képesség kimerülése miatt bekövetkező képlékeny törés eredményeként, részecskék válhatnak le a felületről. Ezek a számítási eredmények viszont ellentmondanak a gyakorlati tapasztalatoknak, mivel egy súrlódó felület kísérletekkel igazolt kopásállósága sokkal nagyobb, mint amit a számítási eredmények alapján feltételezhettünk.

Hasonló következtetésre juthatunk akkor is, ha a súrlódó felületek ciklikus igénybevételét leíró, ún. shake down elméletet vizsgáljuk.



1. ábra. A felületközeleli réteg alakváltozási ciklusai a súrlódási igénybevétel hatására, száraz súrlódás esetén: (a) tisztán rugalmas alakváltozás, (b) felkeményedés utáni ismétlődő rugalmas alakváltozás, (c) ismétlődő ciklikus képlékeny alakváltozás, (d) halmozódó károsodás (ratchetting)

¹ egyetemi tanár, BME Járműelemek és Hajtások Tanszék

² egyetemi tanár, BME Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék

³ ny. tudományos munkatárs, BME Mechanikai Technológia és

Anyagszerkezet-tani Tanszék

⁴ tudományos munkatárs, MTA Kémiai Kutatóközpont, Kémiai Intézet

Az 1. ábrán látható alakváltozási görbék csak abban az esetben írhatják le az érdességcsúcsok súrlódás közbeni alakváltozását, ha feltételezzük, hogy a kezdeti felkeményedés után a felületközeleli réteg ideálisan képlékennyé válik. Ezt a jelenséget a szakirodalom általánosan TTS-ként (Tribological Transformation of the Surfaces) említi [5]. A szabályos rácsszerkezetű, polikristályos anyagok esetén ez a jelenség csak az állapoténevezők (hőmérséklet, nyomás, alakváltozási sebesség) megváltozásának következményeként képzelhető el. A súrlódás következtében fellépő hőmérséklet-emelkedésnek az anyag szerkezeti változására gyakorolt hatása több kutató szerint is elhanyagolható [6]. Az alakváltozási sebesség növekedése egyes anyagok esetében az alakítási szilárdságot csökkenti, más anyagok esetében viszont növeli.

A nyomófeszültségi állapot kedvező hatása a képlékeny alakváltozó képesség kialakulására és fenntartására régóta alkalmazott tapasztalati tény. Kármán Tódor 1911-ben végzett vizsgálatai óta ismert, hogy a szobahőmérsékleten rideg anyagok (pl. márvány, homokkő, gránit), hidrosztatikus nyomás alatt alakítva képlékennyé válnak, de az így kapott folyásgörbéjük jóval a rideg állapotban mérhető törőfeszültségük feletti feszültségértéknél kezdődik [7]. Ezzel ellentétben, a képlékeny fémek folyásgörbéje jellegében csak kis mértékben tér el a hidrosztatikus nyomás nélkül kapott folyásgörbétől, az alakíthatósági határuk viszont kitolódik és a hidrosztatikus nyomófeszültségi állapot hatására csaknem ideálisan képlékeny állapotba kerülnek [8].

A feszültségi állapot hidrosztatikus komponensének jelentőségére már Johnson [9] is utalt, amikor a felületi réteg ideális képlékenységet a lokális érintkezések körül kialakuló, ún. kvázi-hidrosztatikus feszültségi állapot jelenlétével indokolta.

Tekintettel arra, hogy a lokális érintkezések körüli kvázi-hidrosztatikus feszültségi állapot kialakulása már a korábbi számítások során is kimutatható volt [10], figyelmünk alapvetően az anyagok hidrosztatikus nyomás alatti viselkedésének vizsgálatára irányult.

A vizsgálatok leírása

Vizsgálatainknak kettős célja volt, meghatározni egyrészt az anyagtvényt leíró folyásgörbe alakját, másrészt az adott anyagok alakíthatóságának határértékét, az alakító igénybevételre szuperponált hidrosztatikus nyomáskomponens mellett. A folyásgörbét magasság/átmérő = 1,5 geometriai arányú hengeres próbatest zömítővizsgálatával vetjük fel, a kettős síkállapotban mérhető első törési fonyulást a Ziaja-féle bemetszett próbatesttel [11] vizsgáltuk (2/c. ábra). Vizsgálatainkhoz ötvözetlen szénacélt, ausztenites acélt és szobahőmérsékleten teljesen rideg, AISi26Ni6 gyorsfűtött, porkohászati (RS/PM) hipereutektoidos ötvözetet (MicroAlu) [12] használtunk (1. táblázat).

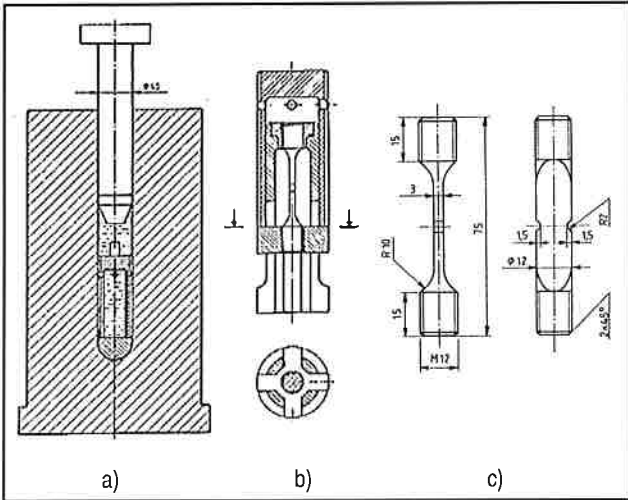
1. táblázat. A vizsgált anyagok összetétele

Összetétel, % Anyag	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mg	Cu	S	P	Fe	Al
C 35	0,35	0,5	0,2					<0,045	<0,035	maradék	
Ausztenites acél	<0,03	<2	<1	18	10			<0,03	<0,04	maradék	
MicroAlu			26,4		6,0	0,04	<0,01			0,41	maradék

A hidrosztatikus nyomás alatti anyagvizsgálatokhoz izosztatikus nyomáskamrát használtunk, ami négyoszlopos, hidraulikus sajtológépre volt felszerelve. A nyomáskamra belső átmérője 40 mm, a sajtológép által kifejtendő legnagyobb nyomóerő 1000 kN, ami a nyomáskamrában

796 MPa névleges hidrosztatikus nyomást eredményezne. A nyúlásmérő bélyegekkel végzett mérések eredményei alapján a sűrűdés a sajtolóerő 4,5...5%-át emészt fel, így a szerszámban ébredő legnagyobb hidrosztatikus nyomás értéke ~750...760 MPa-nak vehető.

A hidrosztatikus nyomás alatt végzett zömítővizsgálat vázlata a 2/a. ábrán látható. A 2/b. ábra a nyomást húzó igénybevétellel átalakító patronát ábrázolja, amit összeszerelt állapotban lehet a nyomáskamrába betenni. A 2/c. ábrán a kettős síkállapotot modellező szakítópróbatest látható.



2. ábra. (a) izosztatikus nyomáskamra, (b) a szakítóvizsgálathoz használt patron, (c) a bemetszett szakító próbatest

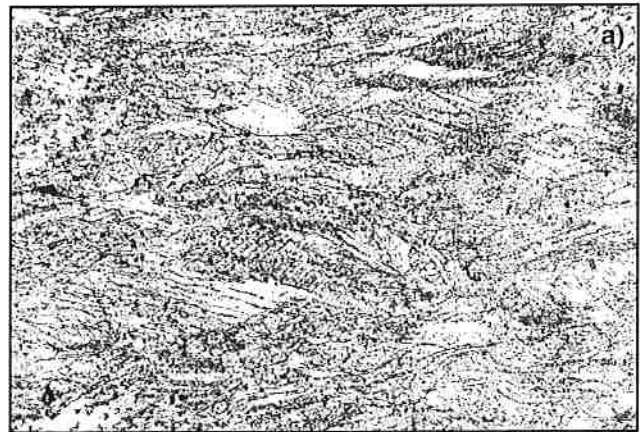
A mérés elve mindkét esetben azonos volt. Az olajoszlop rugalmas összenyomódása a maximális sajtolóerő (1000 kN) eléréséig ~14 mm volt. Az olajoszlop rugalmas összenyomásával állítottuk elő a szükséges hidrosztatikus nyomást és a tüske elmozdulásának utolsó néhány tizedmilliméterét használtuk fel az anyagvizsgálatokhoz. A szerszámból cseppenként kivéve az olajat, elérhető volt, hogy a sajtolótüske az elmozdulásának csak az utolsó mm-ében érje el az alakítandó munkadarabot. A 88 cm³ átlagos olajtérfogatot, az 1 mm-es magasságcsökkenést és az olaj 1,4·10³ MPa kompresszibilitási tényezőjét figyelembe véve, az alakítás során a hidrosztatikus nyomás változása mindössze ~20 MPa volt.

Az eredmények értékelése

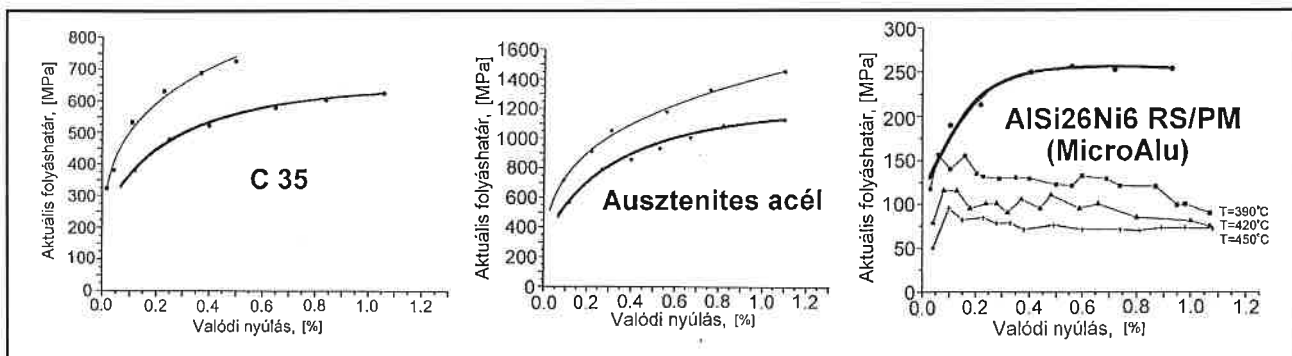
A zömítővizsgálatok eredményeinek kiértékelésénél, az egyes alakváltozásokhoz tartozó aktuális folyáshatár értékeit, a szerszám és a próbatest közötti sűrűdés elhanyagolásával, a $k_f = F/A$ összefüggéssel számítottuk. Az összefüggésben F az alakítóerőt, A az alakváltozott próbatest keresztmetszetét jelenti. A hidrosztatikus nyomástérben végzett

vizsgálatoknál az alakítóerőt két mérés különbségéből lehetett csak megállapítani. Először meg kellett mérni a hidrosztatikus nyomás előállításához és az alakításhoz szükséges együttes erőt, majd a próbatestet a nyomáskamrából kivéve, változatlan olajtérfogattal, a hidrosztatikus nyomás létrehozásához szükséges erőt. A tüske és a nyomáskamra relatív elmozdulásának függvényében felvett két görbét egymásból kivonva, megkaptuk az alakítás erőszükségletét. A mért folyásgörbék a 3. ábrán láthatók:

Az ötvözetlen szénacél és a nagy ötvözőtartalmú ausztenites acél esetében a hidrosztatikus nyomás hatására az aktuális folyáshatár kismértékben csökkent, a folyásgörbék alakja viszont az alakítás mértékének növelésével ellaposodik, azaz ez az ideális képlekeny állapot felé való közeledésre utal.



4. ábra. (a) Hidrosztatikus nyomás nélkül alakított próbatest, (b) hidrosztatikus nyomás alatt alakított próbatest. Az alakváltozás mértéke 100%, nagyítás 500X, marószerszám királyvíz.



3. ábra. A zömítővizsgálattal felvett folyásgörbék.

(Az ábrákon a vastag vonallal rajzolt görbék a hidrosztatikus nyomás mellett kapott folyásgörbék.)

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

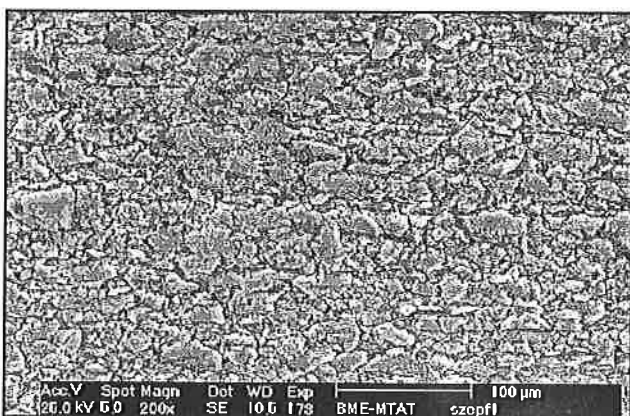
A korrózióálló acél esetében a zömített próbatesteken metallográfiai és röntgendiffrakciós vizsgálatokat is végeztünk. Mindkét vizsgálat eredményeiből arra következtethetünk, hogy az ausztenites acélnál a hidrosztatikus nyomás hatására az alakváltozás jellege megváltozik, az alakváltozás inkább ikresedéssel, mint a szemcsék alakváltozásával játszódik le. A hidrosztatikus nyomás jelenléte lassította az ausztenites acélok hidegalakításánál lejátszódó részleges fázisátalakulást és az ezzel járó intenzív felkeményedést (lásd a 4. ábrát és a 2. táblázatot).

2. táblázat. A röntgendiffrakciós vizsgálatok és a mikrokeménység-mérések eredményei

(Cu K α sugárzás, 45 kV, 30 mA, grafit monokromátor, proporcionális számláló)

A röntgendiffrakciós vizsgálatok eredményei	α -fázis	Félérték szélesség (FWHM)		Mikrokeménység	
		felület-közepes köbös rács	tér-közepes köbös rács	csúszásmentes zónában	csúszóvonalak mentén
Az alakítás jellege					
Hidrosztatikus nyomás nélkül	10%	0,25	0,38	340 HV	430 HV
Hidrosztatikus nyomás alatt	7%	0,28	0,35	353 HV	430 HV

A gyorsított porkohászati alumíniumötvözet szobahőmérsékleten teljesen rideg, egyáltalán nem alakítható. A megalakítás során (390-450 °C) viszont ideálisan képlékeny állapotba kerül (3. ábra). A hidrosztatikus nyomás hatására, a megalakítási szilárdsághoz képest lényegesen nagyobb alakítási szilárdságnál, de hasonlóképpen ideálisan jól alakíthatóvá válik. A hidrosztatikus nyomás jelenléte a porkohászati alumíniumötvözet szabad zömítő alakításánál, szemben a szobahőmérsékleten tapasztalt teljesen rideg viselkedéssel, nagymértékű képlékeny alakváltozást eredményezett. Az alakítás a szemcsehatárok mentén ment végbe, az eredetileg gömbszerű, 5...30 μ m-es porszemcsék csak



5. ábra. MicroAlu próbatestek oldalfelülete hidrosztatikus nyomás alatti zömítés után (a) és megalakítás után (b)

az előgyártmány konszolidációja során deformálódtak. Az alakítás előtt és a hidrosztatikus nyomás alatt végzett hidegalakítás után megvizsgálva a félbevágott próbatestek csiszolatát, a szemcseszerkezetben semmiféle változást nem lehetett észrevenni. Ezzel ellentétben viszont a próbatestek szabadon alakváltozott, külső hengeres felületének állapota erősen különbözik egymástól (5/a. és 5/b. ábra).

A vizsgált ötvözetlen szénacél és az ausztenites acél megnövekedett alakváltozó képességét a Ziaja-McClintock-összefüggésből [11] számított egyenértékű törési nyúlás ($\bar{\epsilon}_f$) síkbeli komponenseivel (ϵ_{1f} , ϵ_{2f}) lerajzolt alakváltozási határgörbékkel (6. ábra) jellemeztük:

$$\bar{\epsilon}_f = \frac{\sqrt{3} \cdot K}{\frac{2}{1-n} \operatorname{sh} \left[\frac{3(1-n)}{2} \frac{1+\alpha}{\sqrt{1+\alpha+\alpha^2}} \right] + \frac{1-\alpha}{\sqrt{1+\alpha+\alpha^2}}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{1f} = \frac{\sqrt{3} \bar{\epsilon}_f}{2\sqrt{1+\alpha+\alpha^2}}; \quad \epsilon_{2f} = \alpha \cdot \epsilon_{1f} \quad (2)$$

Az összefüggésekben:

$\alpha = d\epsilon_2 / d\epsilon_1 \approx \epsilon_2 / \epsilon_1$ – deformációtörténet, amelynek értelmezési tartománya: $-1/2 \leq \alpha \leq 1$;

n – a folyásgörbe Holomon-függvényének hatványkitevője;

ϵ_{10} – a kettős síkállapotban mért első törési főnyúlás;

$$K = \frac{2}{3} \epsilon_{10} \left[\frac{2}{1-n} \operatorname{sh} \left(\frac{3}{2} (1-n) \right) + 1 \right] \text{ – integrálási állandó.}$$

A bemetszett, vékony próbatesttel meghatározott első törési főnyúlás (ϵ_{10}) értékeit, valamint a folyásgörbék hatványkitevőjét a 3. táblázat tartalmazza:

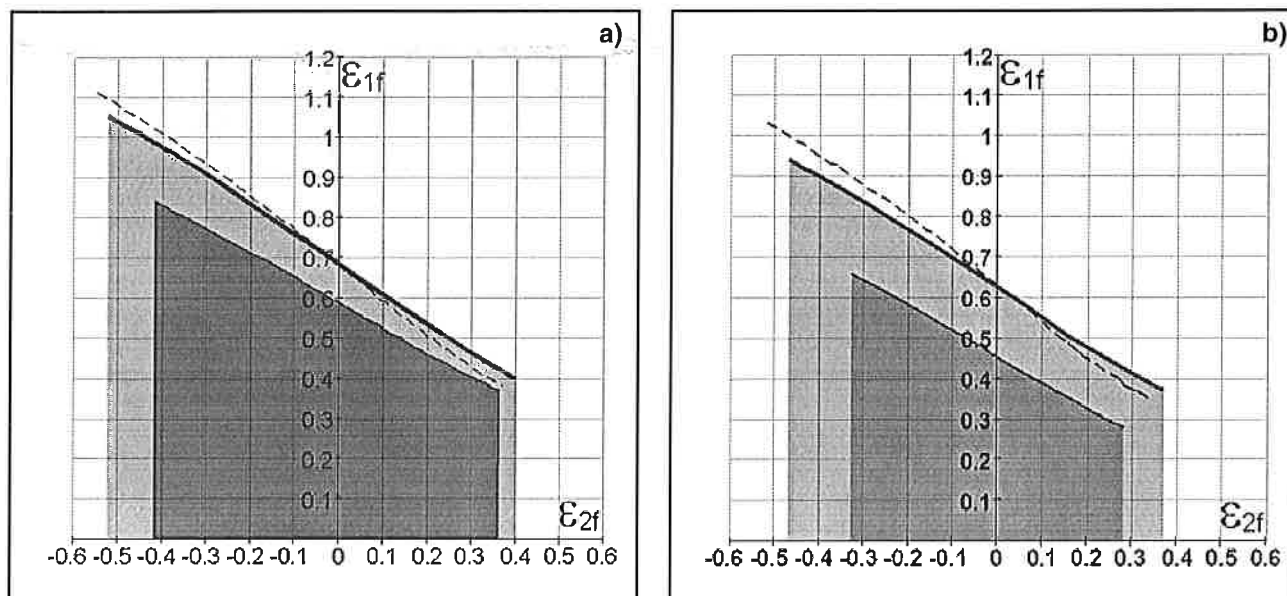
3. táblázat. Az első törési főnyúlás szakítókérséreltel meghatározott értékei és a folyásgörbék hatványkitevői

Vizsgált anyag	Hidrosztatikus nyomás nélkül		Hidrosztatikus nyomás alatt	
	ϵ_{10}	n	ϵ_{10}	n
C 35	0,577	0,44	0,674	0,18
Ausztenites acél	0,457	0,388	0,628	0,238

Az (1) és (2) összefüggésekkel és a 3. táblázat értékeivel, a deformációtörténet értelmezési tartományához tartozó, számított alakváltozási határgörbékét a 6. ábra szemlélteti. Az ábrákon a vékony vonallal határolt sötétebb terület jelenti a repedésmentes alakváltozási területet hidrosztatikus nyomás nélküli esetben, a vastag vonallal határolt világosabb terület pedig a hidrosztatikus nyomás hatására megnövekedett alakváltozási tartományt ábrázolja. Az ábrákon szaggatott vonallal feltüntetettük az ideális képlékenységhoz ($n = 0$) tartozó elméleti alakváltozási határgörbét is.

Összefoglalás

A kidolgozott vizsgálati eljárás, véleményünk szerint, eredményesen használható a felületközeli réteg anyagtörvényének meghatározására. A jelentős hidrosztatikus nyomáskomponenssel rendelkező feszültségi állapotban tapasztalt kvázi-ideális képlékenységgel a sűrűlő felületek felületközeli rétegének korábban kísérleti úton már kimutatott alkalmazkodóképessége jól értelmezhető. A jelenség új alapot teremthet a rideg anyagok, illetve a bevonatok sűrűlődása közben lejátszódó folyamatok magyarázatára is.



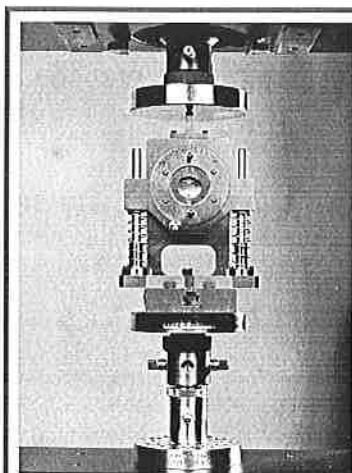
6. ábra. Alakváltozási határgörbék: (a) ötvözetlen szénacél; (b) ausztenites acél

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos és Kutatási Alapnak (OTKA T 029963, T 025208) és az Oktatási Minisztériumnak (FKFP 0257/1997) a cikkben ismertetett kutatások támogatásáért.

Irodalom

- [1] Eleőd, A. – Pálkás, T. – Devecz, J.: Érintkező felületek analizésének kísérleti és numerikus módszerei. Bánki Donát Műszaki Főiskola Jubileumi Tudományos Ülésszak, 1999, Proceedings, p: 339-343.
- [2] Váradi, K. – Néder, Z.: Three-Dimensional Contact Analysis of Real Rough Surfaces, 10th International Colloquium, Tribology – Solving Friction and Wear Problems, Esslingen, Germany, 9-11 January 1995, p: 253-259.
- [3] Eleőd, A.: Numerical Modeling of the Mechanical Process of Particle Detachment by Finite Element Method. Accepted Paper for ASME Journal of Tribology, ASME Paper ref: 931(1998)C/JW.
- [4] Wong, S.K. – Kapoor, A. – Williams, J.A.: Shake down limits on coated and engineered surfaces. Wear 203-204 (1997) p: 162-170.
- [5] Eleőd, A. - Oucherif, F. – Devecz, J. – Berthier, Y.: Conception of numerical and experimental tools for study the Tribological Transformation of Surface (TTS). „Lubrication at the frontier: The role of the interface and surface layers in the film and boundary regime”. 25th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, Lyon, 8-11 September 1998. Volume of abstracts.
- [6] Váradi, K. – Néder, Z. – Friedrich, K. – Flöck, J.: Finite Element Modelling of the Thermal Conditions during Sliding of a CF/PEEK-Composite Against a Steel Asperity. 11th International Colloquium Tribology, Industrial and Automotive Lubrication, Ostfildern, Germany, 13-15 January (1998), p: 971-987.
- [7] Th. Kármán : Festigkeitswerte unter allseitigem Druck. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, Nr. 42, Band 55, 21. Oktober 1911, p : 1750-1759.
- [8] Pugh, H.L.D.: Mechanical behavior of materials under pressure. Elsevier, Amsterdam-London-New York, 1970., p: 262-263.
- [9] Johnson, K.L.: Contact mechanics and the wear of metals. Wear 190 (1995), p: 162-170.
- [10] Eleőd, A.: Energetische Voraussetzungen der Verschleißteilchenbildung (Entstehung dritter Körper) bei metallischen Reibkörpern. 10th International Colloquium Tribology, Tribology - Solving Friction and Wear Problems. Technische Akademie Esslingen, January 9th-11th, 1996., p955-964.
- [11] Ziaja, Gy.: Alakíthatósági kutatások. Anyagvizsgálók Lapja, 1996/6. p: 73-80.
- [12] Stefániai, V. - Ziaja, Gy. – Fleé, A.: Properties of Al-Si-(X) RS/PM aluminium alloys, Proc. of First Conf. on Mech. Eng., Budapest, May 28-29, 1998. Vol.1. p: 242-246.



