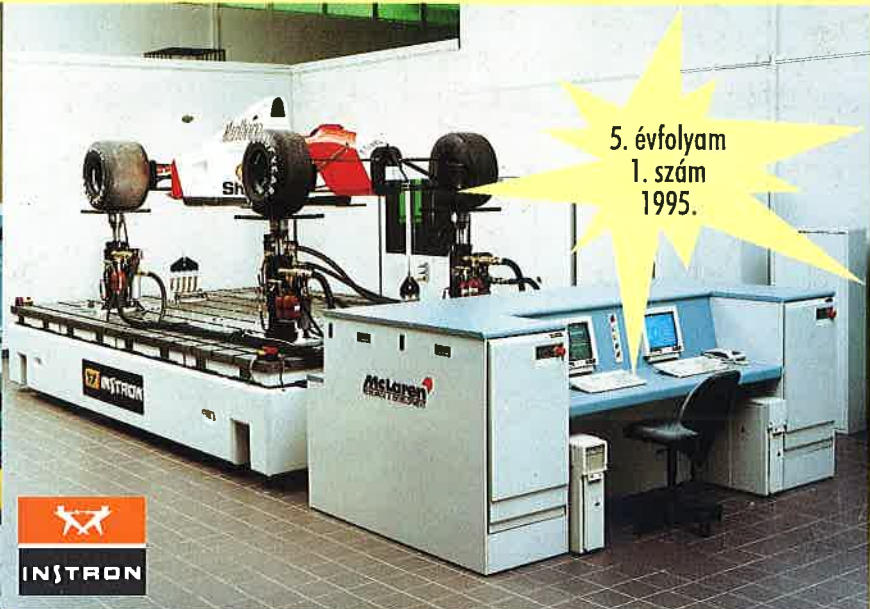


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



Az INSTRON anyagvizsgáló gépek jellemző típusai

Elektromechanikus húzó-nyomó gépek

Általános jellemzők:

- digitális keresztfej-vezérlés és sebesség-szabályozás
- kezelőpult digitális vezérlő és adatfeldolgozó egységgel
- a keresztfej mozgását és terhelését mérő érzékelők
- a próbatest megnyúlását vagy átmérő-változását mérő elektromechanikus, video- vagy lézer-extenzométer csatlakoztatható
- az erőmérés pontossága $\pm 0,01\%$, a nyúlásmérés pontossága $\pm 0,05\%$ a teljes mérési tartományban
- mindhárom mérőcsatornán az összetartozó értékek együttes való idejű megjelenítése, illetve RS 232 interfész kapcsolattal számítógépes adatfeldolgozás
- ± 10 V-os lineáris analog kimenő jel
- ármacsatlakozás: egyfázisú váltóáram 110 vagy 220 V, 47-63 Hz

Egyedi jellemzők

Típus	Max. terhelés (kN)	Kivétel	Keresztfejmozgás max. (mm)	Oszlopközi tér (mm)	Sebesség-tartomány (mm/min)	Tömeg (kg)
Mini 44	0,5	asztali	430 (660)	egyoszlopos	0,05 ... 1000	25
Mini 55	0,5	asztali	430 (660)	egyoszlopos	0,05 ... 1000	25
4411	5	asztali	1067	250	0,5 ... 500	136
4464	2	asztali	1135 (1635)	420	0,05 ... 2500	136
4465	5	asztali	1135 (1635)	420	0,01 ... 1000	136
4466	10	asztali	1135 (1635)	420	0,005... 500	136
4467	30	asztali	1135 (1635)	420	0,005... 500	182
4468	50	asztali	1170 (1800)	560	0,05 ... 500	288
4483	150	padlós	1220 (1500)	560	0,05 ... 500	500
4486	300	padlós	1133 (1700)	660	0,05 ... 250	1150
4488	600	padlós	1326	720	0,05 ... 300	2604
4502	10	asztali	1000 (1500)	405	0,05 ... 1000	136
4505	100	padlós	1079 (1336) (1500) (1800) (2200)	575	0,001... 1000	500
4507	200	padlós	1336 (1500) (1800) (2200)	575 (985)	0,001... 500	800
4508	300	padlós	1180 (1700)	660	0,005... 400	1150

Megjegyzés: a zárójeles paraméterűek külön rendelésre

Szervohidraulikus berendezések kétoszlopos merev terhelőkerettel

Általános jellemzők:

- 8500-as digitális vezérlő egység
- 32 bites függvénygenerátor
- tetszőleges terhelési jelalak
- erő és elmozdulás szerinti szabályozás
- külön csatornák a nyúlásadók jeleire és
- a nagy sebességű adatfeldolgozásra

Egyedi jellemzők

Típus	Dinamikus terhelés max. (kN)	Löklet (mm)	Belmagasság (mm)	Oszlopközi tér (mm)
8511 ⁺	± 18 ± 42	± 50	1515	664
8516 ⁺	± 100	± 75	1515	664
4493	± 600	± 250	1100	788
4495	± 1200	± 250	1000	788

⁺ Szervohidraulikus fázastoló berendezés különböző teljesítményű hidraulika tápegységgel: 10, 20 és 40 l/min, négyoszlopos terhelőkeretes kivitelben is; külön egyeztetéssel ± 3000 kN statikus és ± 2500 kN dinamikus terhelhetőségig.