Nyírókészülék kompozitok rétegekőzi szilárdságának vizsgálatához



Az **INSTRON** korszerű, számítógépes vezérlő- és mérőrendszerekkel ellátott univerzális vizsgálógépeihez a különleges vizsgálati feladatok céljára

- ▣ a mintabefogók,
- ▣ a terhelő készülékek,
- ▣ az alakváltozás-mérők és
- ▣ az értékelő szoftverek

széles választékát kínálja a hazai forgalmazó

TESTOR Bt.

Budapest XII., Meredek u. 33. • 1538 Budapest, Pf. 528
Tel.: 319-1-319 • Fax: 319-2-284 • www.testor.hu • info@testor.hu

Szakítógépek modernizálása

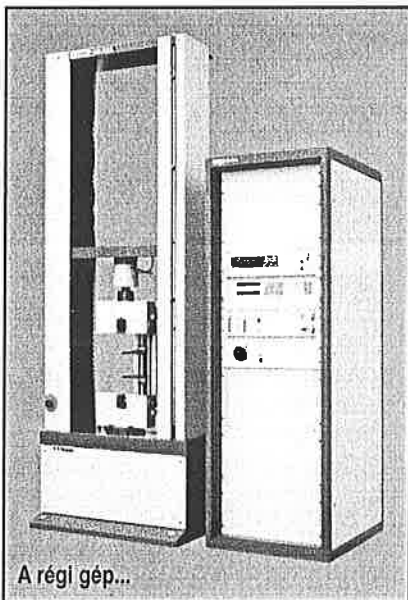
Aradi Béla – Sass Affila*

Különösen a régi, nagyobb terhelhetőségű szakítógépek felújítása lehet gazdaságos. Az egységes mérő-, vezérlő- és hajtómodulok lehetővé teszik, hogy ezek a régi gépek is a mai technikai színvonalon működjenek, megfeleljenek a legújabb vizsgálati szabványoknak és egyben megfelelően dokumentált jegyzőkönyv készüljön a mérésről.

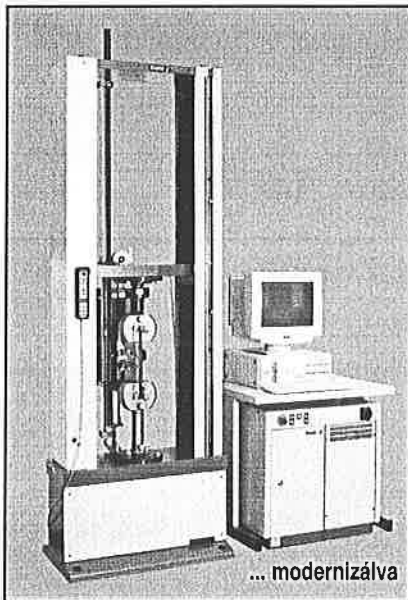
Az elektronika fejlődése egyre gyorsabb. Az anyagvizsgáló gépek területén ez úgy nyilvánul meg, hogy a vezérlések egyre gyorsabbak és precízebbek lesznek. A mérés folyamán keletkezett adatokat is egyre gyorsabban és intelligensebben lehet feldolgozni.

Az illeszkedő modernizáló egységekkel még a régebbi anyagvizsgáló gépek esetében is elérhető, hogy azok a technika mai szintjére kerüljenek. Gyakori, hogy a régebbi anyagvizsgáló berendezések terhelőkereteje, a hajtómű, illetve az elektromechanikus gépek esetében a hidraulika munkahengere megfelelően működik. Ennek ellenére nem felelnek meg az ISO 9000 előírásainak a nem megfelelő hitelesíthetőség, dokumentálhatóság stb. miatt. Ebben az esetben kell dönteni a régi berendezés modernizálása vagy egy új berendezés beszerzése között. Ebben az esetben előnyös, ha a szállító mindkét esetet fel tudja ajánlani. A modernizálás előnyös lehet, mert az eredeti tartozékokat (befogók, esetleg klímaszekrény stb.) a továbbiakban is használni lehet.

A modernizálás keretében az összes vezérlő- és meghajtó-elektronika kicserélésre kerül (l. a képen). Az új komponensek egységtermékek, melyek műszaki színvonala megfelel a technika jelenlegi állapotának. Ez a modernizált és az új gép teljes kompatibilitását jelenti. A kezelő semmilyen különbséget nem tapasztal köztük.



Az erő- és a nyúlásmérő érzékelőinek illesztésével érvényesül az ISO 9000 szabvány szerinti visszavezethetőség követelménye, mely az adatfeldolgozás által is megvalósul. Ezért az érzékelőket memóriával látják el, s így a mérés folyamán az aktuális adatokat folyamatosan megkapja a kiértékelésüket végző számítógép. Szintén biztosított az erő- és a nyúlásmérő jeleinek az idő függvényében szinkronizált továbbítása. A modernizált gépekhez a legújabban kifejlesztett, sok célra felhasználható nyúlásmérő rendszerek is illeszthetők.



A múltban az elektromechanikus hajtóműű szakítógépek különböző szíjhajtásokkal és kuplungszerkezetekkel lehetett az előírt vizsgálósebességeket beállítani. A mai modern hajtómű-elektronikák és -elemek, még a hidraulikus szakítógépek esetében is, lehetővé teszik a szakítógépek működését nagy sebesség- és terhelhetőség-tartományban.

A modernizált szakítógépek működtetését és az adatfeldolgozást a testXpert szoftver végzi, amely teljesen azonos az új szakítógépekhez felhasznált szoftverrel. A korábban meglévő sok kezelő-, vezérlő- és kontrolelemeket egy billentyűzet és egy képernyő helyettesíti. A szabadon összeállítható grafikonos megjelenítések, az automatikus adatfeldolgozás, a mért eredmények tárolása stb. adottak. Így könnyen használható a szoftver mind a kutatáshoz, mind a különböző üzemi sorozatmérésekhez (pl. az ún. egygombos üzemmóddal). Ezek a szoftverek WIN-NT alapon működnek (legalább WIN 95 szükséges) és ezeket a nemzetközi szabványoknak (ISO 9000, FDA, USA, GMP) megfelelően fejlesztették ki.

A leirtaknak megfelelően modernizálhatók a lekülönbözőbb gyártmányú és korú anyagvizsgáló gépek.

* Senselekro Kft.

Ipari fémérzékelők és felhasználási lehetőségeik

Do Thanh Son – Vászárhelyi István*

Jelenleg a kereskedelemben és az iparban található fémérzékelők többféle kivitelben (tubus, hurok, keret, kapu stb.) különböző feladatokat (végállskapcsoló, gépkocsi-érzékelő, fémszennyezettség kimutatása az élelmiszer-, a fa- és a gyógyszeripari termékekben) látnak el. A **működési elvük** azonban hasonló. A vezérlő elektronika tartalmaz egy oszcillátort, amely a „kereső” részben levő LC rezgőkört hajtja egy előre meghatározott frekvencián. Ezáltal a kereső tekercs maga körül egy elektromágneses teret hoz létre. Az ebben a térben áthaladó fémtárgy (vagy más idegen anyag) a mágneses tér változását okozza. Ezt a változást detektálja az elektronika és ha a beállított értéknél nagyobb a mágneses tér deformációja, jelzi, hogy fémet észlelt.

* V.I.-Polysystem Kft.

A **detektorok érzékenysége** nagymértékben függ a keresendő tárgy mágneses tulajdonságaitól. A mágneses tulajdonságok alapján az anyagok három nagy csoportba oszthatóak. A **diamágneses** anyagoknak (pl. Cu, Pb, Ag, Hg, Si, víz, üveg stb.) a relatív permeabilitásuk nem sokkal kisebb egynél. A **paramágneses** anyagoknak (pl. a fémek többsége, só) a relatív permeabilitásuk alig nagyobb egynél. A **ferromágneses** anyagoknak (pl. Fe, Co, Ni, néhány ötvözet) a relatív permeabilitásuk sokkal nagyobb egynél.

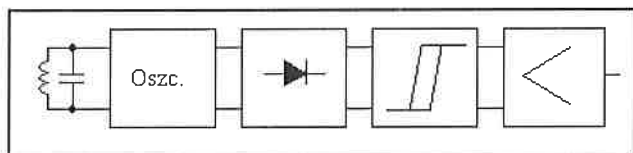
Az elektromágneses tér hatására a két vagy a három irányban kiterjedt vezetőkben, fémtömbökben örvényáram keletkezik. Az örvényáram – amelynek erőssége függ az elektromágneses tér időbeli változásától és az anyag vezetőképességétől – deformálja az őt létrehozó elektro-

mágneses teret. Minél jobb vezető egy anyag, annál nagyobb örvényáram keletkezik benne, így nagyobb térváltozást okoz. A két hatás összegződik (minél nagyobb a frekvencia annál inkább az örvényáram hatása dominál), így könnyen belátható, hogy a ferromágneses fémeket sokkal könnyebb detektálni, mint a nem ferromágneses és a rosszul vezető fémeket (pl. a rozsdamentes acélt).

A fémtárgyak geometria alakjuk és térbeli elhelyezkedésük is meghatározzák a mágneses tér változását. Ezért egy fémdetektor érzékenységének meghatározásakor általában vasból és rozsdamentes acélból készült különböző méretű golyókat használnak.

A fémmérzékenlők fajtái közül az iparban leggyakrabban használtakat ismertetjük.

Az induktív közelítéskapcsoló a legegyszerűbb és a legelterjedtebb fémmérzékenlő, amelynek blokkvázlata az 1. ábrán látható. Az LC rezgőkört állandó amplitúdón és frekvencián (100–500 kHz) működteti az oszcillátor. A tekercs körül egy elektromágneses tér alakul ki. A tekercs közelébe kerülő fémtárgy a mágneses teret változtatva (elsősorban az örvényáram hatás érvényesül) lecsökkenti az LC kör rezgési amplitúdóját (nem vezető, de ferromágneses anyagoknál – ferrit – ez a hatás fordított). Ha a fémtárgy elég nagy és elég közel kerül a tekercshez leálíthatja a rezgést. Az LC kör rezgési amplitúdójának a változását figyelve a vezérlőegység tudja érzékelni a fémtárgy jelenlétét. Érzékelési távolságuk néhány mm-től néhány cm-ig terjed. Általában a tekercs méretével összemérhető vagy annál nagyobb fémtárgyakat képesek érzékelni.



1. ábra

Az ipari folyamatirányításban, automatikában széles körben használt induktív közelítéskapcsolók a 70-es években terjedtek el. Műszaki paramétereik miatt egyre jobban kiszorítják a mechanikus működésű végálláskapcsolókat. Alkalmazzák végálláskapcsolóként, számlálóként, műszermutatók helyzetjelzésére, üvegalakok fémkupakjának érzékelésére, raktári berendezések vezérlésénél, felvonóknál stb.... Megbízható műszaki megoldást kínálnak az ipar számos területén: szerszám-, műanyagfeldolgozó-, fémgyártó-, textilipari, csomagoló- és mezőgazdasági gépeken, automata gépsorokon, szállítóberendezéseken, az autóiparban, vegyi üzemekben stb. Az induktív érzékelők olyan körülmények között is biztonságosan működnek, ahol a hagyományos végálláskapcsolók, mechanikus jeladók felmondják a szolgálatot pl.: kenőanyag és hűtő-kenő folyadékkal való érintkezés esetén, erős rezgés esetén, időszakosan víz alá kerülő berendezéseknél (egyes típusok folyadékszint érzékelésére, a szint szabályozására is alkalmasak). Tekintettel arra, hogy az induktív közelítéskapcsolók érintés nélkül működnek, élettartamuk hosszú és nem igényelnek karbantartást.

Az induktív közelítéskapcsoló feldolgozóegységét időzítővel kiegészítve **forgásérzékenlőt** kapunk. Ez az érzékelő alkalmas forgógépek (motorok, hajtóművek, tengelyek stb.) forgását érzékelni, valamint a periodikusan lineáris mozgást végző gépelemek mozgását figyelni.

A fémtárgy nemcsak a rezgőkör amplitúdóját változtatja, hanem annak frekvenciáját is. Ha a frekvencia változását is figyelembe vesszük, érzékenyebb fémdetektort építhetünk. Ilyen elven működnek a biztonságtechnikában használt egyes kézi fémkeresők és a közlekedés irányításban aszfaltba épített gépkocsi-érzékenlők is. Ezeknél az érzékelő fajtáknál nagyobb érzékelési távolság érhető el, és a tekercs méretéhez képest kisebb fémtárgyak is biztonságosan érzékelhetők.

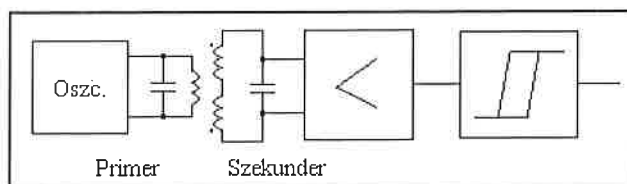
Az impulzus gerjesztésű fémdetektorok kereső feje szintén csak egy tekercset tartalmaz. A tekercs nagyon erős impulzusokkal vizsgálja az anyagot. Az impulzus gyorsan lefutó élénél lecsökken a mágneses tér

és ellentétes irányú indukált áram folyik a tekercsben. A fémtárgy jelenléte megváltoztatja az indukált áram erősségét. Így az impulzusok szünetében a tekercsben keletkező indukált áram erősségét figyelve a fémtárgy érzékelhető. Az ezen az elven működő érzékelő típusok bonyolultabb felépítésűek, de jobb érzékenységgel és a tekercs méreténél sokkal kisebb fémtárgyat is képesek kimutatni. Legfőbb hátrányuk az, hogy a kereső tekercs közelében levő fémtárgyak nagy mértékben befolyásolják az érzékenységet, ami leszűkíti az alkalmazhatóságukat.

Az említett fémdetektorok mind álló, mind mozgó fémtárgyakat képesek érzékelni. Mivel ezen érzékelőknek kicsi a vizsgálóterük (max. 20 cm távolság a tekercstől), a működés során biztosítható a nagyobb fémtárgyak (pl. fémszekrény, gép) távol tartása. Azonban a nagyobb vizsgálóterülettel rendelkező fémdetektorok esetében (ipari alkalmazásban) ezt már nehéz biztosítani.

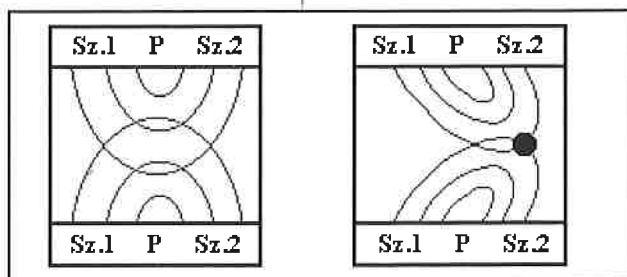
A dinamikus érzékelők olyan fémdetektorok, amelyek csak a mozgó fémtárgyakat érzékelik. Ezek az érzékelők – érzékenységük megtartása mellett – a tekercs közelébe kerülő álló fémtárgyak által okozott változást automatikusan kiküszöbölik (megtanulják). A továbbiakban ezeket a fémdetektorokat ismertetjük.

Az ún. **differenciál transzformátoros** (vagy induktív híd típusú) **fémdetektort** a nagyobb érzékenység és a szélesebb alkalmazási terület (fa-, élelmiszer-, gyógyszer- és vegyipar) jellemzi (2. ábra). A



2. ábra

keresőfej primer tekercsét az oszcillátor egy bizonyos frekvencián (1–300 kHz) működteti létrehozva egy elektromágneses teret, amely a keresőfej szekunder tekercseiben áramot indukál. A szekunder tekercsek szimmetrikusan helyezkednek el a keresőfejben, hogy a keletkező indukált áramok kiegyenlítsék egymást. Így alapállapotban a szekunder tekercsek kivezetéseiben nem folyik áram. A mágneses térbe belépő fémtárgy a tekercsek közötti csatolást megváltoztatja, a szekunder tekercsekben folyó indukált áramok az egyensúlyból elmozdulnak, így mérhető áram folyik a kivezetéseken (3. ábra). A keletkező jelet több-



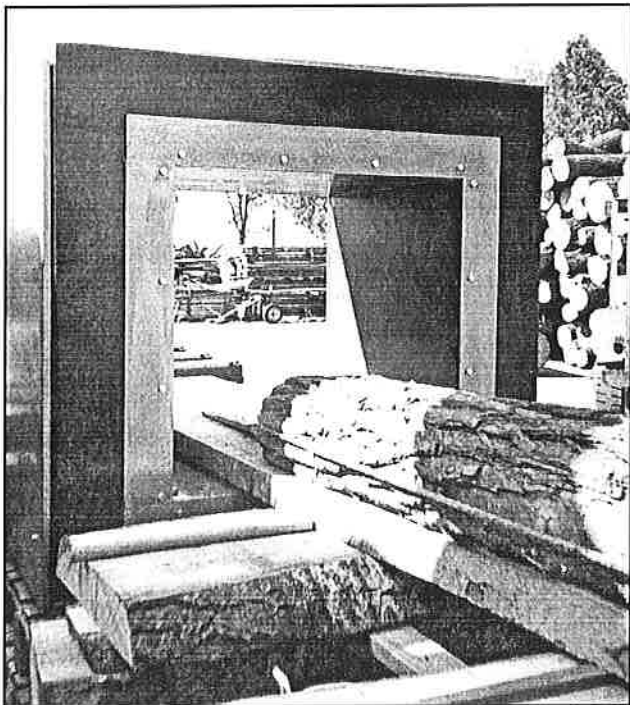
3. ábra

szőrősére felerősítve az amplitúdó és fázishelyzet változásából érzékelhető a fémtárgy jelenléte. Általában az érzékelők elektronikája úgy van kialakítva, hogy adott időn (t_0) belül mind a két szekunder tekercsnek „észre kell vennie” az vizsgálótéren áthaladó fémeket. A t_0 idő határozza meg a tárgy sebességét. A digitális jelfeldolgozási technika segítségével nagyon rugalmas, több területen használható fémdetektorok építhetők. A differenciál transzformátoros fémdetektorok a kereső tekercsénél sokkal kisebb méretű fémeket tud érzékelni. A fémmérzékenlők érzékenysége a következő képlettel megbecsülhető (vasgolyóra vonatkozik):

$$D_{min} \approx 0,006 \times \text{tekercs belső magasság [mm]}$$

KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

Az ilyen elven felépített fémdetektorok nagyon érzékenyek a zajokra, – a tekercsek különleges elhelyezkedése miatt – a keresőfej pontos, stabil kialakítására. Az említett fémdetektor fajtáktól eltérően ez a típus képes a környezetét "megtanulni". A közelébe kerülő álló fémtárgyak hatását kompenzálja anélkül, hogy az érzékenységet nagyobb mértékben csökkentené. Ez teszi alkalmassá, hogy az ipar több területén is használják. Ezen kívül mind a ferromágneses, mind a nem ferromágneses (pl. rozsdamentes acél) anyagok detektálására egyaránt alkalmazható. A 4. képen faipari alkalmazását láthatjuk.



4. ábra

A differenciál transzformátoros detektor érzékenységét meghatározó tényezők:

a) A készülék érzékenységét nagymértékben a *fej mérete* határozza meg, amely a fenti képlettel jó közelítéssel meghatározható. Ebből látható, hogy a fej méretét a lehető legkisebbre kell választani (a jobb érzékenység elérése céljából).

b) A *tekercs rezgési frekvenciája* az 1–300 kHz tartományt öleli fel. Alacsonyabb frekvencián a ferromágneses tulajdonságú anyagok könnyebben érzékelhetőek. Nagyobb frekvencián a nem ferromágneses tulajdonságú anyagok (réz, rozsdamentes acél) érzékelhetőek könnyebben (az örvényáramú hatás dominál). Ezért az élelmiszeripari alkalmazásoknál általában nagyobb frekvencián működnek az érzékelők, mert a leggyakrabban előforduló fémszennyezettséget a rozsdamentes anyagok adják (a gépsorok rozsdamentes anyagból készülnek).

c) A *keresendő anyag mágneses tulajdonságai* nagymértékben meghatározzák az érzékelő kialakítását. Általában az érzékelők ferromágneses fémből már feleakkorát észrevesznek, mint a paramágneses fémből.

d) A vizsgálóterén (fejen) való áthaladásakor a *keresendő tárgy térbeli elhelyezkedése* (kiterjedése az érzékelő tekercsének hossz tengelye mentén nagyobb, vagy arra merőlegesen) is jelentősen befolyásolja az észlelhetőséget. Tengelyirányban a ferromágneses anyagok nagyobb térváltozást okoznak, mint a rá merőleges irányban. Ez a hatás a nem ferromágneses anyagok esetében fordított.

e) A tekercs vizsgálóterében a tekercsek közelében az érzékenység nagyobb. Minél nagyobb a tekercs tengelyirányú hossza, annál egyenletesebb a mágneses tér eloszlása, és így az érzékelő érzékenységének eloszlása is.

f) A *vizsgálendő anyagok* is hatással vannak a mágneses térre (só-, nedvesség-, zsiradék tartalom), befolyásolhatják a mérési eredményeket. Ennek nagyságát minden alkalmazás előtt vizsgálni kell, és lehetőleg kompenzálni az anyag hatását.

g) A vizsgálóanyagok (a bennük lévő fémszennyezettség) a fejen való *áthaladási sebességét* (melyet a gépsor határoz meg) az elektronika beállításánál figyelembe kell venni (t_0).

h) A *környezeti hatások* sem hanyagolhatóak el a biztonságos működés érdekében. Elsősorban a rázkódástól, a mechanikai ütéstől, a gépsor rezgéseitől kell megvédeni a berendezést (a fej rögzítésénél gumibakokat célszerű alkalmazni). Más berendezések elektromágneses terétől távol kell tartani. A gyors és nagymértékű hőmérséklet-változás téves érzékelést okozhat, ezért kültéri alkalmazásnál javasolt napfényárnyékoló tető felszerelése.

Optimális érzékenység elérése céljából a feladat pontos meghatározása szükséges az érzékelő beállításához. A detektorok érzékenysége általában úgy van beállítva, hogy a mérési feladatnak legjobban megfelelően (azokat a fémeket vegye elsősorban észre a megfelelő érzékenységgel, amelyek a legnagyobb kárt tudják okozni). Például a textiliparban használt érzékelők előtt egy erős mágneses térrel előmágnesezik a textilben maradt tűket (de a rézcipzárra, a gombra a mágneses tér nincs hatással), így a kisebb méretű tű darabkái is kimutathatóakká válnak, anélkül, hogy a cipzár, vagy a gomb befolyásolná a mérést.

A fémerzékelő kapukat biztonságtechnikai szempontból a repülőtereken már 70-es években alkalmazták. A használatuk mára nélkülözhetelenné vált. Alkalmazzák minden nemzetközi repülőtéren, intézmények, sportlétesítmények bejáratainál. Az utóbbi időben a lopások megelőzése érdekében a vállalatok, üzemek bejáratánál is megtaláljuk a fémerzékelő kapukat.

Az ipar egyre több területén alkalmaznak fémerzékelőket a gépek védelmére, a termékek megfelelő minőségének biztosítására. Egyre több EU-előírás is kötelezővé teszi használatát.

Növekszik az RmV-piac az USA-ban

A roncsolásmentes vizsgálat (RmV) piaca folyamatosan változik. Az elkövetkező öt évben a leggyorsabban az ultrahangos és az örvényáramos vizsgálati technika fejlődése várható. Az ötéves prognózis szerint míg az évenkénti átlagos piaci növekedés üteme az RmV-készülékek összességére 3,6%, addig az ultrahangos és az akusztikus emissziós technikáé együttesen 5,9%, az örvényáramos technikáé pedig 2,8%. Ezt állapította meg egy, a közelmúltban közzétett amerikai piacfelmérés. Bár az egyes RmV-technikák növekedési üteme eltérő, de a filmapadi radiográfiát, a folyadékbehatolásos és a mágnesezhető poros repedésvizsgálatot a hosszú távú hanyatlás jellemzi, mivel ezek nehezen automatizálhatók vagy számítógépesíthetők, és ezért számos végfelhasználó lemond ezek alkalmazásáról, előnybe részesítve más, például az ultrahangos vagy az infravörös technikákat. Számos fontos technológiai és gazdasági irányzat, mint a számítógépesítés, az automatizálás, a különböző RmV-technikák egy készülékbe egyesítése, folyamatosan átalakítja az RmV-készülékpiacot, amely a végfelhasználóktól a kereslet növekedését reméli. Ugyanis az üzemek a működési költségeik csökkentését tervezve kulcsfontosságúként alkalmazzák az RmV-technikát a karbantartásban és a folyamat-ellenőrzésben. Az elektronikai ipar – termékeik minőségbiztosításához – a technológiai sorba illeszthető RmV ellenőrző készülékeket keresi, különösen radioszkópos rendszereket.

(Electro Optics, April 2000)

A digitális mérés-technika alkalmazásának előnyei a roncsolásmentes vizsgálatok terén

Klausz Gábor – Papp Tibor – Skopál István*

Bevezetés

Az Európai Unióhoz csatlakozás felé haladva nagy jelentőséget kapott az európai (EN) szabványok átvétele, honosítása, a „minőségi termelésre” való törekvés, a minőségbiztosítási rendszerek kifejlesztése. Ezt a folyamatot két szóval úgy jellemezhetnénk: a garanciák megteremtése. Garanciák a termék minőségére, paramétereinek állandóságára, a termelési, üzemeltetési feltételek biztosítására. Ezek egyik alappillére a roncsolásmentes anyagvizsgálatok alkalmazása.

Az 1. ábrán végigkövethetjük, hogy egy ipari termék (például gépkomponens, statikus vagy dinamikus – esetleg mind a két – igénybevételnek kitétt szerkezeti elem, csővezeték) „életébe” hány helyen kapcsolódhatnak be a roncsolásmentes vizsgálatok, a termék tervezésétől egészen a károsodása miatti cseréjéig. A próbadarab (prototípus) műszaki paramétereit részben roncsolásmentes vizsgálatokkal ellenőrzik. Ha ezek (és az egyéb feltételek) megfelelőek, megkezdődhet a termék gyártása, ellenőrzése (többek között roncsolásmentes eljárásokkal), majd megtörténhet az üzembe helyezése. Az üzemeltetés a termék kopásához, korrodálásához, erodálásához stb., egy szóval elhasználódásához vezet. Hogy ez az idő mikor következik be, jól behatárolható a rendszeres, üzemközi ellenőrzésekkel és a mért adatok feldolgozásával. Ezt a módszert a maradék élettartam becslésének nevezzük. Az üzem-

közi ellenőrzés (és ennek eredményeként a termék időbeni cseréje) megakadályozza a nem várt károsodások kialakulását, amelyek esetlegesen még nagyobb károkhoz, vagy balesethez vezethetnek.

Digitális technika a roncsolásmentes anyagvizsgálatokban

Ezek után térjünk rá dolgozatunk témájára: Milyen előnyöket kínál a digitális mérés-technika a roncsolásmentes vizsgálatok terén? Ezt nézhetjük egyrészt vizsgálat-technológiai oldalról, másrészt (és nem utolsó sorban) a vizsgálatot végző személy szemszögéből is. Négy különböző roncsolásmentes vizsgálati eljárás (mágnesporos repedésvizsgálat, radiográfia, ultrahangos hibakeresés és falvastagságmérés, valamint örvényáramos vizsgálat) segítségével illusztráljuk azokat az előnyöket, amelyeket az analóg mérőműszerek digitalizálása és a számítógépek megjelenése hozott magával. Egyes esetekben konkrét példával élve, a gyakorlatban működő módszert is bemutatunk.

Mágnesporos vizsgálat

Hazánkban még kevésbé elterjedt a mágnesporos repedésvizsgálat digitalizált, kamerákkal és számítógéppel történő értékelése. Egy ilyen rendszert a diósgyőri DAM Rt.-nél vezettek be, amely bugák felületi repedéseinek kimutatására alkalmas. Főbb elemei a felületet pásztázó kamera és a számítógép, amely a kép digitalizálását és értékelését végzi. Az osztályozási hibakritériumok a szoftverben megválaszthatók. A hiba helyét a pozícionáló számítógép által vezérelt festékszóró megjelöli, majd egy automatika a hibás darabot elkülöníti a jóktól.

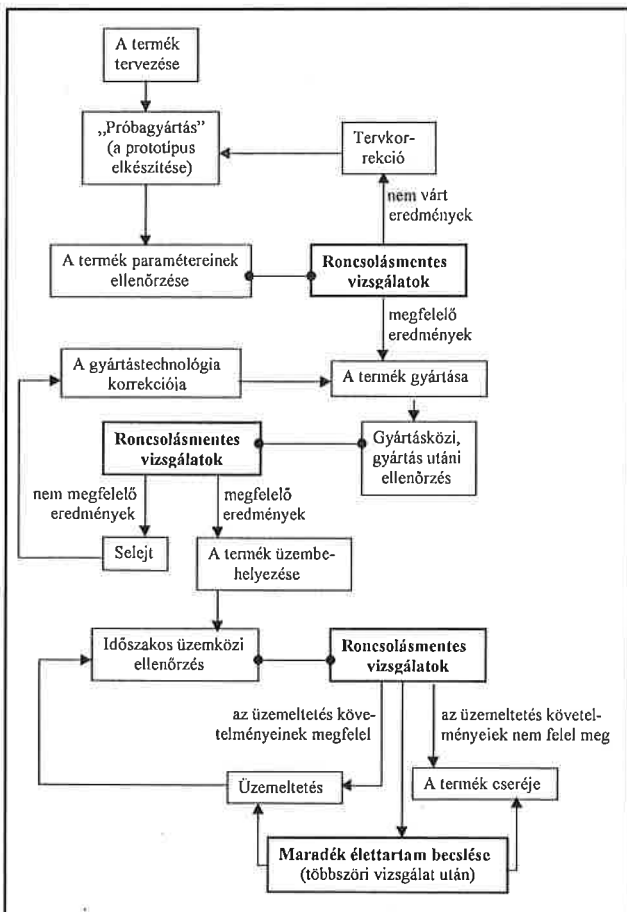
Milyen előnyökkel járt a rendszer üzembe állítása? Korábban a kézi vizsgálatához két képzett személy kellett. A jelenlegi berendezés automatikusan működik, csak a beállítása és felügyelete igényel kiszolgáló személyzetet.

Minden gyakorlott anyagvizsgáló tudja, hogy több óras, a szemet fokozottan igénybe vevő vizsgálat vége felé már igen könnyen tévedhetünk az indikációk megítélésében, észrevételében. A rendszer használatával megszűnt a vizsgálat úgynevezett szubjektív tényezője, amely a vizsgálószemélyek figyelmetlenségéből, fáradékonyságából adódott. A digitalizáció és a számítógépek megjelenése megnövelte az automatizálás lehetőségeit is: a vizsgálandó bugák adagolása, hibahely-jelzés festékszóróval pontos koordináták szerint, a jó és hibás darabok különválasztása stb.

Radiográfia

Nézzünk egy másik példát a radiográfia területéről! Az a radiográfiai képképtételező berendezés, amelyről szó lesz, magyar fejlesztés. Ez azért fontos, mert azt mutatja, hogy a roncsolásmentes vizsgálati eljárások és azok eredményeinek kiértékelése terén nem csak az általában Nyugat-Európából, vagy az Egyesült Államokból importált mérőberendezésekre lehet támaszkodni (ezek a készülékek többnyire már digitális rendszerek), hanem az e szempontból lefedetlen területeken (mint például a radiográfiai vizsgálat) meg kell próbálni saját eszközzel kifejleszteni. A Fővárosi Gázművek Rt.-nél, és a Budapesti Műszaki Egyetem Irányítástechnikai és Informatikai Tanszékén közösen fejlesztették ki azt a képképtételező berendezést, amely alkalmas radiográfiai felvételek tárolására, hálózati továbbítására, értékelésére, valamint az egyes filmekhez kapcsolódó adatok adatbázisban való rendezésére. (A fejlesztők munkájukról részletesen beszámoltak Radiográfiai képképtételező berendezés címen az Anyagvizsgáló Lapja 1999/4. számában – a szerkesztő.)

A rendszer „lelke” egy szkennert, amely a film digitalizálását végzi. A számítógéppel tárolt negatívhoz egy adathalmaz rendelhető (például azonosító adatok, vizsgálati paraméterek, vizsgálati eredmények, a vizsgálat ideje, helye stb.). Bármely egyedi információ alapján a többi paraméter



1. ábra. Roncsolásmentes vizsgálatok és a maradék élettartam becslése egy termék „életében”

* AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.

visszakereshető, illetve maga a film képe „előhívható”. Itt jelentkezik először a rendszer előnye a korábbi adattárolással szemben. A felvételek és a hozzájuk tartozó adatok papíron való tárolása és nyilvántartása rendkívül nehézkes, helyigényes. A filmek és a kísérő információk gyakran nem is egy helyen találhatók. Előkeresésük hosszú időbe telik, esetlegesen adatok, információk tűnhetnek el. A rendszer használatával ez az idő, valamint az adatvesztés lehetősége lecsökkent.

A képképtérkékelő berendezés (mint azt a neve is mutatja) a filmen található indikációk értékelésében is segíti az anyagvizsgálót. A módszer interaktívnak mondható. A kezelőszemély kijelöli a számítógép részére az anyaghibásnak vélt területet, amely ezt követően az értékelési követelmények szempontjából vizsgálja azt. Gyakorlatilag a számítógép és az operátor együttműködése révén valósul meg a felvétel kiértékelése, az észlelt hibák kódszámokkal és egyéb adatokkal való ellátása. Az indikációkhoz tartozó adatok, paraméterek már az értékelési folyamat során bekerülnek a filmhez tartozó adatbázisba.

A képképtérkékelő és tároló rendszer „gyengesége” jelen pillanatban az alacsony képfelbontás, a viszonylag alacsony műveleti sebesség és a magas feketedési állandójú ($S > 4$) filmek feldolgozásának nehézségei. Ezek a hatalmas mennyiségű adat tárolásából és kezeléséből, valamint a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható szkennerek maximális felbontóképességének alacsony értékéből fakadnak. Tehát főként hardverjellegűek. Ezekre a problémákra választ ad a számítógépek kapacitásának és műveleti sebességének rohamos növekedése, valamint a napjainkban már professzionálisnak nevezhető szkennertechnológia.

A fejlesztés, amelynek az alapja egy intelligens képtömörítési eljárás kidolgozása, folytatódik a fent említett cégnél és intézményben.

Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos készülékek is óriási fejlődésen mentek keresztül az ötvenes évek elejétől napjainkig. Méretük jelentősen csökkent, megkönnyítve ezzel a helyszíni vizsgálatokat. A digitalizálás és a számítógépekkel való kommunikálás létrehozása révén egyre több lehetőséget biztosítanak a vizsgálattechnológiák fejlesztésében.

Megnőtt a mérési pontosság. A készülék geometriai beállítása automatikussá vált. Az analóg készülékeknél ezt még manuálisan végezték el, általában valamekkora hibával, amely azután az eredmények értékelésénél is jelentkezett. Gyakorlatilag megszűnt az úgynevezett „leolvásási” pontosság (azaz inkább pontatlanság), mivel a mért értékeket nem analóg kijelzőről olvassuk le, azok számszerű alakban jelennek meg a készülék képernyőjén (akár századmilliméteres pontossággal).

Az adattárolás által nyújtott lehetőségek sorába tartozik, hogy az időszakos, ismétlődő vizsgálatok eredményeit összehasonlítva, egy-egy alkatrész, szerkezet stb. maradék élettartamát megbecsülhetjük. Az eredmények a készülékben, vagy (a megfelelő szoftver segítségével) egy számítógépben tárolhatók. A méréssorozatokat összehasonlítva jól közelíthető a degradációs folyamat időbeni lefolyása.

A vizsgálószemélyzet oldaláról nézve is komoly változást hozott a digitális adattárolás megteremtése. Korábban, főként helyszíni vizsgálatoknál, mindig két személy kellett a falvastagságok megméréséhez: Egyikük mért, másikuk az eredményeket jegyezte. Az adattárolóval rendelkező ultrahangos falvastagságmérő készülékeknél a mért eredmény egy gomb megnyomásával tárolható, a mérést egy személy is elvégezheti. A vizsgálati eredmények a mérés után, akár laboratóriumi körülmények között értékelhetők, számítógépre átvihetők. Javultak tehát a munkafeltételek, munkakörülmények is.

Örvényáramos vizsgálat

Ismét konkrét példán keresztül mutatjuk be, hogy az örvényáramú mérőberendezések digitalizálása és számítógéppel való kiegészítése milyen változásokat hozott ebben a vizsgálattechnikában, illetve milyen lehetőségeket teremtett például a hőcsere csőrendszerek állapotának felmérésében, élettartamának becsülésében. Ezek a berendezések többnyire nagy értékűek, javításuk, cseréjük időigényes és bonyolult feladat. A célunk tehát az, hogy minél pontosabban határozzuk meg azt az időpontot, amikor ezeket a tevékenységeket el kell végezni. A korai csőrendszer-csere ugyanúgy anyagi hátrányokkal jár, mint a későn elkezdett felújítás.

Mint azt az előző fejezetben említettük, az élettartam becsüléséhez

többszöri, üzemi vizsgálatra van szükség, kezdve az üzembe helyezés előtti alapállapot, vagy nullaállapot felvételével. Az egyes mérési sorozatok eredményeinek összehasonlítása, ami az élettartambecslés alapja, azonban megoldhatatlan lenne valamilyen adattárolás nélkül. De mi csoda különbség, ha egy hőcsere több kilométer hosszú csőkötevények jeleit papírszalagra rögzítjük és úgy elemezzük, illetve archiváljuk, vagy számítógéppel végezzük el mindezt!

A korábbi, analóg készülékekkel végzett mérések során az információk egy része gyakorlatilag elveszett. Az analóg készülékeknél a kiértékelendő indikáció egy oszcilloszkópon néhány tizedmásodpercre felvilanó, legfeljebb néhány másodpercre megmaradó jel volt. Digitális készülékekkel ez a jel tárolható, bármikor előhívható és a képernyőn újra megjeleníthető. Ezáltal mérhetővé vált a hozzá tartozó jel-amplitúdó, -fáziszög, -lefutás, amelyek a hiba típusáról és méretéről adnak információkat. Ezeket az adatokat korábban csak becsülni lehetett.

Egy-egy hőcsere több száz, olykor több ezer csővének vizsgálatkor alapvető kérdés a csövek alkalmas csőkoordináták (csőszámok) szerinti azonosítása és az ezzel összhangban lévő jeltárolás. Ma már ez sem „kézi munka”: Csőtérkép-készítő és dokumentációs szoftverrel kiegészített mérőprogram révén az egész vizsgálati folyamat – a mérendő cső kijelölésétől a regisztrált jelsorozat fájlba mentéséig, beleértve akár a sonda automatizált mozgását is – egy helyről vezérelhető, egy személy által kézben tartható.

Konklúzió

A digitális mérés technika és adatfeldolgozás napjainkra beépült a roncsolásmentes anyagvizsgálatokba is. Az elektronika és a számítógépek (voltaképpen a miniatürizálás) óriási fejlődése jól tükröződik már a vizsgálókészülékek küllemének változásán is, de azt sem túlzás kijelenteni, hogy a roncsolásmentes – főleg a műszeres – vizsgálatok terén az utóbbi negyedszázadban döntően a digitális technika alkalmazásának köszönhetőek az újdonságok.

Nemcsak a vizsgálati feltételek (pontosság, objektivitás, sebesség stb.) lettek jobbakk, hanem mód nyílt új, vagy új megközelítésű vizsgálatokra (pl. akusztikus emissziós vizsgálat) és elemzésekre (hosszú távú állapotkövetés és élettartambecslés). Ma már egy asztali számítógépen futtatott végeelem programmal modellezhető a vizsgálatok, azaz kiszámíthatók a különféle hibák és elváltozások okozta szondajelek, illetve megtervezhető az adott feladathoz optimális vizsgálószondák és vizsgálati paraméterek. Sikeresen vetették be, továbbá, az ideghálózatok működését szimuláló ún. „neural network” programokat hibák és elváltozások szondajelekből történő rekonstrukciójára. Az utóbbi két területen azonban messze vagyunk még attól, hogy a jelenleg rendelkezésre álló lehetőségeket a gyakorlatban felhasználtuk volna, nem is beszélve a távlatokról.

Számítógépes vezérlő- és mérőberendezések beszerzésével és rendszerbe állításával kapcsolatosan

- vezetői tanácsadás,
- teljes folyamat megtervezése,
- igényfelmérés,
- termék/gyártó kiválasztás,
- oktatás,
- fejlesztés,
- minőségbiztosítás



A&K Know-How Informatikai és Oktatási Bt.
1039 Budapest, Család u. 19. I. • Tel.: (1) 388-21-04
Dr. Balogh Kálmán • E-mail: KBalogh@matavnet.hu

Számítógépes vezérlő és mérőberendezések, 2. rész

Dr. Balogh Kálmán*

Bevezetés

A cikksorozatban a számítógépes ipari, anyagvizsgálati mérőrendszerrel kapcsolatos legfontosabb általános kérdéseket foglaljuk össze.

Az első részben a tisztán analóg, valamint a számítógépet tartalmazó mérőrendszerek felépítésének és jellemzőinek a különbségeit, a mérőeszközök virtuális, informatikai megvalósítását mutattuk be. Ezután a mérési folyamat szakaszait, majd a számítógépes mérőrendszerek általános felépítését ismertettük: az egyetlen PC-s és az összetett rendszereket. Az összetett rendszerek felépítése nem meghatározott; az architektúra meghatározásához a mérőrendszerekkel szemben támasztott tipikus felhasználói követelményekből célszerű kiindulni. Vázlatosan bemutattuk az architektúra meghatározásának a fő elveit és lépéseit. Végül a rendszerek komponenseinek összeillesztését és kombinálását lehetővé tevő interfészeket tekintettük át, a vonatkozó szabványokat a rendszerek szintjei szerint csoportosítva.

Az alábbiakban először a digitális rendszerek általánosságából és rugalmasságából fakadó sajátos lehetőségeket mutatunk be a mérőrendszerekkel kapcsolatban: mérőeszközök virtuális, informatikai megvalósítását, számítógépes mérőrendszerek fejlesztésének lehetőségeit, mérőrendszer oktatási környezetek létrehozásának előnyeit, mérőeszközök kezelését és statisztika alkalmazását.

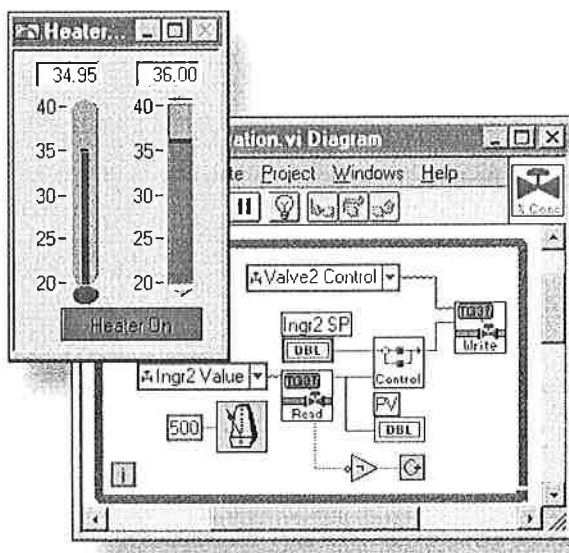
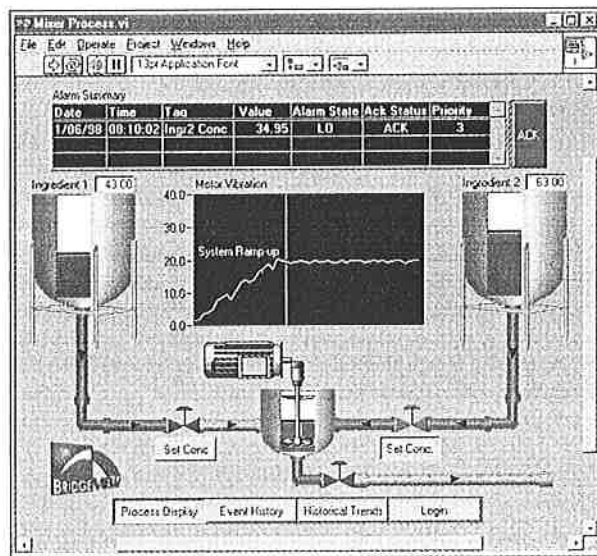
Ezután a számítógépes mérőrendszerek minőségbiztosítási, azon belül kalibrálási kérdéseit tekintjük át. Bonyolult felépítésű, esetleg többfelhasználós rendszerek minőségbiztosításához tartozik a rendszerfelügyelet megoldása. Szintén minőségbiztosítási céllal tekintjük át az eladótól elvárható szolgáltatásokat. A cikksorozat sok pontján mutatunk példát különböző szerepű, jellegű szabványok szerepére a számítógépes mérőrendszerek vonatkozásában. Végül a számítógép felhasználásának lehetőségeit és korlátait, csapdáit tekintjük át.

Mérőeszközök virtuális, informatikai megvalósítása

A mérő komponenshez csatlakozó analóg elemző eszközök egy része gazdaságosan kiváltható rugalmasabb, általánosabban használható számítógépes rendszerrel: a mért adatok elemzését számítási modell alapján működő szoftvermodul végzi. Fontos, hogy a felhasználó ismerje a számítás alapjául szolgáló modellt, hogy annak megfelelő voltáról, az elméleti korlátokról, valamint a modellt közelítő számítások pontosságáról, az adattörődés elkerülési módjáról (a modul és interfészei feldolgozási teljesítményéről), paraméterezhetőségéről áttekinthető legyen. A modul jó minőségű dokumentációja mellett előny, ha a rendszer lehetővé teszi az adatokkal való ellátást és az eredmények kinyerését, így a modul önálló tesztelését és újabb funkciókkal való bővítését, testre szabását is a felhasználó számára.

A számítógép az eredményeket képes grafikusan is megjeleníteni, ld. pl. az 1. ábrát. A rendszer grafikus sémájának egyes pontjainhoz részletinformációk rendelhetők. Így a rendszer állapota több szintre osztva, a különböző mértékben részletezett nézeteken navigálva jól áttekinthető. Az analóg műszer képe is megjeleníthető, a felhasználás során lehetőség van a mérőrendszer komponenseinek a számítógép képernyőjéről való vezérlésére.

Mérőeszközök csatlakoztatásánál előfordulhat, hogy az eszköz jelenléte befolyásolja a mérendő rendszer jellemzőit. Ez elektronikus mérőeszköz esetén is megtörténhet, pl. hőmérésnél. A torzulás sokszor csak



1. ábra

úgy kerülhető el, hogy a mérőeszköz hatását kiegyenlítő segédkomponenst iktatnak a rendszerbe.

A mérőeszköz digitális csatlakoztatásánál eldöntendő, hogy az adattovábbítás regiszter vagy üzenet bázisú legyen-e.

Az alkalmazás konkrét berendezésektől való függetlenítését teszi lehetővé az absztrakciós szint, amely a berendezés csatlakozását gyártófüggetlen rétegbe csomagolja. A periféria meghajtók interfészére szabványokat is kidolgoztak, ld. a cikk 1. részének végét.

Számítógépes fejlesztő rendszerek

A tervezés és a fejlesztés folyamata maga is támogatható számítógépes eszközökkel (upper és lower-CASE – Computer Aided Systems Engineering eszközökkel, követelménykezelő, konfigurációkezelő, valamint különböző szerepű tesztelő eszközökkel). A készülő és az

* KBalogh@matavnet.hu

elkészült (forrásnyelvi) szoftver minőségének a szabványok szerinti vizsgálatára is vannak mérő/elemző/értékelő szoftver termékek.

A minőségi szoftverfejlesztést támogatja pl. a European Software Institute (ESI, Spain) a SPICE, ill. a Capability Maturity Model (CMM) modellekkel, és a Best Practices adatbázissal. A European Organisation for Quality kapcsolatban van az EOTC-vel (European Organisation for Conformity Assessment-tel), amely bevizsgál és tanúsít. A brit akkreditációs szervezet az UKAS (UK Accreditation Service).

Számítógépes mérőrendszerekkel kapcsolatban az ügyviteli alkalmazásokhoz képest sokszor élesebben vetődnek föl a rendszer strukturáltságára és hatékonyságára vonatkozó, egymásnak ellentmondó követelmények. Az ilyen rendszerek lokális komplexitását is absztrakciós szintek bevezetésével, a rendszer strukturálásával, modularizálásával csökkenthetjük áttekinthető és kezelhető mértékűre. Kielezett hatékonysági követelmények lehetnek pl. a teljesítményre, az egyes időtartamokra vagy időzítésekre vonatkozó követelmények. Ezek teljesítése érdekében – a rendszer kritikus komponensei esetében jól körülhatároltan – a rendszer absztrakciós szintjein különböző tervezési és programozási nyelveket, fejlesztő és tesztelő eszközöket kell alkalmazni, és esetleg egyes absztrakciós szinteken át kell nyúlniuk futtató rendszer, illetve operációs rendszer komponenseknek.

A modern fejlesztő rendszerek jól integrált eszközkészletet tartalmaznak, ahol a grafikus nyelveket és megjelenítést jól kihasználhatjuk. A tervezéshez ikonokkal, szimbólumokkal szolgáló modellezési nyelveket használhatunk föl, ld. a cikk 1. részének 2. ábráját, jelen cikk 1. ábráján az alsó ablakot, valamint a 2. ábra gazdag eszközkészletét. Jelen cikk ábrái azt is mutatják, hogy már a fejlesztés során, a diagramok felhasználásával generálhatók és megtekinthetők a kifejlesztendő rendszer részét képező felhasználói ablakok, amelyeken keresztül az

adminisztrátor és a végfelhasználó konfigurálhatja, monitorozhatja, paraméterezheti, vezérelheti majd a rendszert. Ezek a fejlesztő vagy a prototípus rendszeren működő felületek már a fejlesztés során kipróbálhatók, és a felhasználóknak véleményezésre átadhatók.

Oktatási környezetek

Szimulációs szoftverek segítségével nagy rendszerekhez is (a valódihoz képest) olcsó virtuális rendszerek alakíthatók ki. Kereskedelmi forgalomban is vannak oktatási környezetek. Ezek az analóg rendszerekhez képest sokkal rugalmasabban konfigurálhatók, így egyetlen keretrendszerrel sokféle konkrét alkalmazás oktatható.

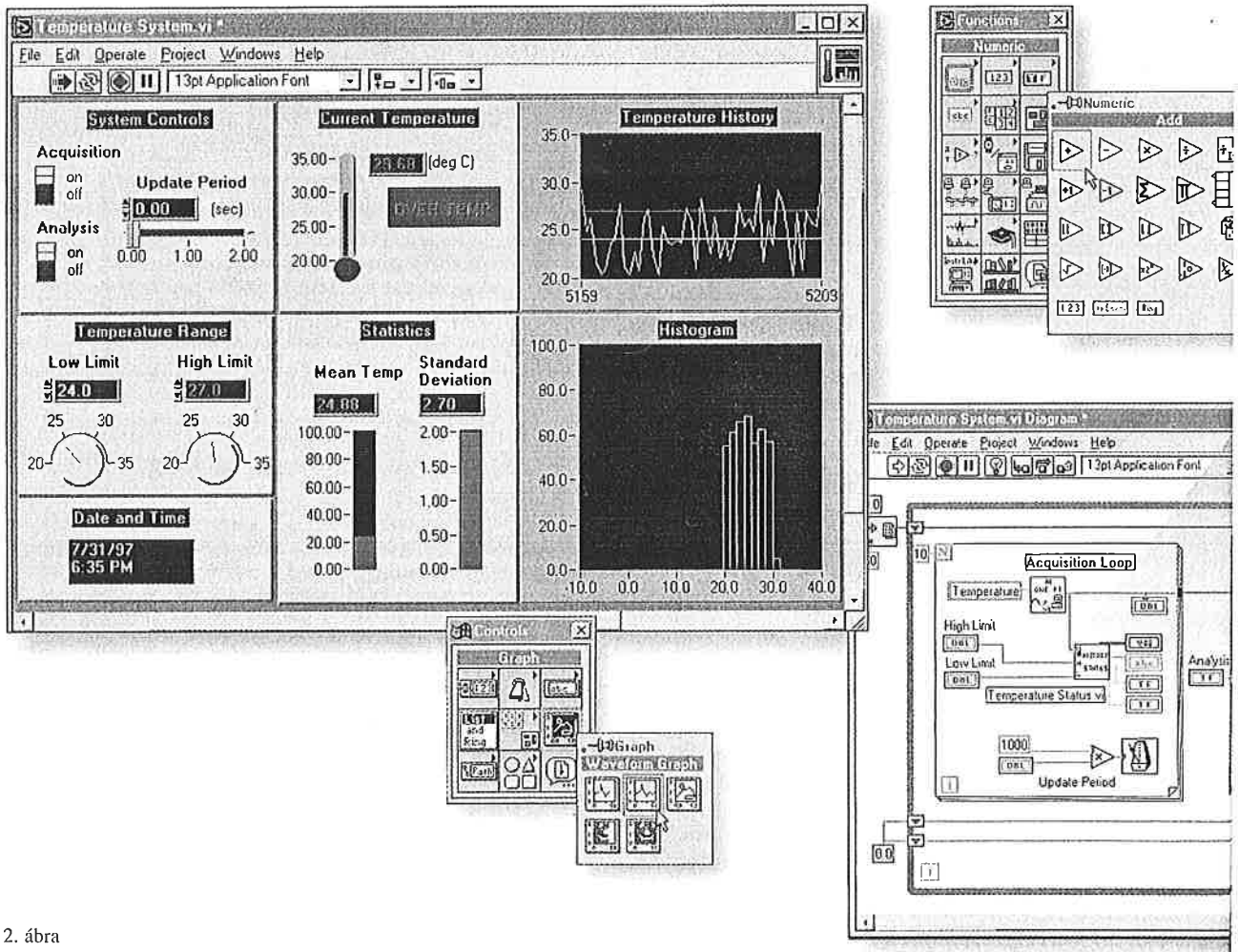
Méréssorozatok támogatása

A mérés ismételhetősége nem a számítógépes komponenseken múlik, legfeljebb ha valamilyen erőforrás, pl. az új eredmények tárolására szolgáló szabad terület kimerül. Az ismételhetőség a rendszer analóg komponensein, és a vizsgált anyag rendelkezésre állásán, általánosan a vizsgáló és a vizsgált rendszer jellemzőinek állandóságán múlik a vizsgálatok esetén is végiggondolandók.

A számítógépes rendszerek nagyon sokat segíthetnek mind a méréssorozatok előkészítésében, mind a mérési eredmények áttekinthető tárolásában, kiértékelésében, dokumentálásában, archiválásában.

Statistika alkalmazása

Statistikai módszerek alkalmazására kétféle okból lehet szükség.



2. ábra

Az egyik ok az analóg mérési eredmények digitalizálásának az igénye. Ezt paraméterezhető digitalizáló kártyák valósítják meg, amelyek általában mintavételezéssel dolgoznak. Itt a felhasználó feladata a megfelelő paraméterek beállítása.

A másik ok a nagyszámú, pl. folyamatosan mért adat statisztikai kiértékelésének az igénye. Ebben az esetben általában a felhasználót terhelő a mintavételezés, a torzításmentesség biztosítása, az adatelőkészítés, a rendelkezésre álló elemzők közötti választás, esetleges fejlesztés, a lépések egymásra építése. Termék előállítási folyamatok esetén elterjedt az SPC (Statistical Process Control), amely folyamatok kiértékelésében, nyomon követésében és hatékonyabbá tételében segít.

Az ISO 5479:1997 az adatok statisztikai interpretációjával foglalkozik.

Digitális rendszerek minőségbiztosítása

A digitális rendszereket – bonyolultságuk miatt – nem elég használatba vétel előtt, esetleg időközönként tesztelni. A rendszer biztonságos felhasználását legjobban az segíti elő, ha a minőségbiztosítás a fejlesztéstől a rendszerbe állításon, az üzemeltetésen és a karbantartáson keresztül a rendszer egész élettartamára, az összes életciklusra kiterjed. Tehát a gyártó, az üzemeltető és a tanúsító, hitelesítő, kalibráló szervezeteknek a rendszer élete során együtt kell működniük. A kész rendszer egyes komponenseinek, illetve egészének a kalibrálása a minőségbiztosításának csak egyik, a felhasználási életszakaszhoz tartozó eszköze, amelyet a minőségbiztosítási folyamatba kell ágyazni. A minőségbiztosítás életszakaszaként, illetve rendszerkomponensenként speciális, de egymással összehangolt és egyszerűsítésre alkalmas eljárásokat igényel.

A rendszerek bonyolultsága miatt azok teljes hibamentessége általában nem elérhető, csak a súlyos hibák adott alkalmazás szempontjából kielégítő ritkítására lehet törekedni.

Hibaelhárítás a fejlesztés során

Bizonyítottan helyes fejlesztési lépések korlátozottan tehetők. Ezért alapvető a helyes módszertan, nyelvek, technikák és eszközök segítségével való, jól strukturált, dokumentált, ellenőrizhető, megismételhető fejlesztési technológia, valamint az utólagos funkcionális és teljesítményteszt, szimuláció.

Kapcsolódó szabványok

Általános minőségbiztosítási szabványok vonatkoznak a szolgáltató és a gyártó folyamatokra és cégekre (a 2000-ben megújuló ISO 9000-es sorozat és alkalmazási módja; TQM), amit a szoftverfejlesztésre, illetve a szoftverek életciklusára vonatkozó speciális szabványok egészítenek ki.

Ez utóbbiakhoz tartozik például:

- az ISO/IEC TR 15271:1998 Information technology — Guide for ISO/IEC 12207 (Software Life Cycle Processes) Ezt a szabványt támogatja pl. az StP CASE eszköz is.
- MSZ/ISO/IEEE 12207 (szintén életciklus kezelés)
- ISO/IEC TR 15504-1:1998 Information technology — Software process assessment
- ISO/IEC TR 16326:1999 Software engineering — Guide for the application of ISO/IEC 12207 to project management
- ISO 10012, ISO 13485, ISO 15288, ISO 9126
- ISO/IEC 14598 Information technology — Software product evaluation
- ISO/IEC 14756:1999 Information technology — Measurement and rating of performance of computer-based software systems.
- A mérések és az eredmények helyességével és pontosságával foglalkozik az ISO 5725:1994-es szabvány.
- A mérőrendszerek számítógépes komponenseire és azok használatára vonatkozó követelményeket foglalja össze az ISO Guide 25-ből származó MSZ 18935:1991 szabvány 10/7-es szakasza, és az ISO 17025:1999 szabvány 5.4.7-es szakasza.
- A kalibrációs és minőségbiztosítási gyakorlatra vonatkozó ajánlásokat

tartalmaz az USA ANSI/NCSS Z540-1-es dokumentuma, amely ISO és USA katonai standardokra támaszkodik.

A gyártói felelősségvállalás változatai

- A teljes felelősségvállalás kivételes: csak viszonylag egyszerű esetben, pl. Y2K (a 2000. év problémája esetén) vállalták a gyártók. Beágyazott vezérlő rendszereknél ez különösen fontos lehet. Pl. légi vagy vízi közlekedés – GPS (General Positioning System); orvosi berendezések. Ha a rendszer valamilyen központi szolgáltatást vesz igénybe, mint pl. GPS használatánál, akkor különösen fontos a központi rendszer és – az esetleg sok éve vásárolt – helyi berendezés frissítésének az összehangolása. Ilyen esetben a gyártó felelősségvállalásához elengedhetetlen a felhasználó közreműködése (pl. karbantartási szerződés léte).
- Általános esetben a szoftvergyártók a hibák miatt bekövetkező kárért semmilyen felelősséget nem vállalnak, csak külön szolgáltatásokkal támogatják a hibák megszüntetését (ld. alább).
- Real-time, beágyazott rendszerek esetén a komoly gyártók hardver és szoftvertermékeik minőségét tanúsítványokkal igazolják.

Kalibrálás

Kalibrálás terjedelme

A rendszer egyes érzékelői helyettesíthetők szimulációval, generált elektronikus jelekkel, generált adatokkal. Ez pl. oktatási, fejlesztési, tesztelési üzemmód esetén lehet fontos.

Fejlett rendszerekben a szoftver támogatást ad a kalibrálandó komponens ellenőrzéséhez, beállításához. Egyes komponensek önállóan, környezetüktől függetlenül kalibrálhatók a komponens megvalósító termék beépített lehetőségeivel.

Steril, laboratóriumi kalibrálás csak a korlátozott rendszerre, vagy egyes komponensekre vonatkozhat.

Inter- és extrapoláció

A számítógépes rendszerek esetlegesen nagyobb bonyolultsága és a részrendszerekre vonatkozó ellenőrzések gazdagabb lehetősége miatt felületes hozzáállás esetén a kalibrálási és az alkalmazási körülmények eltérései figyelmen kívül maradhatnak!

Az analóg és a digitális rendszerek kalibrálásának különbségei

Analóg komponensek – a használat során, de sokszor csak az idő elrehaladása miatt – többé-kevésbé folyamatosan elállítódnak, amit megfelelő gyakoriságú ellenőrzéssel, újrabéállításal lehet megfelelő kezelet között tartani.

Digitális készülékek ilyen folytonos eredményváltoztatásra szerencsére nem képesek. Esetükben azonos bemenetre azonos eredmény várható, még ha a hibás is – ha a megvalósítás nem annyira hibás, hogy az eredmény valamely véletlen külső körülménytől, pl. a memória előző tartalmától függ. A digitális komponenseket tehát használatba vétel előtt érdemes egyenként, aztán legalább a legfontosabb folyamatok szerint együtt is tesztelni a tervezett jellemző bemenetekre. Használat közben a rendszer integritását, a hibajelzés-mentes működést érdemes figyelni; kétség esetén az egyes komponensek (pl. jellemző processzek) állapotát ellenőrizni. A funkcionális tesztek sokszor nem elegendőek; teljesítménytesztekkel érdemes kiegészíteni őket.

A rendszer felügyelete és üzemeltetése

A biztonságos használatához alapvetően szükséges feltétel a rendszer felügyelete. Jól felépített számítógépes rendszerek esetén a felhasználót, az operátort és a rendszeradminisztrátort automatikus, a rendszerbe épített ellenőrző, monitorozó, hibajelző felügyeleti funkciók segítik.

Működés közben igénybe vehető lehetőségek:

- monitorozás;

- a rendszer integritását, a komponensek megfelelő állapotát, működőképességét ellenőrző tesztek és automatikus öntesztek;
- folyamatos, hosszan tartó (automatikus) működés esetén eseményekhez figyelmeztetési, hibajelzési szintek beállítása, távfelügyelet.

A hibák utáni helyreállításra előre fel kell készülni teljes és inkrementális mentésekkel, archiválással.

Az ellenőrző méréseket meg kell tervezni, az üzemmódhoz tartozó erőforrásokat (a számítógépeket is) biztosítani, az eredményeket dokumentálni kell.

Meg kell határozni:

- a felhasználói szerepeket, jogosultságokat (pl. operátor, rendszergazda, fejlesztő szerepekre); a személyeket konkrét szerepekhez kell rendelni;

- a titkossági követelményeket.

Biztosítani kell az adatok sérthetlenségét az adatok bevitele, továbbítása, kinyerése, archiválása során.

Egy számítógépes rendszer megvásárlása egyszeri esemény, azonban a felhasználás biztonsága és hatékonysága érdekében célszerű, ha ezzel tartós kapcsolat létesül az eladó és a vásárló között. Az eladó elvárható szolgáltatásait két csoportban ismertetjük: a vásárlás előtti lehetőségeket, illetve a felhasználó lehetőségeit a vásárlás után.

Vásárlás előtt – a vásárló lehetőségei; szempontok a mérőrendszerek kiválasztásához:

- Független konzultáns cégek elemzéseinek a megismerése.
- A szövbajóvó eladók megvizsgálandó szolgáltatásai.
- A gyártó/forgalmazó által szervezett bemutató megtekintése.
- A rendszer funkcionalitásának, az alkalmazott modellek, számítási módszerek megismerése.
- Mennyiségi jellemzők.
- Mérethatárok, pontosság.
- Mérési sebesség, teljesítmény.
- Nemzeti sajátosságok támogatása:
 - magyar adatok (magyar ékezetes betűk, számokra, dátumokra vonatkozó konvenciók, stb.) használhatósága, ezen túl
 - a lokalizálás lehetőségei (a felhasználói interfész, a súgó, a legfontosabb hibajelzések, a legalapvetőbb felhasználói leírások, tanfolyami segédletek lefordítása),
 - többnyelvűség támogatása, nyelvváltás lehetősége működés közben.
- A rendszer minőségi jellemzőinek áttekintése:
 - modularitás (az adatok, részeredmények ellenőrizhetősége komponensenként, illetve a teljes rendszerben a folyamatok lépései során; a rendszer nyitottsága, bővíthetősége, más, pl. meglévő rendszerhez való kapcsolhatósága),
 - integráltság,
 - hibajelzések (a rendszer különböző komponenseiből származó hibajelzések központosítása, különböző absztrakciós szinteken való megjelenítési képessége, teljeskörűsége, észrevehetősége, értelmezhetősége),
 - eseménynaplózás,
 - megbízhatóság, rendelkezésre állás,
 - fejlesztést, tesztelést támogató eszközök.
- Demó-, oktató, fejlesztő rendszer (akár a Web-en hozzáférhetővé teheti a gyártó) kipróbálása, funkcionális és teljesítmény tesztek.
- Hazai és külföldi referenciák áttekintése:
 - a gyártó által átadott információk alapján,
 - közvetlen tájékozódás a legfontosabb alkalmazóknál.
- Tanúsítványok.
- Dokumentáció színvonala:
 - az alkalmazott eljárások világos és egyértelmű leírása,
 - a rendszer által adott hibajelzések komponensekhez kötése, a hibaelhárítás leírása,
 - a konfigurálás, paraméterezés, monitorozás, ellenőrzés lehetőségeinek leírása,

- a rendszer adat és művelet interfészeinek, a lehetséges kapcsolódásnak, a fejlesztési lehetőségeknek, a fejlesztőrendszernek a leírása.

– Tanfolyamok:

- típusok/módszerek szerint (a gyártó, forgalmazó rendszerén heterogén hallgatóságnak, a felhasználóhoz telepített tanfolyam, önálló tanulás számítógépes program segítségével (CBT)),
- felhasználói szerepek (végfelhasználó, fejlesztő, adminisztrátor/üzemeltető) szerint,
- tanfolyami segédletek, gyakorlati környezet.

Vásárlás után – a felhasználó lehetőségei:

- Kiképzés.
- Konzultáció: testre szabott, a környezettel integrált használatba vétel.
- Támogatás (hibaelhárítás, support).
- Karbantartás, upgrade, kalibrálás.

Szabványok szerepe a számítógépes mérőrendszerek használatában

Láttuk, hogy számítógépes mérőrendszerek kifejlesztésében és használatában nagy jelentősége van a különböző típusú (interfész, ill. folyamat) szabványoknak, továbbá a különböző tanúsító, hitelesítő és kalibráló szervezeteknek. Ebben a szakaszban kiegészítésként csak a globalizálódásnak és az informatikai és kommunikációs technológia gyors fejlődésének egy fontos következményére hívjuk föl a figyelmet.

Magyarországon is terjednek a külföldi gyártóktól származó eszközök, amelyek külföldi, jobb esetben gyártófüggetlen nemzetközi szabvány szerinti tanúsítvánnyal rendelkeznek, amit külföldi szervezet adott ki. A főleg analóg eszközökre támaszkodó OMH történeti okokkal magyarázható hatósági szerepe külföldi tanúsítványokkal rendelkező bonyolult mérőeszközök típusvizsgálatánál költséges (dokumentáció magyarrá fordítása), és sok esetben felesleges.

A külföldi alapeszközök dominanciája mellett a számítástechnikában különösen gyors fejlődés miatt is egyre inkább a fontos nemzetközi szabványok gyors, változatlan átvétele a célszerű. Az MSZH – az EU normák erőltetett ütemű átvételei igénye miatt is – erre törekszünk.

A számítógép felhasználásának lehetőségei és korlátai

Befejezésül a számítógépes rendszerek és az emberi képességek különbségeiből adódó csapdákra hívjuk el a figyelmet.

A számítógép az első olyan eszköz, amely az embert gondolkodási képességében univerzálisan támogatja. Az ember által kitalált, szabályokkal pontosan meghatározott módszerek szerinti elemzések, számítások, következtetések elvégzésére alkalmasak egy zárt világban. Mennyiségileg az embernél nagyságrendekkel többre képesek; ebben egészítik ki jól: meghatározott szerkezetű nagy adattömegek áttekintésére, bennük való keresésre, minta illesztésre, csoportosításra, megjelenítésre célszerű használni őket.

A gépek „gondolkodásának” azonban szigorú korlátai vannak.

Egy fontos jellemzőjük, hogy nem tudnak különbséget tenni lényeges és lényegtelen között (csak olyan szempontból, amire megtanítják őket). Felhasználásuk csapdája, hogy azt is komolyan veszik, ami felett az ember elsiklik. Ez az oka nagyon sok fejlesztés, illetve felhasználás során előforduló hibának.

A bennük megvalósított, már ismert modellekkel kapcsolatos fenti korlátot túl újabbak jelentkeznek, amelyek új ismeretek szerzésével kapcsolatban zárt világok esetén matematikailag egzakt módon megfogalmazhatók. A számítógépek ember által meghatározott környezetben, ember által meghatározható pontos, racionális eljárások szerint viselkednek. Problémák önálló feltárására, fogalomalkotásra, új absztrakciós szintek megalkotására éppen ezek miatt a körülmények miatt nagyon korlátozottan alkalmazhatók.

A minőségügyi technikák anyagvizsgálati vonzatai

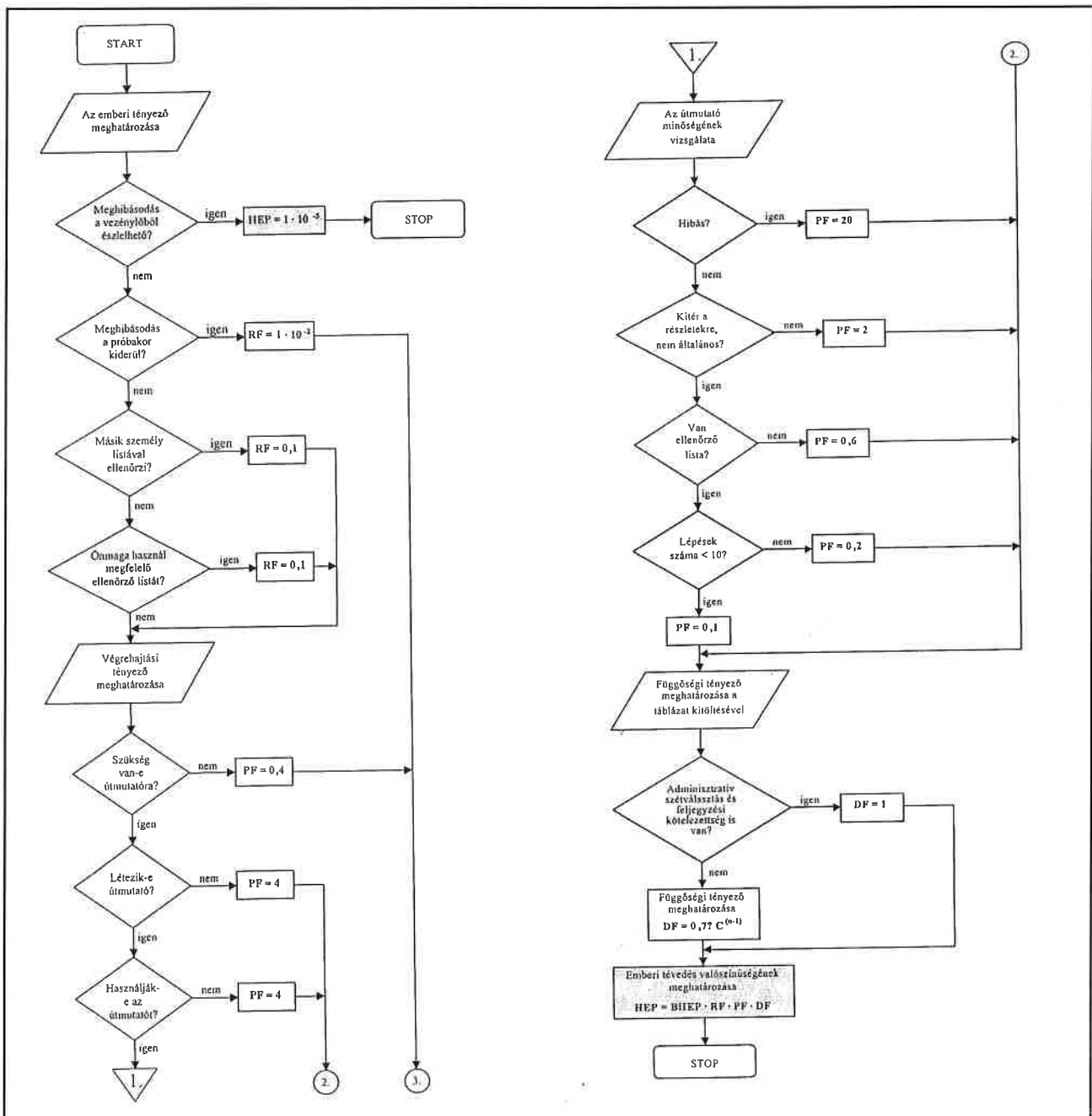
3. rész: Módszer az emberi hibák valószínűségének becslésére

Dr. Koczor Zoltán – Gerász Tibor – Marschall Marcell

Mint azt cikkünk első részében megállapítottuk [1], és számos – életből vett – példa is igazolja, a technika fejlődését és ezzel együtt a minket szolgáló folyamatok és berendezések használatával, működtetésével járó nagyobb sebességet, bonyolultságot és kockázatot az emberi agy működése nem tudja tökéletesen követni. Ítéletképességünk, reflexeink, átlátó képességünk, amelyeket biokémiai reakciók sora határoz meg, szükségszerűen a saját berendezéseink és folyamataink gyenge pont-

jává válnak. Érthető tehát, hogy a technikai fejlődés mellett a tervezési elvek és a működtetés kialakításánál egyaránt fontos szempont kell, hogy legyen az emberi hibák kiküszöbölése, műszaki, szervezési eszközök bevetésével.

Cikksorozatunk befejező része a vizsgálati témakörhöz kapcsolódva az emberi hibák bekövetkezési valószínűségét adó tényező (HEP Human Error Probability) egy valós értékelési módszerét mutatja be, bár



1. ábra. Az emberi hiba tényező (HEP) meghatározásának folyamatábrája

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

nem laboratóriumi példán keresztül, majd összefoglalást kíván adni a megemlített minőségügyi technikákról és elvekről.

Az emberileg elkövethető hibák megelőzésének legfőbb elemei:

– gondolati vagy fizikai úton rávezetés az ellenőrzésre (pl.: ellenőrző lista mellett ellenőriznek a pilóták felszállás előtt egy repülőgépen, nehezen hozzáférhető kapcsolók egy kezelő panelon);

– a sztereotípiák kialakulásának (rutinszerű cselekvéssorozat) kiküszöbölése (pl.: funkcionálisan azonosra kialakítható helyiségek vagy eszközök közt eltérések kialakítása: kicsi-nagy kémcső, más színűre festett technikai helyiségek egy atomerőmű blokkjaiban).

– a döntésekhez lehetőség szerint egyértelmű válaszadás: igen–nem típusú kérdések (alkatrészek ellenőrzése etalonokkal, idomszerekkel, ami a műszeres mérésnél előforduló emberi hibákat próbálja csökkenteni);

– ezek gépi eszközökkel való kiváltása, vagy ahol szükséges, a beavatkozások feletti döntést ember–gép célszerű együttese végezze. (Helyzetérzékelők, végállás kapcsolók, csak a logikai „IGEN” válasza után lehetséges a következő beavatkozás, pl.: kétkezes indítás, vagy a szilip ajtajának kézi nyitása csak más kezelőelemek bizonyos állásaiban lehetséges).

Az emberi hibát csökkentő megoldások keresésénél célszerű először a hiba felmerülési valószínűségének a becslése, majd ezen számszerű értékek ismeretében a megelőző intézkedés hatékonyságának a minősítése. A számszerűsítéshez figyelembe kell venni a műveletet végző körülményeit, a tudatot zavaró tényezőket stb. Az elemzéshez az adott tématerületen egyedileg kell kialakítani azt az algoritmust, amely a valószínűségi értékeket szolgáltatja.

Esettanulmány más területről

Mindezeket a tényezőket próbálják figyelembe venni, például a Paksi Atomerőműben használt táblázat kérdései egy karbantartási tevékenységre és a műveleteket követő ellenőrzésekre vonatkozóan [2]. A táblázatokban megjelenik, mint kockázatot növelő (egynél nagyobb) vagy csökkentő (egynél kisebb) érték:

- az elkövetett hiba észrevehetőségének,
- az ellenőrzés körülményeinek,
- az ellenőrző listák minőségének,
- az elvégzett műveletek dokumentálási kötelezettségének,
- a munkavégzés monotóniájának,
- a műveletek párhuzamosságának,
- a zavaró szimmetriának

a számszerűsíthető értéke. Megjegyzendő, hogy egy olyan gyakorlati megvalósítást mutat be a táblázat, amely a helyi technológia és előírások sajátosságai szerint lett kialakítva, így más területre való változtatlan átültetése feltehetően hibás eredményt ad.

Az 1. ábrán levő folyamatábra szerint a mellékelt táblázat kitöltésével számszerűsíthető az emberi hibák bekövetkezésének a valószínűsége (HEP Human Error Probability). Az értéket négy tényező szorzata határozza meg:

– **RF** (recovery factor/helyreállítási tényező) egy korábban elkövetett hiba korrigálásának a lehetőségét, a hatékonyságát figyelembe vevő szorzó,

– **PF** (prosegergy factor/végrehajtási tényező) a vizsgálati vagy a munkautasítás és az ellenőrző lista használatának körülményeiből képzett érték,

– **DF** (dependence factor/függőségi tényező) az egy ember által végzett, párhuzamosságokat rejtő feladatoknál figyelembe veendő tényező,

– **BHEP** az alapértéknek számító (Basis Human Error Probability) emberi hibák bekövetkezésének minimális valószínűsége. Ennek az értékével mindig számolni kell, hiszen itt a valószínűségelmélet sem engedi a nulla valószínűséggel való (lehetetlen esemény) számolást („az örög nem alszik” tényező).

Emberi hiba bekövetkezésének valószínűsége (Human Error Probability)

1. Az optimális állapot feltételei RF

A hibázás és a megelőző tevékenységek körülményei
A hibázás, például egy műszerfalról, észlelhető?
A hibázás egy funkcionális próbakör kiderül?
A tevékenységet egy másik személy ellenőrző lista alapján ellenőrzi?
A pontos és elégséges terjedelmű ellenőrző listát maguk a végrehajtók használják?

2. A végrehajtási tényező meghatározása PF

A meglévő dokumentáció hatékonysága
Szükség van-e útmutatóra a feladat bonyolultsága miatt?
Létezik-e útmutató?
Használják-e az útmutatót a szerelők?
Az útmutató hibás?
Ha nem hibás, elégséges az információ-tartalma?
Van ellenőrző lista a munkavégzés megfelelőségére?
A műveleti lépések száma több vagy kevesebb, mint 10?

3. A függőségi tényező meghatározása DF

A párhuzamos tevékenységek végrehajtásának körülményei	igen	nem
Létezik a tevékenységek között adminisztratív szétválasztás? – pl.: munkahelyenként kiadott munkautasítás vagy egyéb lista		
A párhuzamosan végzendő munkaműveletek között az időbeli szétválasztás több mint 2 perc?		
A párhuzamos munkafolyamatok lépései szét vannak-e választva helyileg?		
Van-e feljegyzési kötelezettség az elvégzett feladatokról?		

A NEM válaszok száma	C értéke
1	0,2
2	0,3
3	0,5
4	1

Az egy ember által párhuzamosan végzett hasonló tevékenységek száma	Redundancia fok (n)
1	1
– pl.: 2 azonos vizsgálat egyidejű végzése	
– A funkciót megvalósító 2 db teljes értékű rendszeren (pl. fő keringtető szivattyú), vagy 3 db a funkciót csak 50% -ban megvalósító rendszeren (pl. segédzivattyúk) végzett egyidejű javítás	2
– 3 azonos vizsgálat egyidejű végzése	
– A funkciót megvalósító 3 db teljes értékű rendszeren (pl. fő keringtető szivattyú), vagy 4 db a funkciót csak 50% -ban megvalósító rendszeren (pl. segédzivattyú) végzett egyidejű javítás	3
még több párhuzamos ág	n

$$DF = 0,7 \cdot C^{(n-1)}$$

A HEP értéke 10^{-5} -nél kisebb nem lehet, mert a tapasztalatok szerint, ahol az ember a végrehajtó, ott a legvalószínűbb hibák is előfordulhatnak, akár a leggyakorlottabb személynél is, kiküszöbölésük szinte lehetetlen. Az emberi hiba tényező tehát:

$$HEP = BHEP \cdot RF \cdot PF \cdot DF$$

Bár az eljárást szerelési tevékenységre dolgozták ki, adoptálható más folyamatokra is, ahol az emberi tévesztésnek jelentősége van.

Győztesek Konferenciája

A kockázatsökkentő módszerekre iparáganként és a termék-előállítás ciklusai szerint eltérő területekre sajátos módszerek váltak ismertté. Ilyen módszerek a különböző technológiákra és szerelési területekre végig gondolt tervezési módszerek, melyek lehetőséget teremtenek a hibák elkerülésére, a korai felismerésre és az azonnali beavatkozásra:

– robusztus tervezés (Taguchi szerint) – a konstrukciós és gyártás-tervezés során a zajhatások (zavarok) csökkentésére vonatkozó lehetőség,

- DFM – Design for Manufacture (a technológiabarát tervezés),
- DFA – Design for Assembly (a szerelésbarát tervezés),
- DFS – Design for Service (a karbantartásbarát tervezés)...

A fenti eljárásokat DFMA (Design for Manufacture and Assembly) szokták emlegetni, melyek csak áttételesen értelmezhetőek az anyagvizsgálati tevékenységekre, de a technológiai folyamatba épített vizsgálatok kapcsán, illetve a nagy kockázatú méréseknél a fenti gondolkodásmód már általánossá vált.

A teljességre törekvés nélkül ismertetjük néhány elemét a fent említett tudatos kockázatsökkentési módszerek alkalmazási módjának.

A módszer döntéshozó, mivel megfelelő adatbázison alapul, a gyártmány konstrukciós családfája állítható össze. A módszer lebontja a konstrukciót, illetve az előállítási folyamatot a struktúrák és az alkatrészek, illetve az eljárások és a műveletek szintjére.

Erre történik, megfelelő szakértői szempontok alapján, az optimális gyártási és szerelési változatok kiválasztása. Ekkor választható szempontként a hibamentes végrehajtás is. A szerelés során, pl. az egyes alkatrészekre vonatkozóan, értékelés készíthető az alkatrész szükségességéről, kezelési-szerelési műveleteinek bonyolultságáról. Erről számszerűsített értékelés is készül (pl. DFA index), így a korrekciós tervek a rangsorolt problémák szerint készülhetnek.

A folyamat munkacsoportban, számítástechnikai támogatással folytatható, melyben többször egyre finomabb problémakezeléssel ismételtetők a kritikus elemek fejlesztése.

Összefoglaló a minőségügyi módszerek alkalmazásáról a kockázatelemzés területén

A minőségügyi rendszerek gyakran teremtenek rendet a folyamatok kialakításában, nyomon követésében. Ugyanakkor sok minőségügyileg szabályozott folyamat esetében marad el a kockázatok becslése, így egyes szerencsétlen együttállások akár a cég bukását is okozhatják, ha a kockázatok következményei súlyosak. A minőségügyi rendszerek tudatossága, adatgyűjtési irányultsága, a beavatkozások hatásossága jó lehetőséget biztosíthat egy hatékony, több szakmaterületet megmozgató kockázatmenedzselő módszertan bevezetésére.

Háromrészes cikksorozatunkban kísérletet tettünk arra, hogy áttekintést adjunk a kockázat értelmezéséről és minőségügyi eszközökkel való kezelésének lehetőségeiről. A módszerekben sok közöset lehet felfedezni, miközben a fontosabb elágazási pontok az alábbi területeken keresendők:

Problémaérzékenység – mely elsősorban a kockázatok helyét határozza meg a vezetésben, illetve a beszállítói lánc szerinti vevőben.

Ennek alapján kap hangsúlyt a napi gyakorlatban a kockázatkezelés, és válik stratégiai elemmé vagy mellékes tényezővé.

A folyamatok és folyamatok átlátásának képessége – mely a kockázatokkal kapcsolatos adatgyűjtés tudatosságával, az ok-okozati elemzések gyakoriságával, a folyamatok egymásra ható értékelésével jellemezhető.

Az alkalmazott kockázatelemzés (vagy rizikóprioritás) becslési módszertana – mely leginkább a csoportmunka-kultúrától illetve a tervezési fázisok kapcsolódó pontjainak konfigurációmenedzsentíjének szintjétől függ.

Képesség a hatásos beavatkozásra – ez a minőségügyi elem a PDCA elv gyakorlati következetességét jelenti. A megtalált kockázati pontokon való hatékony beavatkozás és annak rendszerre tétele az elkötelezettségen, a hozzárendelhető erőforrásokon, az ötletességen, a rend és rendszeresség adottságain múlik.

Irodalom

- [1] Koczor Zoltán, Marschall Marcell: A minőségügyi technikák anyagvizsgálati vonzatai, Anyagvizsgálók Lapja 1999. 1. p.27.
- [2] Gregász Tibor (Konzulens: Dr. Kovács Zoltán, Bacs Judit): Megbízhatóság és kockázatelemzés a Paksi Atomerőműben, Államvizsga szakdolgozat VE 1999.
- [3] A.D. Swain: Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications; Ralph R. Fullwood – R. E. Hall: Probabilistic Risk Assessment in the Nuclear Power Industry (Pergamon Press)
- [4] Vida Zoltán elemző mérnök (Paksi Atomerőmű Rt.) szíves szóbeli közlései alapján

Győztesek Konferenciája

2000. május 30. – Budapest, Marriott Hotel

A minőségjavító módszerek elterjesztésének, EU-harmonizációknak minőségügyi területen való fokozásának egyik jó módszere a Győztesek Konferenciája.

Haladó hagyománnyá vált hazánkban, hogy a Nemzeti Minőségi Díjat nyert vállalkozások első számú vezetői, a következő év tavaszán több száz érdeklődőnek beszámolnak az üzleti kiválóság területén elért eredményeikről. Minden előadó az általuk legsikerebbnek ítélt minőségjavító módszerek, és technikák alkalmazását állítja mondandója középpontjába. A megjelent felsőszintű vezetők és az újságírók révén sokan ismerhetik meg a követésre érdemes megoldásokat.

Az eddigi három Győztesek Konferenciájának anyaga megjelent videón, s az érdeklődésre jellemző: utánrendelésre volt szükség.

Az önértékelés, mint módszer egyre inkább elterjed, jól segítve a korszerű minőségjavító módszerek és technikák hazai elterjesztését. A Minőségfejlesztési Központban, középiskolás és főiskolás tanulók, valamint érdeklődők és gyakorló szakemberek egyaránt sokszor megnézték a filmeket, és a pályázni szándékozók több tucat kazettát meg is vásároltak.

A konferencia témái az utóbbi időben bővültek, ami elsősorban a jó európai módszerek, gyakorlatok megismerését, illetve átadását teszik lehetővé.

Idei meglepetésként, illetve újdonságként az Európai Minőség Díj közszolgálati kategóriájának skót nyertese (Adóhivatal, Cumbernauld) Anna Church is előadást tartott a magyar szakembereknek.

Terveink között szerepel, hogy a konferencia anyagát (más országokhoz hasonlóan) nyomtatásban is megjelenítjük.

Örvendetes, hogy a Magyar Kormány és a Gazdasági Minisztérium maximálisan támogatja, és hatékonyan propagálja a legjobb tapasztalatok magyarországi elterjesztését.

Szódi Sándor
minőségszakértő
Minőségfejlesztési Központ – IMFA

Kelátképző cellulóz mikrooszlopos dúsítás a grafitkemencés atomabszorpciós meghatározáshoz

Zihné Perényi Katalin – Lászlóty Alexandra – Kelkóné Lévai Ágnes*

Bevezetés

A gyakorlati élet egyre kisebb nyomelem-koncentrációk mérését igényli bonyolult mátrixokból, amelyek közvetlen méréssel a legtöbb esetben nem kivitelezhetők. A környezeti minták nyomanalízise két fő akadályt állít az analitikus elé az alkalmazott készüléktől függetlenül. Először, ezek természetes nyomelemszintje a g/dm^3 illetve az alatti tartományba esik. Másodszor, a környezeti minták által meghatározott mátrixok változatosak és gyakran meglehetősen bonyolultak. Az alacsony kimutatási határ szükségessége miatt főként grafitkemencés atomabszorpciós spektrometriát (GFAAS) és induktív csatolású plazma tömegspektrometriát (ICP-MS) alkalmaznak a környezeti minták analízisére. Összetett mátrixban azonban nem érhető el az a kedvező kimutatási képesség és pontosság, mely a GFAAS-t az egyik legérzékenyebb technikává teszi, mivel természetes mintákban a jelenlévő mátrixkomponensek különbözőképpen illó fém-sók képződése révén a mérendő elem jelének alakját valamint megjelenési hőmérsékletét változtatják (elhúzódó vagy kettős csúcsok formájában) és nagy oldottanyag-tartalom a háttér nagyságát növelheti [1]. Ezek a zavaró hatások bizonyos mértékben áthidalhatók pl. mátrixmódosítók alkalmazásával. Sávok, strukturált háttér esetén leghatékonyabbnak a Zeeman-effektuson alapuló háttérkorrektort tartják. Az ICP-MS meghatározás nagy problémája a poliatomos ionok képződése, mely főleg a 80-nál kisebb tömegszámú elemek esetén okoz meglehetősen nagy szisztematikus hibát, így rontja a pontosságot. A mátrix összetevői közül a V egyetlen 51-es izotópját a $^{35}\text{Cl}^{16}\text{O}$, a ^{58}Ni mérését a $^{23}\text{Na}^{35}\text{Cl}$, a ^{60}Ni -ét a $^{23}\text{Na}^{37}\text{Cl}$ és a $^{44}\text{Ca}^{16}\text{O}$ zavarja. Ezek a részecskék a levegő, a tápláló Ar gáz és szennyeződései és a minta mátrix révén kerülhetnek a rendszerbe. Nagy oldottanyag-tartalmú minták analízise további problémákat vet fel, mivel az oldott sók a kónuszok felületén lerakódva eltömítik a nyílást, így jelentős memória-effektus lép fel. A megfelelő oldottanyag-tartalomra hígítva a mérendő elem koncentrációja a kimutatási határ alá csökkenhet.

Ha a mérendő elemet alkalmas formában szilárd fázisban kötjük meg és kisebb térfogatban oldjuk le, nemcsak a fém dúsítását, de egyben a mátrixelemektől való elválasztását is elérhetjük. A kelátképző ioncserélőket, melyek az alkáli- és alkáliföldfémekkel szemben a nehézfémekre szelektívek, gyakran használják on-line rendszerek tölteteként atomspektrometriás detektáláshoz kapcsolva [2]. Célunk áramlásos rendszerű mikrooszlopos dúsítás kidolgozása volt nagy oldottanyag-tartalmú minták grafitkemencés atomabszorpciós spektrometriás és induktív csatolású plazma tömegspektrometriás analíziséhez, különböző funkciók csoportját kelátképző felhasználásával.

Az imino-dieetsav-etilcellulóz (IDAEC) a legtöbb nehézfémvel komplexet képez, ezért sokelemes dúsításra alkalmas. Potenciometriás titrálással meghatároztuk a fém-IDAEC komplexek stabilitási állandóit. Ezen heterogén egyensúlyi állandók ismeretében modellezhető és tervezhető a nyomfémek megkötése különböző mátrixokból [3]. Az eddigi tapasztalatok azt bizonyították, hogy az IDAEC kelátképző ioncserélő megfelelő tulajdonságokkal rendelkezik nyomelemek dúsítására FI on-line rendszerben ICP-AES detektáláshoz [4]. Ugyancsak sikerült hiteles vérszérum mintából a fémnyomok megkötése és mérése FI-ICP-MS módszerrel [5].

Mátrixként a Hunyadi ásványvizet választottuk, amelynek 39,5 g/l szárazanyagtartalmának nagy részét a kalcium és magnézium kationok és szulfát anion (27 g/l) teszik ki. Célunk az volt, hogy dúsítási módszert dolgozzunk ki, mely alkalmas nagy sótartalmú minták GFAAS nyomelemzésére normál laboratóriumi körülmények között. Jelen munkánkban kelátképző cellulózokat – az általunk újonnan előállított szulfoxin-cellulózt [6] – és IDAEC-et használtunk Cd, Co, Ni, Pb és V dúsítására.

Kísérleti rész

Atomabszorpciós készülék

A dúsított minták elemtartalmát HGA-600 grafitkemencével és AS-60 mintaváltóval felszerelt Perkin-Elmer 3110 atomabszorpciós spektrométer segítségével határoztuk meg.

A mérési hullámhosszat a „PE Analytical Techniques for GFAAS” kézikönyvnek megfelelően állítottuk be, a bontási és atomizálási hőmérsékletet illetően sem tértünk el lényegesen az abban megadottaktól (1. táblázat).

1. táblázat. A vizsgált elemek mérési hullámhossza és hőmérséklet-programja GFAAS meghatározásnál

	Cd	Co	Ni	Pb	V	
Hullámhossz, nm	228,8	241,0	232,0	283,3	318,4	
Bontási hőmérséklet °C	500	1400	1400	700	1100	
Atomizálási hőm. °C	1500	2500	2500	1900	2650	
Gázáramlás atomizáláskor	Gáz stop					
Lépés	1 Szárítás	2 Szárítás	3 Bontás	4 Hűtés	5 Atomizálás	6 Kifűtés
Hőmérséklet °C	110	180	elem-függő	20	elem-függő	2650
Ramp, s	10	10	5	1	0	1
Időtartam, s	10	30	30	150	5	5

A hőmérsékletprogramban kétlépcsős szárítást találtunk optimálisnak. A Cd, Co, Ni és Pb meghatározásához pirolitikus grafit platformra mértük a mintát és a háttérrel korrigált (deutériumlámpás korrekció) integrált abszorbanciajeleket használtuk fel a mennyiségi kiértékeléshez. A kb. 0,5 M salétromsavas oldatokban ezen fémek mátrixmódosító nélkül mérhetőek voltak. Az eluátumok vanádium-tartalmát 0,1 mg $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ -tal pirolitikus grafitról atomizálva háttérkorrekció nélkül határoztuk meg szintén az integrált abszorbanciajelek figyelembevételével.

Felhasznált anyagok

Vegyszereink alt. minőségűek voltak, a 0,2 M HNO_3 -as kalibráló oldatokat Merck AAS standardoldatokból hígítottuk. Az elemzésekhez felhasznált reagensoldatokat IDAEC oszlopos tisztításnak vetettük alá.

Eljárások

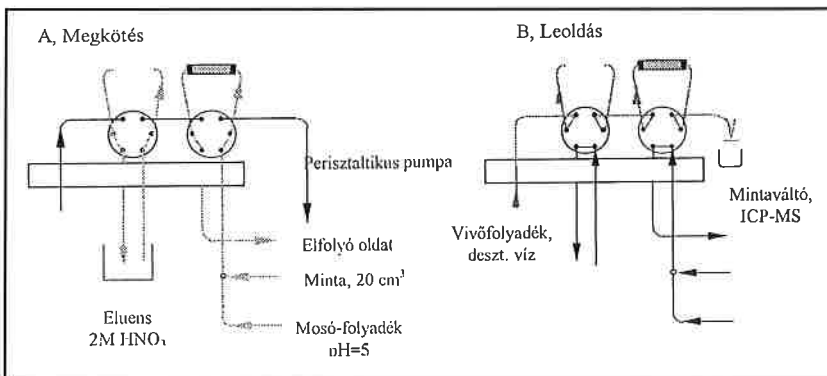
Semi-on-line IDAEC vagy szulfoxin cellulóz mikrooszlopos dúsítás/GFAAS detektálás

A multielemes dúsító berendezés (1. ábra) két szelepet tartalmaz,

* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, 1518 Budapest 112, Pf. 32.

melyek egyszerre mozognak. A többelemes kalibráló ill. minta oldatok (20 cm³, 0,07 M HNO₃) pH-ját 2 M ammónia/ ammónium- acetát pufferrel állítottuk a megfelelő pH értékre 0,1 pH pontossággal. A mintaoldatok esetenként addicionált fémeket illetve 0,002 M vagy 0,02 M citromsavat vagy 0,002 M oxálsavat tartalmaztak.

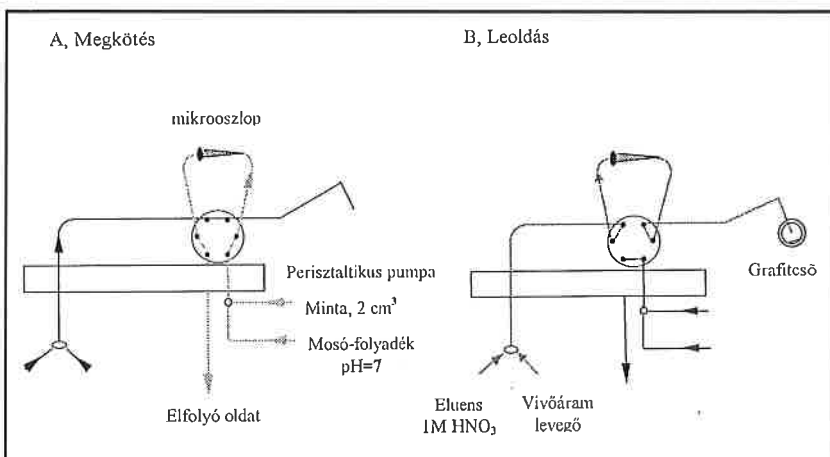
IDAEC- vagy szulfoxin-cellulózzal töltött mikrooszlopon (40 mg cellulóz) kötöttük meg az oldatból a nyomelemeket, majd 2–2,5 cm³ 0,3 M ammónium-acetát pufferrel (pH=5) mostuk le az oszlopról a mátrixkomponenseket. Eközben a 200 µl-es hurok feltöltődött a 2 M HNO₃-val (1. ábra, A). A szelepek átváltásával a vívfolyadék áramába került sav a megkötött fémionokat ellenáramban oldotta le a spektrométer mintaváltójának edénykéjébe (1. ábra, B). A szelepeket visszaváltva a cellulózt a pufferrel ismét NH₄⁺-formává alakítottuk. Egy oszloppal 30–50 dúsítást végeztünk el. A minta átfolyási sebessége 2–2,5 cm³/min, a leoldásé 1 cm³/min volt, melynek állandóságát tömegméréssel ellenőriztük (a hibája 5% alatt volt). Az eluátum térfogatának 0,8–0,95 cm³-re történő csökkentésével 25–30-szoros dúsítást értünk el. A módszer lényegéből fakadóan egy eluátumból több elem atomabszorpciós meghatározása is lehetséges, ha a dúsítás egy minden elem számára megfelelő pH értéken folyt.



1. ábra. Semi-on-line FI mikrooszlopos dúsítás

On-line IDAEC mikrooszlopos dúsítás/GFAAS detektálás

A vizsgálandó oldat (2 cm³, 0,07 M HNO₃) pH-ját 2 M ammónia/ammónium-acetát pufferrel állítottuk a vizsgált elem megkötéséhez ideális értékre, majd 4 mg IDAEC-et tartalmazó kúp alakú mikrooszlopon engedjük át 2 cm³/min sebességgel, végül ammónium-acetát pufferrel (pH=7) mostuk (2. ábra, A). A leoldás – vanádium esetén a módosítót is tartalmazó – 1 M HNO₃-val történt (2. ábra, B), az első 20 µl eluátum többnyire elhanyagolható mennyiségű fémiont tartalmazott. A leoldás körülményeit a 2. táblázat tartalmazza. Kettős leoldás esetén a két oldatrésztlet egymás után szárítottuk be a grafitcsőben. Az oszlop NH₄⁺-for-



2. ábra. On-line FI mikrooszlopos dúsítás

máv alakítása után készen állt az újabb dúsításra. 2–3 perc alatt a minta 100-szoros dúsítása érhető el. Cd esetén a reagensek által okozott szennyezést nem sikerült az on-line detektáláshoz szükséges szintre lecsökkenteni.

2. táblázat. Leoldás az on-line GFAAS detektáláshoz

	Co	Ni	Pb	V(IV)
Elfolyó oldat, µl	20	–	20	20
1. leoldás, µl	20	20	20	50
2. leoldás, µl	–	20	–	50

Eredmények és értékelésük

Teljesítőképesség

A mérési feltételek – pl. savkoncentráció – állandóságának biztosítására és a megkötés időbeni ingadozása hatásának kiküszöbölésére a kalibráló oldatokat ugyancsak dúsítottuk. A módszerek érzékenységének szemléltetésére mutatjuk be a 3. táblázatban a kalibrálás fontosabb paramétereit IDAEC és szulfoxin cellulózon dúsítva.

A görbék lineáris tartománya fél-másfél nagyságrendet ölel fel. A legnagyobb érzékenységű a Cd, ezt követi a Co, majd az Pb és Ni következik, végül pedig a V. Az érzékenységet kvantitatívan kifejező karakterisztikus tömeg (a vizsgált elemekre rendre 6, 13, 10, 30 pg) csaknem a dúsítás mértékének megfelelően csökken: semi-on-line dúsítással (20x) kb. 15-szörös, on-line dúsítással (100x) 50–70-szeres érzékenység érhető el a közvetlen (dúsítás nélküli) méréshez képest. Az általunk kidolgozott módszerek pontosságának ellenőrzésére elvégeztük a NIST 1643c jelű hiteles vízminta analízisét. A Cd méréséhez 100–200-szoros, a többi elemnél 20–40-szeres

hígítás volt szükséges a dúsítás elvégzéséhez. A 4. táblázatból leolvasható, hogy mindhárom eljárás megfelelő egyezést mutatott a bizonylati értékekkel. A mért érték az esetek többségében nem tér el szignifikánsan a hiteles értéktől. Az on-line IDAEC mikrooszlopon meghatározott Co eltérése a várt értéktől a dúsítási módszer elfogadott hibáján (10%) belül van.

Az 5. táblázatban a normál laboratóriumi körülmények között GFAAS detektálással elérhető kimutatási határokat tüntettük fel. Az adatokat elemenként hét párhuzamos dúsítás és mérés alapján, a 3σ kritériumnak megfelelően számítottuk. Mivel a reagensek elkerülhetetlenül érintkeznek a laboratórium légtérrel, a vakérték – és így a kimutatási határ – további csökkenése elérhető lenne a reagensek fokozott tisztítása és a tisztább laboratóriumi levegő útján. Az on-line módszerrel nyert kedvezőbb kimutatási képesség a mintakezelésből és a levegőből eredő szennyezés csökkenésének, valamint a nagyobb dúsítási faktornak köszönhető. Az on-line módszer további előnye a kis minta- és reagens-felhasználás valamint a rövidebb dúsítási idő, mely összehangolható a grafitkemence fűtési programjával.

Ásványvizek analízise

A nagy sótartalmú mátrix hatását a különböző eljárások esetén Hunyadi ásványvíz dúsításával vizsgáltuk. Az ásványvíz mintákhoz ismert kon-

3. táblázat. A vizsgált elemek eredeti oldatra vetített karakterisztikus tömege, vakértékkel ekvivalens koncentrációja és a kalibráló egyenes regressziós koeficiense

	Cd	Co	Ni	Pb	V
<i>Semi-on-line IDAEC / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens	0,9990	0,9986	0,9982	0,9995	0,9998
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³	0,0066	0,067	0,22	0,22	0,37
Karakterisztikus tömeg ^a , pg	0,022	0,49	0,55	0,89	1,38
<i>Semi-on-line szulfoxin / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens		1,000	0,9943	0,9984	0,9962
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³	0,42	0,17	1,19	0,31	0,75
Karakterisztikus tömeg, pg	0,038	0,45	1,09	0,75	2,02
<i>On-line IDAEC / GFAAS</i>					
Regressziós koeficiens		1,000	0,996	0,9992	0,9998
Vakértékkel ekv. konc., µg/dm ³		0,10	0,17	0,05	0,75
Karakterisztikus tömeg, pg		0,22	0,19	0,18	0,43

A táblázat 3-8 kalibrálás adatainak átlagát tartalmazza

^a 20 µl mintaoldat injektálására vonatkoztatva

4. táblázat. NIST 1643c jelű hiteles vízmintára nyert FI-GFAAS elemzési eredmények egyezése a hiteles adatokkal

Elem	A hígítatlan minta koncentrációja, µg/dm ³ (SD)			
	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-cell.	On-line IDAEC	Hiteles érték
Cd	11,2 ± 0,4	11,4 ± 0,23		12,2 ± 1,0
Co	24,0 ± 1,3	24,1 ± 0,31	24,8 ± 0,21	23,5 ± 0,8
Ni	66,8 ± 1,3	57,2 ± 3,8		60,6 ± 7,3
Pb	34,9 ± 3,54	33,1 ± 1,14	32,4 ± 1,3	35,3 ± 0,9
V	29,7 ± 4,3	31,9 ± 0,9	31,8 ± 5,6	31,4 ± 2,8

Az adatokat 3 párhuzamos dúsítással nyertük

5. táblázat. Kímutatási határok GFAAS detektálással, g/dm³

Elem	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-c.	On-line IDAEC
Cd	0,009	0,004	
Co	0,083	0,134	0,058
Ni	0,250	0,350	0,062
Pb	0,110	0,063	0,022
V	0,081	0,244	0,067

6. táblázat. Adagolt nyomelemek visszanyerése Hunyadi ásványvízből a különböző dúsítási eljárásokkal

Elem	Semi-on-line IDAEC	Semi-on-line Szulfoxin-c.	On-line IDAEC
Cd	108	104	
Co	88	95	95
Ni	92	92	
Pb	104	90	85
V	89	80	91

Dúsítás pH=5 beállításával

7. táblázat. Nyomelemek visszanyerése Hunyadi ásványvízből semi-on-line IDAEC dúsítási eljárással

Elem	0,002 M citrát	0,02 M citrát
Cd	111	114
Co	89	87
Ni	98	79

8. táblázat. A vizsgált ásványvizek Co-tartalma

Co	Körülmények	Koncentráció, ppb		
		Standard addícióval	Kalibrációval	SD
Hunyadi 1		-	4,70	
Hunyadi 1 + 0,002M citrát		5,83	5,29	
Hunyadi 1 + 0,02M citrát		5,70	5,32	
Hunyadi 2		0,93	0,79	0,09
Hunyadi 3 Szulfoxin cell ^a		1,95	1,75	0,085
Hunyadi 4 On-line ^b		0,36	0,37	0,019
Ferenc J.			1,17	0,01
Ferenc J. + 0,02M citrát		1,31	1,29	
Ferenc J. + 0,002M citrát		1,79	1,68	0,078
Mira		1,82	1,54	0,04
Salvus		0,30	0,31	-

^a Semi-on-line szulfoxin cellulóz mikrooszlopos dúsítás GFAAS meghatározással.

^b On-line IDAEC mikrooszlopos dúsítás GFAAS meghatározással

9. táblázat. A palackozott ásványvizek nyomelemtartalma

Ásványvíz	Cd	Ni	Pb	V
Hunyadi 1	0,094	5,89	0,35	1,27
Hunyadi 2	0,129	3,94		
Hunyadi 3	0,259	5,08	0,35	0,8
Hunyadi 4			0,22	0,63
Ferenc J.	0,121	5,5	<0,11	0,95
Salvus	0,024	1,08	1,54	2,24
Mira	0,038	9,6	0,72	

A kobbakra vonatkozó eredmények a 8. táblázatban találhatóak.

centrációban nyomelemeket adagoltunk és dúsítás alkalmazásával elvégeztük az elemzést. A standardoldatok dúsításával kapott kalibrációval mért koncentrációnövekményt viszonyítottuk az ismerthez, a 6. táblázatban látható visszanyerési adatok számításához.

Huminsavak jelenlétét modelleztük 0,002 és 0,02 M citrát hozzáadásával. A kalibrálást ekkor 0,002 M citrát tartalmú standardoldatok dúsításával végeztük el. Mivel a citrát nem csökkent jelentősen a fémek megkötését, citrátos közegből dúsítva nem tapasztaltunk jelentős eltérést a visszanyerésben (7. táblázat). A minták vanádium-tartalma citrátos közegből nem kötődik meg.

A megfelelő visszanyerési értékekből látszik, hogy a legtöbb esetben kalibrációval mérhető a nyomelemek mennyisége. Amennyiben a visszanyerés kevesebb 85%-nál (pl. V/Hunyadi/szulfoxin-cell., Ni/Hunyadi+0,02 M citrát/IDAEC), a pontos meghatározás elvégezhető standard addíció alkalmazásával.

A kidolgozott eljárásokat a Hunyadi ásványvíz mellett sikeresen alkalmaztuk egyéb nagy oldottanyag-tartalmú gyógy- és ásványvizek, valamint geológiai vízminták elemzésére is (8.-9. táblázat). A minták Mg-, klorid-, szulfát- és hidrogénkarbonát-tartalma 6-7 nagyságrenddel meghaladja a vizsgált nyomelemek mennyiségét. A Mira ásványvíz kisebb sótartalma ellenére valószínűleg olyan komplexképzőt tartalmaz, mely a Ni és V megkötését gátolja. A nikkeltartalom pontos meghatározá-

sa azonban addíciós módszerrel elvégezhető. Vanádium esetén a visszanyerés (kb. 50%) mértéke megkérdőjelezi az addíció használhatóságát is. A vizsgált elemek közül a V a legérzékenyebb a komplexképzők jelenlétére, az ásványvizek összetevői jelentős mátrixhatást okoznak.

Az ismételt dúsítások eredményeinek szórása általában 5% alatt volt, de nem haladta meg a 10%-ot. A kalibrálás módja, és a hozzáadott citrát nem befolyásolta jelentős mértékben az analízis eredményeit. Ezt példázza a 8. táblázat a Co adatain keresztül.

A Hunyadi ásványvíz nyomelemtartalma üvegről üvegre változott, ezért az egyes üvegeket megszámoztuk, amit a táblázatokban is megjelenítettünk. Ennek következtében a különböző eljárásokkal mért koncentrációk többnyire nem hasonlíthatók össze.

Az ásványvizekben talált koncentrációk (9. táblázat) legtöbb esetben több, mint ötszörösen meghaladják a kimutatási határokat, így mindhárom dúsítási eljárás alkalmas hasonló minták elemzésére.

Összegezve megállapítható, hogy az esetek többségében a fémek meghatározására elegendő a dúsítás alkalmazásával nyert kalibráló görbe használata. A kivételt képező esetek visszanyerési próba alapján kiválaszthatók. Ekkor a standard addíció szolgáltat pontos eredményt.

A kidolgozott módszerek gyakorlati jelentősége

A dúsítási eljárással a direkt módszer méréshatárát kitolhatjuk kisebb koncentrációk felé. Reális minták analízisének a különböző mátrixú minták azonos összetételű mintákká alakíthatók, így különböző összetételű minták egyazon kalibráló sorral szemben kvantitatív analízisre alkalmasak. A direkt módszer optimális koncentrációtartománya alatt dúsítással növelhetjük a precizitást és a pontosságot.

Az IDAEC, mint kelátképző cellulóz, jól alkalmazható áramló rendszerű dúsításhoz, mivel a gyanta alapú ioncserélőkhöz képest a komplexképződés gyorsabb, és a megkötött fémek erős savval könnyen leoldhatók, így reprodukálhatóan kicsi vakértéket érhetünk el. A vizsgált

fémionokkal olyan stabil komplexeket képez, hogy még komplexképző mátrix (citrát, huminsavak) jelenlétében is alkalmas ezen fémionok megkötésére. Szelektivitása alkalmassá teszi a nyomnyi mennyiségű fémek kivonására alkáli- és alkáliföldfém mátrixból (ásványvizek, tengervíz).

Összefoglalás

Semi-on-line és on-line flow injection (FI) mikrooszlopos dúsítást dolgoztunk ki Cd(II), Co(II), Ni(II), Pb(II) és V(IV és V) grafitkemencés atomabszorpciós meghatározására nagy oldottanyag-tartalmú mintákból. Vizsgáltuk a dúsítás hatásfokát iminodiacetsav- és szulfoxin-csoportokat tartalmazó kelátképző cellulózokon. A nagy mátrix- és komplexképző-koncentráció többnyire nem befolyásolja a fémionok megkötődését. A kimutatási határok 0,004 g/l (Cd/szulfoxin-cellulóz) és 0,350 g/l (Ni/szulfoxin-cellulóz) közé esnek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Tóth Károlynének a gyakorlati feladatok lebonyolításában nyújtott segítségével. A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatta (OTKA No. A196/95/450).

Hivatkozások

1. Welz, B., Sperling, M., *Atomic Absorption Spectrometry*, III. Edition, Wiley-VCH Weinheim, 1999
2. Fang, Z. *Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry* John Wiley & Sons, New York, 1995.
3. Zs. Horváth, A. Lásztity, K. Zih-Perényi, Á. Lévai, *Microchem. J.*, 1996, 54, 391.
4. Caroli, S., Alimonti, A., Petrucci, F., Horváth, Zs. *Anal. Chim. Acta*, 1991, 248, 241.
5. Zihné Perényi K. "Kelátképző cellulóz mikrooszlopos dúsítás atomspektrometriás detektáláshoz", Ph.D. értekezés, 2000
6. Zih-Perényi, K., Lásztity, A., Horváth, Zs., Lévai, Á. *Talanta*, 1998, 47, 673.

Gépészet 2000 – intelligens gépek – új anyagok – új eljárások

Másodízben rendezte meg május 25–26-án a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kara a gépészet országos fórumának szánt rendezvényét a hagyományteremtés szándékával és azzal a céllal, hogy kétvétenként áttekintést adjon a szakterület kutatási-fejlesztési eredményeiről elősegítve az eredmények alkalmazását, az egyetemi és a vállalati fejlesztő műhelyek egymásra találását, együttműködését.

A felvezető plenáris ülésen egyrészt honi gazdaságunkról egy áttekintő értékelést, másrészt, a konferencia alcímeivel összhangban, két szakmai helyzetképet és fejlesztési irányokat összefoglaló előadást hallottunk.

Honig Péter, a Gazdasági Minisztérium helyettes államtitkára a társadalmunk korszerűsítését és életkörülményeinek javítását célul kitűző gazdasági stratégiánk fő tényezőit – a gyors és kiegyensúlyozott növekedés, a versenyképesség fokozása, a fejlődési egyenlőtlenségek csökkentése, az EU-csatlakozás és a tudásalapú társadalom feltételeinek megteremtése – kiemelve a már megmutatkozó eredményeinkről szólt. Rámutatott, hogy a privatizáció és a jelentős összegű külföldi tőke folyamatos bevonása gazdaságunk szerkezetét olyanná alakította, hogy versenyképességünket a világranglistán a 41. helyről (1995) ma már a 26. helyre (1999) sorolják, és a hazai GDP úgy érte el 1999-ben az 1989-es szintet, hogy ehhez 25%-kal kevesebb energiát használtunk fel és jelentősen nőtt a termelékenységünk. Kiugróan jó a hazai gépipar részese-dése gazdaságunk eredményeiből, ám ez 80%-ban a multinacionális cégek (főleg az autó- és az elektronikaipar) teljesítményének, termékeik dinamikusan növekvő külföldi értékesítésének köszönhető. A hazai vállalatok versenyképességének a javítása és – még beszállítóként is – az önálló innováción alapuló termékínálatra törekvésük támogatása ezért kiemelten fontos feladat. A stratégiai célok megvalósítását segíti a formálódó Széchenyi-terv, amelynek súlyponti témái között szerepel: az

otthonteremtés támogatása, az autópálya-építés, a kis- és középvállalatok fejlesztése, a minőségügy támogatása (szabványok, irányelvek honosítása, díjak és pályázatok révén), környezetünk állapotának a javítása (az energiatakarékos eljárások, a környezetvédelmi ipar, a hulladékgazdálkodás támogatásával).

Gyulai József akadémikus a Speciális anyagok iránti követelmények a harmadik évezred elején című előadásában rámutatott, hogy a földi átlaghőmérséklet 1–2 °C-nál nagyobb növekedésének az elkerüléséhez a jelenlegi energiaigényünket legalább egyharmadával csökkentenünk kell. Ezért az anyag- és környezettudomány együttes feladata a termelési és a fogyasztási folyamatok zárt, hulladékmentes ciklussá alakítása. Továbbá, ahol csak lehet a felesleget eltávolító (ún. top down) helyett az építkező (ún. bottom up) technológiai filozófiát kell követni. A mikro- és a nanotechnológiák ez utóbbi elvet követik a mikroelektronikai és a mikroelektromechanikai eszközök illetve a minigépek előállításához. A példák sorában megemlítette a BME Kísérleti Fizikai Tanszéken – az EU 5. keretprogramja támogatásával – kifejlesztett, 300 μm széles és 30 μW/°C teljesítménnyel 600 °C-ig felfűthető „minirezsolót”, amely a katalitikus gázzsenzorba beépíthető.

Az anyagtudomány új korszakát az atomi szintű vizsgálatok lehetősége (például a pásztázó alagútmikroszkóp – scanning tunnel microscope, STM) és a technológiai, a funkcionális és a logikai szimulációt lehetővé tevő számítógépesítés jellemzi, valamint az, hogy a szerkezeti anyagok – különösen a kerámiák és a polimerek – fejlesztése mellett az érdeklődés súlypontja a funkcionális anyagok felé tolódott, mint amilyenek a piezo- és a ferroelektromos, a mágneses, a szupravezető vagy az alakemlékező tulajdonságokkal bíró anyagok, valamint az informatika növekvő igényeinek a kielégítését szolgáló felvezető optikai és nano-

Folytatás a 102. oldalon!

Anyagszerkezettani modellek és a kontinuum-mechanika

E témakörben második alkalommal szervezett szemináriumot a Miskolci Akadémiai Bizottság (MAB) Gépészeti Szakbizottsága, a Miskolci Egyetem (ME) és a Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet (Baylogi) azzal a céllal, hogy a szerkezetek és elemei töréssel szembeni méretezésének fejlesztéséhez az anyagtudomány és a kontinuum-mechanika – számítógépes technikával támogatottan – összekapcsolható legyen.

Míg az első találkozó – 1998 nyarán – e törekvés eredményre vezető programját és a két tudományterület összekapcsoló feladatokat vette számba (lásd: Anyagvizsgálók Lapja 1998/4.p. 124.), addig a mostani, április 26-i miskolci ülés a két tudományterület módszereit és azokat a szintetizáló irányzatokat tekintette át, amelyekkel leírhatók a szerkezeti elem anyagában, a terhelő igénybevétel hatására végbemenő alakváltozási és végül a törést okozó károsodási folyamatok.

Összefoglaló képet kaptunk – Kozák Imre akadémikus előadásából – a kontinuum-mechanika felépítéséről, a kontinuumot jellemző modellekről és ezek helyes megválasztásának, egymást kiegészítő voltának a szerepéről. Ehhez egyik példaként bemutatta a merev atomi méretű gömbökkel modellezett ferritrácsban intersztíciósan az oktaéderes illetve a tetraéderes helyen oldódó szénatom okozta rácstorzulások összehasonlító számításait, amellyel igazolható volt az oktaéderes hely kitüntetett szerepe.

A kontinuum-mechanika alapvető összefüggéseit áttekintő előadásában Béda Gyula professzor az anyagegyenletek (relációk) jelentőségét és ezek kísérletekkel alátámasztott meghatározásának a fontosságát hangsúlyozta. Páczelt István akadémikus pedig, számos példa felvillantásával, a numerikus – a véges és a perem elem – módszerek növekvő szerepére mutatott rá, amelyet ezek a számítástechnika nyújtotta lehetőségek révén a megbízható és gazdaságos konstrukciók megvalósításában betöltenek.

A kontinuum-mechanika önálló ágazatává fejlődött az utóbbi évtizedekben a szemcsés anyagok viselkedésének a leírása, amelyről Bojtár Imre számolt be előadásában. Itt az anyagot a szemcsék mérete, kötött vagy laza kapcsolódása és a szemcsék közötti fázisok (folyadék, gáz) jelenléte együttesen jellemzik.

A fémek anyag különböző tulajdonságai eltérő mértékű szórásának okait elemezve Prohászka János akadémikus rámutatott, hogy a termodinamikai állapotok azonossága csak szükséges, de nem elégséges feltétele az anyag tulajdonságai azonosságának. Ehhez a különböző típusú kristályhibák koncentrációinak azonossága is szükséges, mivel a szabadentalpia a különböző kristályhibák eltérő függvénye.

Nagy Gyula a homológ hőmérséklet függvényében tekintette át a reális szerkezetű fémek anyagok alakváltozási mechanizmusait, míg Tóth László professzor az anyagok töréssel szembeni ellenállását meghatározó törésmechanikai jellemzők – a törési szívósság, a repedés kinyílás és a J integrál kritikus értékei – szerkezetre való átvihetőségének feltételeit és lehetőségeit, valamint a szerkezetek üzemelésre alkalmassága megítélésének kétkritériumos határgörbék szerinti módszereit foglalta össze. A szívós törés modelljeiről: a lokális törési kritériumok (pl. a fajlagos törési munka), az alakítási diagramok és a kontinuum-mechanika összefüggéseire alapozó ún. károsodási mechanika elveiről, valamint az üregképződéses modellekről Králics György, míg a rideg törés mikroszerkezeti modelljeiről – a Griffith-féltől a Ritchie–Knott–Rice- és a Beremin-modellekig – Lenkeyné Bíró Gyöngyvér (Tóth Lászlóval közös) előadása adott áttekintést. Végül a mikroheterogén fém-kerámia anyagokban a határ-

felületeken üregképződéssel terjedő törést leíró modellt ismertetett Fülöp Tibor (a Tisza Miklóssal közös) előadásában.

Összefoglalva megállapítható, hogy a szeminárium az együttgondolkodásra és a további együttműködésre ösztönző módon jó áttekintő helyzetképet adott a törést okozó károsodási folyamatok leírhatóságáról.

Beszámolómat azzal

zárom ami a szeminárium meleg hangvételű nyitóprogramja volt: Prohászka János akadémikus köszöntése és munkásságának, oktatói és közéleti tevékenységének méltatása 80. születésnapja alkalmából. A köszöntő szavakat és a jókívánásokat a tudóstársaság nevében Kozák Imre akadémikus, a MAB elnöke, az egyetem vezetősége nevében Páczelt István akadémikus, az ME rektorhelyettese és Cselényi József egyetemi tanár, az ME gépészeti dékánja, az ME mechanikai technológia tanszéki közössége nevében Tisza Miklós egyetemi tanár, a tanítványok nevében Tóth László egyetemi tanár, a Baylogi igazgatója tolmácsolta, majd a pályatárs, Pungor Ernő akadémikus köszöntötte az ünnepeltet, aki válaszában megköszönte a szakmai közösségek munkáját támogató együttműködését, a jókívánásokat és a kedves ajándékokat.

Lehofer Kornél

Prohászka akadémikus lapunk olvasóit is megisztelte *A rideg törés mikroszerkezeti vonatkozásai* (AL 1994/1. p. 3.) illetve a *Gépészet új anyagai* (AL 1998/3. p. 69.) című tanulmányainak közreadásával. Az Őt köszöntökhöz csatlakozva, olvasóink nevében is, jó egészséget és kiegyensúlyozott életet kívánunk további tudományos és közéleti munkásságához!

A szerkesztőbizottság



Prohászka János akadémikus 80 éves



„Egy hosszú és teljes élet munkásságát összefoglalni nehéz.” írja Millner Tivadarról való megemlékezésében Prohászka János (Magyar Tudomány 1989/9. száma).

Így van ezzel e cikk szerzője: Tóth László is, hisz az egykori aspiránsvezető életéből és tevékenységéből, illetve abból a milióból, amelyben ez formálódott a következő rövid írás csak szemelvényeket emelhet ki.

Az 1920. április 26-án, Budapesten született Prohászka János akadémikus életének és munkásságának vezérfonalát általában a következő két kifejezés jellemzi: **diszlokáció** és **technológia**.

A diszlokációkkal kezdve a szakmai életút rövid bemutatását, mint minden jelentős tevékenységben, az Ő életében is tetten érhetők az előzmények, a saját alkotások és a megszerzett tudás továbbadása.

Kezdjük az előzményekkel: A századelőn a szilárdtest fizika egyik központi kérdése a szervesetlen anyagok viselkedésének megismerése volt. Ezen irány megindulásában vitathatatlanul meghatározó szerepet játszott a röntgensugárzás felfedezése, amelynek jelentőségét érzékeltetheti az a tény is hogy az 1901-ben első alkalommal kiosztott Nobel-díjat W. Röntgen kapta. Az e területen végzett kutatások súlyát Max von Laue 1914-ben kapott Nobel-díja, majd Sir W. Bragg és Sir L. Bragg (apa és 27 éves fia) együttesen megkapott Nobel-díja is jelez. A '20-as évekre tehát megnyílt a lehetőség arra, hogy az anyagok rácsszerkezetét atomi szintekig megismerhessük. Nyitott volt még az anyagok alakváltozási folyamatának tisztázása, amelyhez az út a diszlokációk fogalmának bevezetésén keresztül vezetett.

Magyarország a diszlokációk elméletében nagyhatalomnak számított, hisz Orowan Egon (Budapest, 1902. augusztus 2. – Boston, 1989. augusztus 4.) és Polányi Mihály (Budapest, 1891. március 12. – Northampton, 1976. február 22.) a *Zeitstrift für Physik* ugyanazon számában, 1934-ben publikálta a diszlokációra vonatkozó elképzeléseit. Még ugyanebben az évben Orowantól és Polányitól függetlenül G.I. Taylor publikált közleményt a diszlokációkról. E három közleményre általában együttesen hivatkoznak a szakemberek, mint ahogy tette ezt Prohászka János is 1963-ban készített *Diszlokációk képződése a dendrites kristályosodás során* címmel benyújtott akadémiai doktori disszertációjában is. A diszlokációk geometriai leírásának alapjairól teljessé vált a kép 1939-ben, amikor J.M. Burgers bevezette a Burgers-vektor fogalmát.

Na, de ne ugorjunk ennyit előre, hiszen bizonyos előzmények nagymértékben meghatározzák az ember életét és pályafutását. A már hivatkozott Orowan Egont és Polányi Mihályt nemcsak hazánk, de Európa egyik első, a Hanaman Ferenc által az Egyesült Izzólámpa és Villamosági Rt-ben (1984-től Tungstram) 1918. április 19-én felállított kutató-laboratóriuma is összeköti. E laboratórium későbbi vezetője volt Pfeifer Ignác 1920 decemberétől, majd 1936-ban a vezetési feladatokat Bay Zoltán vette át. A részleg 1945-ben az Egyesült Izzólámpa és Villamosipari Rt. kutatóosztálya, majd 1950-ben Távközlési Kutatóintézet névvel működött tovább. A munkatársak között találhatjuk a már említett Polányi Mihályt és Orowan Egont mellett Bródy Imrét, Tarján Imrét, Tury Pált, Millner Tivadart is. Ez utóbbiak nevéhez a világszínvonalú, kripton töltésű, GK-volframspirálos izzólámpagyártás fűződik. A világszínvonalú eredmények elérését az Aschner Lipót teremtette kutatási körülmények biztosították. Aschner 1892. június 1-től haláláig, 1952. január 18-ig tevékenykedett az Izzóban, aki 1904-től aligazgató, majd 1921-től a cég vezérigazgatói posztját töltötte be. Az 1945 utáni tevékenysége korlátozott volt.

Prohászka János szakmai munkásságának formálódására Millner Tivadar (Pécs, 1899. március 7. – Budapest 1988. október 28.) volt háttérrel elsősorban a fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságainak

modern felfogása, a diszlokációs mechanizmusok szerinti tárgyalásával. Millner Tivadar volt az első hazánkban, aki a Mérnöktoábbképző Intézet keretein belül *A diszlokációk és a fémek technológiai tulajdonságai* címmel jegyzetet írt 1954-ben. *Fémfizikai alapismeretek* címmel 1952–55. között előadásokat tartott a Vasipari Kutatóintézet és a Fém-tani Kutatóintézet aspiránsai számára. Zárójelben jegyzem csak meg, hogy Millner Tivadarnak miskolci kötődése is van, hisz az 1961/62-es tanévben a *Fémfizika kohászati vonatkozásai* címmel tartott előadásokat a Kohómérnöki Karon, majd 1963-tól a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára lett.

A BME Gépészmérnöki Karán 1950-ben diplomát szerzett Prohászka János a Gazdasági és Műszaki Akadémián dolgozott mint tanársegéd, majd mint intézeti tanár.

1953-56 között Gillemot László aspiránsaként a Vasipari Kutatóintézetbe került, ahol anyagtudományi érdeklődése megerősödött. Ebben aspiráns vezetőjén kívül feltehetően Millner Tivadar korszerű anyagtudományi szemléletének is nagy szerepe volt.

1957-ben a *Titán hatása az acélban lezajló széndiffúzió sebességére és a betétben edzhető acélok tulajdonságaira* című disszertációval kandidátusi fokozatot szerzett. E témakör nyilvánvalóan a titánötvöztésű acélok hazai elterjesztésével kapcsolatos kutatások egyik irányát képezte. Ebben az időben a titánnal ötvözött, az Erzsébet híd újjáépítéséhez használni kívánt – változó eredményeket hozó MTA 52 típusú – acélok fejlesztése mellett az ötvöző további alkalmazási lehetősége is kiemelt kutatás volt. Prohászka János témája a betétben edzhető acélokhöz kapcsolódott.

Ez után a Híradástechnikai Kutatóintézetben (alapítva 1953-ban) a volfram technológiai és anyagszerkezeti kérdéseivel foglalkozik – az intézet munkatársa Millner Tivadar is –, majd az 1958-ban az MTA által alapított Műszaki Fizikai Kutatóintézet osztályvezetője – amelynek igazgatóhelyettese nyugdíjba vonulásáig Millner Tivadar –, ahol 1962-ig dolgozik. Ez idő alatt készíti el a már hivatkozott akadémiai doktori disszertációját. E periódust számos Millner Tivadarral közösen megjelentetett publikáció is fémjelez.

1962-től 1985-ig a BME egyetemi tanára, miközben az 1962-64 közötti periódusban *Ford-ösztöndíjjal* a Harvard egyetemen tölt egy évet, ahol egykristályok növesztésével és mechanikai tulajdonságaival foglalkozik Chalmers professzor mellett, aki ebben az időben az anyag-tudomány korszerű értelmezésének meghatározó egyénisége volt a világban.

1964-ben közreadja az első olyan magyar nyelvű egyetemi jegyzetet, amely a fémek szerkezetét és technológiai tulajdonságait a korszerű fémfizikai alapokon tárgyalja (Anyagszerkezeti ismeretek). E jegyzet a *Bevezetés az anyagtudományba* című tankönyv (1986) alapjául szolgál.

1970-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja lesz. Székfoglalóját a fémek szerkezetű anyagok várható fejlődéséről írja, amely a kristályhibákra vonatkozó ismeretek gyakorlati alkalmazásának mintapéldája, egyszerűbben fogalmazva az elmélet és gyakorlat szerves kapcsolata.

Ezzel térünk át az életút jellemzésére használt második kifejezésre, a **technológia** szóra. Áttekintve publikációit a technológia jelentőségét mintegy húsz közleményének címében is hangsúlyozza. Az akadémiai

székfoglaló mellett minden szakember ismeri az ún. „gyorshőkezelés” technológiájának bevezetésére tett erőfeszítéseit és eredményeit. Az 1970-es évek közepétől megjelent publikációiban folyamatosan követhetjük e technológiával elérhető eredményeket. Ha napjainkra tekintünk, akkor a technológia szó Prohászka János életében azt is jelenti, hogy fiának a cége állítja elő a hazánkban forgalmazott szikraforgácsoló elektródok 60%-át, természetesen a Prohászka János által kidolgozott technológiával.

Közben a BME Gépészmérnöki Kara Gillemot László vezette Mechanikai Technológiai Tanszékét és a Villamosmérnöki Kar Prohászka János vezette Anyagtechnológiai Tanszékét egy intézetbe vonták össze. Az Intézet igazgatója Gillemot László, helyettese pedig Prohászka János lett. Gillemot akadémikus 1977-ben bekövetkezett halála után az Intézet igazgatója Prohászka János 1985-ig.

1982-ben a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagjainak sorába választja. A székfoglalót a termodinamikai megfontolásoknak az anyagok tulajdonságainak leírásában való alkalmazhatóságáról tartja.

1967-ben a Magyar Tudományos Akadémia egy tanszéki kutatócsoport szervezésével bízza meg, amelyet a két tanszék egyesüléséig vezet, illetve Gillemot László halála után 1992-ig újabb irányít. Jelenleg is e tanszéki munkaközösség kutatóprofesszora.

A Magyar Tudományos Akadémia elnökségének tagja két alkalommal is: egyszer öt, egyszer hat éven keresztül. A MTA Műszaki Tudományok Osztályának elnöke 1994-99. között, amelynek ezt megelőzően hat évig elnökhelyettese.

Munkáját 1963-ban Akadémiai Díjjal ismerték el. Az USA-ban működő International Institut of Technology Rockwell-díjjal tüntette ki, Állami-díjat 1988-ban kapott. A Miskolci Egyetem 1996-ban fogadja díszdoktorává.

Tudományos közleményeinek száma a másfélszázat meghaladja. Ezek visszatükrözik az alkotói élet egyes periódusait.

Folytatás a 99. oldalról!

szerkezetű anyagok, illetve a belőlük készíthető elemek, például: érzékelők, chipek.

Monostori László professzor az Intelligens gépek és rendszerek című előadásában a gyártásautomatizálás fejlődésének főbb irányait – többek között hazai eredményekkel is illusztrálva – foglalta össze, amelyet alapvetően a számítógép(ek) különböző szintű rendszerbe szervezett alkalmazása jellemez, lehetővé téve a gazdaságos egyedi gyártást, az időtényező jelentős csökkentését, például a virtuális prototípus előállítás és elemzése révén, a gazdasági és a műszaki követelmények együttes értékelését és figyelembevételét, a minőség javítását és az emberi tényező szerepének optimalizálását az integrált gyártórendszerekben.

A párhuzamosan ülésező szekciókban és a hozzájuk rendelt posztereken bemutatott eredményeket a szekcióelnökök a következőképpen értékelték:

A *gépészeti alaptudományok* szekcióban az anyagtudomány dominált, elsősorban a szerkezeti acélok, fémötvözetek, kompozitok és polimerek tulajdonságjavító eljárásai, valamint a szimulációs módszerek felé fejlődő tribológiai vizsgálatok.

Az *energetika* szekcióban a kapcsolt energiatermelés, a villamosenergia-piac nyitása kérdéskör állt a vita középpontjában, illetve az ipari és a lakóházi energiaellátás tematikus esettanulmányai.

A *gépészeti informatika*, de a *gép- és terméktervezés*, a *gépgyártástechnológia* és *automatizálás* szekciókat is a tematikai sokszínűség, illetve a számítógépes modellezés, szimuláció és a virtuális módszerek alkalmazása jellemezte. A tervezésben terjed a rendszerben gondolkodás, az optimalálás és a teherbírási tartalékok kihasználása (a rugalmas-képlékeny határalakváltozásra való méretezés). Szaporodnak a kompozitok és a polimerek méretezéséhez az alkalmazási tapasztalatok.

A *folyamattervezés és környezetvédelem* szekcióban az utóbbi témaválasztása – csakúgy mint 1998-ban – még nem jellemző, nem a sú-

Végül egy kis közösség véleményét és saját élményemet szeretném a tisztelt olvasóval megosztani. :-)

A *kis közösség* Prohászka János három miskolci aspiránsa, Nagy Gyula, Tisza Miklós és jómagam. Mindhármunkat Romvári professzor úr irányított Prohászka Jánoshoz. Úgy hiszem mindhármunk nevében őszinte köszönet illeti Romvári professzor urat ezért. Időrendben Tisza Miklós volt az első, aki a nagyfrekvenciájú rezgésnek, az ultrahangnak a diszlokáció mozgás feltételeire gyakorolt hatásával foglalkozott. Időben én követhettem Prohászka akadémikus iskoláját, amelynek során a különböző diszlokációs mechanizmusokkal végbemenő ikerkristály képződés és a ridegtörés kapcsolatát vizsgáltam. Nagy Gyula barátom pedig a diszlokációs mechanizmusoknak a kicsiklusú fáradásban játszott szerepével foglalkozott.

A Prohászka János nevével fémjelzett kis közösség eredményét szimbolizálja az a tény, hogy a Miskolci Egyetem 1-es sorszámú habilitációs bizonyítványa Tisza Miklós professzoré és az 1-es számú Ph.D. dolgozat vezetője ugyancsak Tisza professzor volt. Nekem pedig az a szerencse adatott meg, hogy a Mechanikai Technológia Tanszék történetében elsőként védhettem meg nyilvánosan akadémiai doktori értekezést.

A Prohászka Jánostól kapott saját élmény valamikor 1976 nyarára datálódik, amikor két, könyvekkel teli bőrönddel a kezemben kora reggel az akkori Naphegy utcai lakására ballagtam. Ekkor láttunk hozzá a kandidátusi disszertációm irodalmi részének áttekintéséhez. Ennek kapcsán közvetlen vitáink során tudatosította bennem, hogy a szakmai kérdésekben csakis a tudás és nem a pozíció számít, illetve megértette velem, hogy a tudás megszerzéséhez kitartó, következetes, az embert megédesző munkára van szükség. Mint ahogy ezt Ő tette egész életében.

Mind az Őt 80. születésnapján ünneplő munkatársak, mind a közvetlen tanítványok és az előzőekben kiemelt kis közösség nevében kívánom Prohászka János akadémikusnak a most röviden ismertetett életút sikereinek folytatását és ehhez nagyon jó egészséget.

lyának megfelelően reprezentált. Elsősorban épületgépészeti, energetikai és áramlástechnikai feladatokkal foglalkoztak az előadások.

A *mérés- és mikrotechnika*, *finommechanika*, *optika* szekcióban viszonylag kevés téma szerepelt és a mérés- és mikrotechnika illetve a műszerfejlesztés dominált.

A részletek iránt érdeklődőknek a rendezvény lektorált, angol nyelvű kiadványát ajánljuk, de a különböző gépészeti és az anyagtudományi témakörökre szakosodott hazai folyóiratok figyelését is, mivel ezek folyamatosan közölni fogják a konferencián elhangzottakat.

Összességében tehát a konferencia tartalmas és színvonalas áttekintést adott elsősorban a rendező egyetem gépészeti K+F eredményeiről, mivel – a célkitűzéssel ellentétben – a konferencia az idén sem tudta meg a BME határait igazán országossá szélesíteni. Ezt tükrözi a társegyetemek és a főiskolák, illetve a hazai vállalatok K+F eredményeit bemutató előadások 12%-os, illetve 6%-os, továbbá a vállalatokkal közös előadások csekély, az 1998-as szinten maradt részesedése. A posztgraduális képzés erősödését jelzi viszont a doktorandusz előadók növekvő részvétele. Ám a hallgatóság soraiban csak elvétve akadt gyakorló gépészmérnök, azaz az iparban dolgozó gépészeket még nem sikerült érdekeltté tenni az új eredmények első kézből történő megismerésében, netán hasznosításában. Összefügghet ez a gazdaságunkról szóló plenáris előadásban is megemlített tényekkel: A multinacionális cégek a K+F tevékenységeiket – a néhány biztató és már sikeresnek ítélt kezdeményezés ellenére – még jellemzően nem hazánkban végzik, a hazai vállalatok többségére viszont ugyancsak még nem jellemző az önálló innovációval megalapozott versenyképesség. Ez utóbbi javítása – a kormányzati és az EU-programok nyújtotta lehetőségek jobb kihasználásával – mindannyiunk közös érdeke. Így a következő Gépészet 2002 konferencia tudósítója e téren is előrelépéssel számolhat majd be.

Lehofer Kornél

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2000/5. – 8. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

13 Környezet. Egészségvédelem. Biztonság

- MSZ EN ISO 4589-1-2:2000; Műanyagok. Az égési viselkedés meghatározása oxigénindexszel. 1. rész: Útmutató. 2. rész: Környezeti hőmérsékletű vizsgálat.
- MSZ EN ISO 5659-1:2000; Műanyagok. Füstképződés. 1. rész: Útmutató az optikai sűrűség vizsgálatához.
- MSZ EN ISO 7822:2000; Üvegtextilrel erősített műanyagok. A pórusterfogató meghatározása. Izzítási veszteség, mechanikai feldarabolás és statisztikai számlálási módszerek.

23 Általános rendeltetésű hidraulikus és pneumatikus rendszerek és egységek

- MSZ EN 976-1:2000; Föld alatti, üvegszál erősítésű műanyag (GRP) tartályok. Fekvő, hengeres tartályok kőolajalapú folyékony üzemanyagok atmoszférikus tárolására. 1. rész: Szimpla falú tartályok követelményei és vizsgálati módszerei.
- MSZ EN ISO 1461:2000; Tűzihorganyzással kialakított bevonatok kész vas- és acéltermékeken. Követelmények és vizsgálati módszerek.

25 Gyártástechnika

- MSZ EN 13100-1:2000; A hőre lágyuló műanyag félkész termékek hegesztett kötéseinek roncsolásmentes vizsgálata. 1. rész: Szemrevételezéses ellenőrzés.

59 Textil- és bőripar

- MSZ EN 12751:2000; Textilíák. Vizsgálathoz való mintavétel szálakból, fonalakból és kelmékből.
- MSZ EN 12562:2000; Textilíák. Paraaramid többszálal fonalak. Vizsgálati módszerek.
- MSZ EN ISO 13938-1-2:2000; Textilíák. Kelmék repesztési tulajdonságai. Hidraulikus (1. rész), illetve pneumatikus (2. rész) módszer a repesztőszilárdság és a repesztési kidomborodás meghatározására.
- MSZ EN ISO 1420:2000; Gumi- vagy műanyag bevonatú kelmék. A szakítószilárdság és a szakadási nyúlás meghatározása.
- MSZ EN ISO 105-J01-J02:2000; Textilíák. Színtartósági vizsgálatok. J01. rész: A felületi szín mérésének alapelvei. J02. rész: A relatív fehérség műszeres értékelése.
- MSZ EN ISO 13934-1-2:2000; Textilíák. Kelmék szakítási tulajdonságai. 1. rész: A legnagyobb erő és a hozzá tartozó nyúlás meghatározása sávmódszerrel. 2. rész: A legnagyobb erő meghatározása Grab-módszerrel.
- MSZ EN ISO 13935-1-2:2000; Textilíák. Kelmék és kész termékek varratszakítási tulajdonságai. A legnagyobb erő meghatározása varratszakadásig, sávmódszerrel (1. rész), Grab-módszerrel (2. rész).
- MSZ EN 12971-1-3:2000; Erősítőanyagok. Üvegtextil vágott szálak műszaki követelményei. 1. rész: Megnevezés. 2. rész: Vizsgálati módszerek és általános követelmények. 3. rész: Sajátos követelmények.
- MSZ EN ISO 10618:2000; Szénszál. A gyantával bevont fonalak húzási jellemzőinek meghatározása.

77 Kohászat

- MSZ EN ISO 7438:2000; Fémek. Hajlítóvizsgálat.

- MSZ EN ISO 7799:2000; Fémek. Legfeljebb 3 mm vastag lemez és szalag. Hajtogatóvizsgálat.
- MSZ EN ISO 12737:2000; Fémek. A törési szívósság meghatározása.

81 Üveg- és kerámiaipar

- MSZ EN 658-1:2000; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok mechanikai tulajdonságai szobahőmérsékleten. 1. rész: A szakítószilárdság meghatározása.
- MSZ ENV 1007-5:2000; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok. Az erősítőbetétek vizsgálati módszerei. 5. rész: A sokszálal pásmákon belüli szakítószilárdság és az elemi szálak szakadását eredményező fajlagos nyúlás eloszlásának meghatározása szobahőmérsékleten.
- MSZ ENV 12788:2000; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok mechanikai tulajdonságai nagy hőmérsékleten, semleges légkörben. A hajlítószilárdság meghatározása.
- MSZ ENV 12789:2000; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámiakompozitok mechanikai tulajdonságai nagy hőmérsékleten, légköri nyomáson. A hajlítószilárdság meghatározása.
- MSZ EN 993-5, -7, -14 és -15:2000; Tömör, formázott tűzálló termékek vizsgálati módszerei. 5. rész: A hideg nyomószilárdság meghatározása. 7. rész: A hajlítószilárdság meghatározása megnövelt hőmérsékleten. – A hővezető képesség meghatározása hőhuzaloz, kereszt elrendezésű (14. rész), ill. párhuzamos elrendezésű (15. rész) módszerrel.

83 Gumi- és műanyagipar

- MSZ EN ISO 179-2:2000; Műanyagok. A Charpy-féle ütési jellemzők meghatározása. 2. rész: Műszeres ütővizsgálat.
- MSZ EN ISO 489:2000; Műanyagok. A törésmutató meghatározása.
- MSZ EN ISO 4611:2000; Műanyagok. Nedves melegnek, vízpermetnek és sósködnek való kitétel hatásainak meghatározása.
- MSZ EN ISO 8256:2000; Műanyagok. Az ütte húzó szilárdság meghatározása.
- MSZ EN ISO 3673-1-2:2000; Műanyagok. Epoxigyanták. 1. rész: Megnevezés. 2. rész: Próbatetek készítése és tulajdonságainak meghatározása.
- MSZ EN ISO... Műanyagok. Fenolpor sajtolókeverékek (PF-PMCs) 14526:2000; Karbamid-formaldehid és karbamid/melamin-formaldehid sajtolókeverékek (UF- és UF/MF-PMCs) 14527:2000; Melamin-formaldehid por sajtolókeverékek (MF-PMCs) 14528:2000; Melamin/fenolpor sajtolókeverékek (MP-PMCs) 14529:2000; Telítetlen poliészter por sajtolókeverékek (UP-PMCs) 14530:2000; Epoxipor sajtolókeverékek (EP-PMCs) 15252:2000; Vinil-klorid homo- és kopolimer gyanták 1060:2000; Kemény poli(vinil-klorid) (PVC-U) fröccs- és extrúziós anyagok 1163:2000; Polisztirol (PS) fröccs- és extrúziós anyagok 1622:2000; Ütésálló polisztirol (PS-I) fröccs- és extrúziós anyagok 2897:2000; Lágyított poli(vinil-klorid) (PVC-P) fröccs- és extrúziós anyagok [2898:2000]; Sztiroil/akrilnitril (SAN) fröccs- és extrúziós anyagok [4894:2000]; Polikarbonát (PC) fröccs- és extrúziós anyagok [7391:2000]; Metil-metakrilát/akrilnitril/butadién/sztiroil (MABS) fröccs- és extrúziós anyagok [10366:2000]; 1.rész: Megnevezési rendszer és a műszaki követelmények alapja. 2. rész: Próbatetek készítése és a tulajdonságok meghatározása. 3. rész: Követelmények.
- MSZ EN ISO 1798:2000; Rugalmas polimer habanyagok. A szakítószilárdság és a szakadási nyúlás meghatározása.
- MSZ EN ISO 2440:2000; Rugalmas és merev porózus polimer anyagok. Gyorsított öregítési vizsgálatok.
- MSZ EN ISO 14126:2000; Szálerősítésű műanyag kompozitok. Nyomótulajdonságok meghatározása kétdimenziós irányban.

Tanfolyam típusa	Tervezett kezdés			
ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ, MINŐSÍTŐ ÉS ÚJRÁMINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK				
	1. fozozal	2. fozozal	2. f. újraminősítő	3. fozozal
Ultrahangos anyagvizsgáló (UT)	2000. 09. 25.	2000. 10. 24.	2000. 10. 24.	2000. 09. hó
Örvényáramos anyagvizsgáló (ET)	2000. 11. 27.	2000. 11. 27.	2000. 11. 27.	2000. 09. hó
Radiológiai anyagvizsgáló (RT)	2000. 09. 25.	2000. 10. 24.	2000. 10. 24.	2000. 09. hó
Mágneses anyagvizsgáló (MT)	2000. 11. 06.	2000. 11. 27.	2000. 11. 27.	2000. 09. hó
Penetrációs anyagvizsgáló (PT)	2000. 11. 10.	2000. 12. 04.	2000. 12. 04.	2000. 09. hó
Vizuális anyagvizsgáló (VT)	2000. 11. 15.	2000. 12. 11.	2000. 12. 11.	2000. 09. hó
Tömörsgéi anyagvizsgáló (LT)	2000. 10. 09.	2000. 11. 06.	2000. 11. 06.	2000. 09. hó
Rezgéselemző (VAT)	2000. 09. 18.	2000. 10. 16.	2000. 10. 16.	2000. 09. hó
Mechanikai anyagvizsgáló	2000. 10. 09.	2000. 11. 27.		
Metallográfiai anyagvizsgáló	2000. 10. 02.	2000. 11. 13.		
Színképelemző (SPT)	Létszámlfüggő	Létszámlfüggő		
NYOMÁSTARTÓ- ÉS TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK				
Tartályvizsgáló	2000. 10. 09.			
Tartályvizsgáló szakképesítést kiegészítő (C modul)	2000. 10. 16.			
Tartályvizsgáló újraminősítő	2000. 10. 24.			
Tartálytisztító	2000. 11. 13.			
Tartályjavító- és karbantartó	2000. 11. 27.			
Bányászati nyomástartóedény-vizsgáló	2000. 09. 25.			
Nyomástartóedény-gépész	2000. 11. 27.			
Nyomástartóberendezés-kezelő	Létszámlfüggő			
BIZTONSÁGTECHNIKAI KÉPZÉSEK				
Alapfokú sugárvédelmi	2000. 10. 02.			
Sugárzóberendezés-kezelő bővítető sugárvédelmi	2000. 10. 02.			
ADR	Folyamatosan			
Érintésvédelem szabványossági felülvizsgáló	2000. 11. 27.			
Tűzvédelmi tanfolyamok	Folyamatosan			
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI SZAKKÉPZÉS				
Minőségellenőr	2000. 11. 13.			
Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító (auditor)	2000. 11. 27.			
A minőség szabályozás statisztikai és egyéb eszközei	Létszámlfüggő			
TQM alapjai	2000. 11. 27.			
TQM a vezetők részére	2000. 11. 27.			
QS 9000	2000. 12. 11.			
ISO 9000 és ISO 9000:2000	2000. 11. 27.			
KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK				
Környezetvédelmi laboráns	2000. 11. 27.			
Környezetvédelmi szakfeladók	Létszámlfüggő			
Településhulladék-gyűjtő és -szállító	Létszámlfüggő			
EGYÉB TANFOLYAMOK				
Töltőállomás-kezelő, eladó	2000. 09. 18.			
Emelőgép-ügymintéz	2000. 09. 18.			
Építési műszaki ellenőr I.	2000. 11. 27.			
Építési műszaki ellenőr II.	2000. 11. 27.			
Szövegyszerkesztő (kezdő és haladó)	Folyamatosan			
Táblázatkezelő (kezdő és haladó)	Folyamatosan			
AutoCAD (kezdő és haladó)	Folyamatosan			

A tanfolyamok helye: AGMI Rt. Anyagvizsgáló Építéle (1211 Budapest, Gyepsor u. 1.) Szállást és étkezést igény szerint biztosítunk. **Tanfolyamokat kihelyezett formában is vállalunk.**
Erdéklődni lehet: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály, Gáspár Anila osztályvezető helyettes, Mikus Erzsébet oktatási menedzser
 1751 Budapest, Pf.: 114 Tel./Fax: 425-0761 E-mail: agmivig@malavnet.hu
SZERETETTEL VÁRJUK TANFOLYAMAINKON!

Zubonyai Edit
 Zubonyai Edit
 osztályvezető

ORSZAK BT.

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

Az ORSZAK BT. 2000 telén és 2001 tavaszán roncsolásmentes anyagvizsgáló (RmAv) tanfolyamokat szervez az eljárások széles skáláján mind az OKJ, mind az MSZ EN 473 szabvány követelményeit kielégítő tematikákkal.

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

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

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

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA:

Alpozó tanfolyam az 1. fozozatú RmAv-hez: 2000. szept. 18–19.; 2001. jan. 8–9.
Alpozó tanfolyam a 2. fozozatú RmAv-hez: 2000. okt. 30–31.; 2001. febr. 26–27.
Tömörsgévizsgáló LT-1: 2000. szept. 18–29.
Rezgéselemző VAT-2, az SKF Rt-vel együttműködve: 2000. okt. 2–13.; 2001. márc. 19–30.
Rezgéselemző VAT-1, az SKF Rt-vel együttműködve: 2000. nov. 20.–dec. 1.; 2001. máj. 7–18.
Mágnesezhető poros MT-1: 2000. szept. 20–28., vizsga: okt. 3–4.; 2001. jan. 10–12., vizsga: jan. 23–24.
Folyadékbehatolásos PT-1: 2000. szept. 26–28., vizsga: okt. 4–5.; 2001. jan. 15–17., vizsga: jan. 23–24.
Vizuális VT-1: 2000. szept. 29.–okt. 2., vizsga: okt. 5–6.; 2001. jan. 18–22., vizsga: jan. 25–26.
Ultrahangos UT-1: 2000. okt. 9–25., vizsga: okt. 25–26.; 2001. jan. 29.–febr. 14., vizsga: febr. 15–16.
Mágnesezhető poros MT-2: 2000. nov. 1–3., vizsga: nov. 15–16.; 2001. febr. 28.–márc. 2., vizsga: márc. 20–21.
Folyadékbehatolásos PT-2: 2000. nov. 6–8., vizsga: nov. 15–16.; 2001. márc. 5–7., vizsga: márc. 21–22.
Vizuális VT-2: 2000. nov. 9–13., vizsga: nov. 16–17.; 2001. márc. 8–12., vizsga: márc. 13–14.
Ultrahangos UT-2: 2000. nov. 20–29., vizsga: nov. 30.–dec. 1.; 2001. márc. 19–28., vizsga: márc. 29–30.
Kondicionáló tanfolyamok: MT-2, PT-2, VT-2 2000. dec. 4–8.; UT-2 2000. dec. 11–15.; és RT-2 2001. jan. 10–15.
A kondicionáló tanfolyamokat az 1995-96-ban 2. fozozatú vizsgát lelt kollégáknak ajánljuk. Ismerletjük az új vizsgálati szabványokat, eljárásokat és eszközöket. A tanfolyam a tanúsítványuk meghosszabbításához is hasznos segítség.
Tömörsgévizsgáló LT-2: 2001. febr. 19.–márc. 2.
Akusztikus emissziós AET-2 újraminősítő: 2001. ápr. 9–18., vizsga: ápr. 19–20.
LEGALÁBB HAT FŐ JELENTKEZÉSE ESETÉN INDULÓ TANFOLYAMOK:
 – Színképelemző, SPT-1 és SPT-2, – Akusztikus emissziós, AET-1 és AET-2; – Hőkezelő.
Vállalatok, társaságok részére kihelyezett tanfolyamokat, ill. speciális igények szerinti képzést is szervezünk. Vállaljuk szakmai napok szervezését is új termékek és eljárások bemutatására.

Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál Szűcs Pál
Dénes Gáborné Dénes Gáborné

Hazai rendezvények ez év őszén és 2001-ben

XIX. Hőkezelő és anyagtudomány a gépgyártásban orsz. konf. és kiállítás, október 10–12., Székesfehérvár. Felvilágosítást ad: dr. Tóth Tamás, tel.: (25)551-168, fax: (25)412-620.

TÖRMECH-VII., orsz. törésmechanikai szeminárium, október 18–20, Miskolc. A fő témakör: **szervezetek integritása.** A szeminárium titkarsága: Bay Zoltán Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet (3519 Miskolclapolca, Igló u.2.), Lenkeyné Bíró Gyöngyvér, tel.: 46-560-110, fax: 46-369-438, e-mail: lenkey@alpha.bzlogi.hu.

IX: Magyar Minőség Hét, november 6–9. Budapest, XIV: Stefánia út 34. Felvilágosítást ad: dr. Róth András, tel.: 465-6955; Neumann Emese és Czétény Istvánné, tel.: 456-6952.

II. Roncsolásmentes anyagvizsgáló konferencia, 2001. április 24–27., Eger, Hotel Flóra. A konferencia szlogenje: **Európai szabályozások hatása a roncsolásmentes anyagvizsgálóakra. Hol tartunk?** Felvilágosítást ad: Marovics titkarság, Dienes Erika, tel./fax: 276-511. Postacím: 1211 Budapest, Gyepsor u. 1. Az első körlevelet 2000 szeptemberében küldik.

Nemzetközi rendezvények 2000-ben

ECF-13 Fracture Mechanics: Applications and Challenges, San Sebastian, Spanyolország. 2000. szeptember 6–9. Cím: ECF-13 @ CEIT, Paseo de Manuel Lardizabal 15. 20018 San Sebastian, Spain. Fax: +34 943 213076; e-mail: ecf13@ceit.es.

The 14th Int. Conf. on Surface Modification Technologies, Párizs, 2000. szeptember 11–13. Cím: SMT 14 Secretariat, Congres Scientifiques Services Chantal IANNARELLI, 2, rue des Villarmains, 92210 Saint-Cloud, France.

Fax: +33 (1)47 719005; e-mail: c2s@club-internet.fr.
Structural Integrity in the 21st Century, Cambridge, UK. 2000. szeptember 19–21. Cím: Cheryl Gleave, Conference Secretariat, AEA Technology plc, Risleigh, Warrington, Cheshire WA3 6AT. UK.

Int. Symp. Materials Ageing and Life Management, Kalpakkam, Tamil Nadu, India. 2000. október 3–6. Cím: Dr. K. Bhanu Sankara Rao, Mechanical Metallurgy Division, Indra Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam 603 102, India.

Fax: +91 4114 40301/40360/40396. E-mail: bhanu@qcar.ernet.in.
15th WCDNT – World Conf. on Non-Destructive Testing, Róma, Olaszország. 2000. október 15–21. Cím: AlPdN, Via A Foresti, 5-25127 Brescia, Italy.

Tel.: +39 030 3739173. Fax: +39 030 3739176; e-mail: aipnd@mail.protos.it.
EUROMAT 2000 – Conf. on Advances in Mechanical Behaviour, Plasticity and Damage, Tours, Franciaország. 2000. november 7–9. Főtéma: összefüggések az anyag szerkezete és mechanikai tulajdonságai között. Cím: SF2M Société Française de Metallurgie et de Matériaux, Les Fontenelles, 1 rue de Craiova, F-92024 NAN-TERRE CEDEX, Tel.: +33(0)141020390, Fax: +33(0)141020388, E-mail: simm@wanadoo.fr.

ASTM Symp. Environmentally Assisted Cracking, Orlando, Florida, USA. 2000. november 13–15. Cím: Dr.R.D. Kane, InterCorr International Inc., 14503 Bammel North Houston Rd. Suite 300, Houston, TX 77014, USA. Fax: +281 4442046. E-mail: rdk@clihouston.com.

Hordozható keménységmérő készülék:

EQUOTIP[®]

Az első szabványosított
dinamikus keménység-
mérési elv és készülék



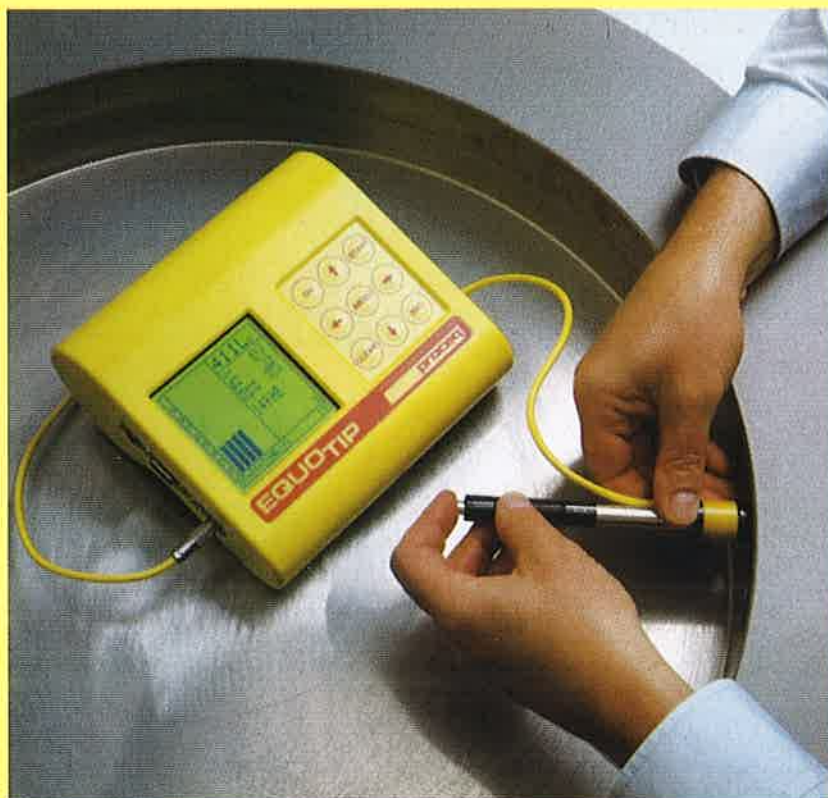
Megfelel
A 956-96
előírásainak



Az **EQUOTIP[®]** : svájci minőség,

ISO 9001

proceq



Az

EQUOTIP[®]

készülék használata új utakat
nyit a minőségbiztosításban a
más módon el sem végezhető
keménységmérési feladatok

- pontos
- statisztikusan értékelt
- dokumentálható
- gyors és megbízható
ellátásához.



Műszaki Elemző és Szolgáltató Részvénytársaság

1145 Budapest, Bosnyák utca 22.

Postacím: 1211 Budapest, Gyepsor utca 1.

Telefon/fax: 06 (1) 277-3855, E-mail: kvalifa@intranet.hu

CÉGÜNKRŐL RÖVIDEN

Cégünk fő profilja:

- roncsolásmentes anyagvizsgálat
- mechanikai vizsgálatok
- minőség-ellenőrzés
- minőségbiztosítás

A KVALIFA Rt-t magánszemélyek alapították 1999-ben,
három cég összevonásával
(Kvalifa Labor Bt., Iradex Bt., Kvalifa Műszaki Kft.).

Szakembereink ismert hazai és európai cégeknél
végzik munkájukat.

Cégünk rendelkezik akkreditált roncsolásmentes anyagvizsgáló
laboratóriummal, melyet a NAT 501/0678-as számon
jegyzett be.

Sok éves szakmai tapasztalatunk alapján
bármilyen vizsgálati probléma megoldására vállalkozunk.

Amennyiben sikerült felkelteni érdeklődésüket, kérjük, bizalommal forduljanak
hozzánk és keressék munkatársainkat az alábbi telefonszámokon:

(06-1) 2773855 – titkárság;

(06-1) 277-3855/2 mell. – laboratórium-vezető, műszaki igazgató;

(06-1) 277-3855/3 mell. – gazdasági igazgató

(06-1) 277-3855/4 mell. – vezérigazgató

Telephely: 1211 Budapest, Gyepsor utca 1.