Hidraulikus munkahengerek szervohidraulikus szerkezetfázastoló berendezésekhez

Általános jellemzők:

- labirint vagy hidrosztatikus csapágyazás
- szervoszelepek, erőmérőcellák és befogók széles választéka
- nyúlásmérők az elektromechanikus kivitelűtől a video-extenzométerekig
- vizsgáló kamrák - 100°C -tól $+ 1000^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletekre

Egyedi jellemzők

Dinamikus terhelés, (kN)	± 10	± 25	± 50	± 100	± 250	± 500
Löklet, (mm)	± 50				± 75	$\pm 50, \pm 125$

Kérjen részletes tájékoztatást a magyarországi képviselőtől

a **TESTOR**-tól

1538 Budapest XII., Törpe u. 8. Pf. 528. • Tel.: 155-9886 • Fax: 155-2618

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

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

Felelős szerkesztő:
dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

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

Szerkesztő:

Nagy Éva

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1995-re

(1-4 szám): 1.540,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, ill. postai utalványon, vagy átutalással, az EKB 219-93569/102 65701 számon. Az előfizető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

Hirdetések felvétele és kéziratok leadása a TESTOR BT címén, Nagy Éva szerkesztőnél.

Nyomda:



Felelős vezető: Szabó Lajos

Szedés-tördelés: PC-Print Bt.

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

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében
fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Beköszöntő

A kiadó, a Testor Bt. vállalkozásának és az anyagvizsgáló szakemberek összefogásának köszönhetően ötödik évfolyamába lépett az Anyagvizsgálók Lapja. Az idei 1. lapszámmal – eredményes és sikeres esztendő kívánva – köszöntöm Olvasóinkat, és mindazokat, akik talán a Magyar Regula '95 műszerkiállítás alkalmával vesznek részt először az újdonságokat bemutató és megvitató szakmai fórumainkon, író-olvasó-kiállító találkozóinkon.

Lapunk évadnyitó számát az Anyagvizsgálók Lapja Fórum témáit felvezető, illetve bemutató szakemberek cikkeiből szerkesztettük. Előadói és szakírói közreműködésükért ezúton is kifejezen hálás köszönetemet. Olvasóinknak pedig mellékelten átnyújtom fórumunk meghívóját, és aktív érdeklődésükre számítva, mindannyiukat, érdeklődő munkatársaikkal együtt, szeretettel várjuk. Örömlénk, ha ez alkalommal megismerhetnénk lapunkról alkotott véleményeiket, hasznosítható ötleteiket, bírálatokat egyaránt.

Hiszen célunk, hogy a csaknem száz éve alapított *Anyagvizsgálók Közlönye* által teremtett, és a negyvenes években kényszerűen megszakadt hagyomány értékszárait a ma igényeivel összekötve az anyagok szerkezetének és tulajdonságainak egységes szemléletével összefogjuk és tájékoztatassuk a különböző iparágakban anyagvizsgáló, minőségbiztosítási és állapotellenőrzési feladatokat ellátó szakembereket.

Létezésünk híre, ténye és lapunk néhány száma cikkíróink, hirdetőink és olvasóink révén külföldre is eljutott.

Ez évtől lapunk rendszeres melléklete lesz az *Instron rapport* hírlevél, amely a széles körben alkalmazott mechanikai vizsgálatokról ad rendszeres tájékoztatást.

Időről időre hírt adtunk a magfizika anyagtudományi vonatkozású híreiről is. Viszonzásul megkapjuk a *CERN Courier* (International Journal of High Energy Physics) folyóiratot.

Lapcsere kapcsolatot létesítettünk az angol *AEA Technology Library and Information Service*-vel, amely egyrészt betárolja a világ legnagyobb NDT-adatbankjába a lapunkban közölt roncsolásmentes vizsgálati témájú cikkeket, másrészt megküldi részünkre a National NDT Centre hírlevelét, a *QT-News-t*, (Quality Technology News), amelyből a szakterület újdonságait közvetíthetjük olvasóinkhoz.

Ez évben folytatjuk az *RmV-helyzetkép* rovatunkban a roncsolásmentes vizsgálati és állapotellenőrzési módszerek hibakimutató képességeinek felmérését.

A *műszeres analitikai* témájú cikkeket a jövőben *önálló rovatba* szerkesztve közöljük.

Örömmel fogadnánk, ha ki-kí a nemzetközi szakirodalomban olvasott újdonságokról, illetve konferenciákról a Szemle, illetve az Eseménynaptár rovatunkba rövid, figyelmet keltő híreket közvetítene – a forrás megjelölésével – szerkesztőségünkhöz.

Mindannyiunk érdekét, szakterületünk fejlődését szolgáló támogatásukat előre is megköszönve várjuk szerkesztőségünk címén lapunk bármely rovatába illő írásait, híreiket és hirdetéseiket is.

Szerkesszük továbbra is együtt az Anyagvizsgálók Lapját!

Tisztelettel:

Dr. Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

SZÁMÍTÁSTECHNIKA – COMPUTERTECHNICS – COMPUTERTECHNIK

R. A. Gregory: Integrált digitális laboratórium The integrated digital laboratory Das integrierte digital Laboratorium	3
---	---

RmV-HELYZETKÉP – NDT-REVIEW – ZfP-RUNDSCHAU

Dr. Berke Péter, Dr. Michelberger Pál: A megbízhatóság, a feszültséganalízis és a meghibásodások megelőzésének komplex egysége Complex unit of the reliability, the stress analysis and prevention of the failure Die komplexe Einheit der Zuverlässigkeit, der Spannungsanalyse und der Vorbeugung von Schädigungen	6
---	---

Dr. Tóth László: Szerkezetek integritása – Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága Integrity of the structures – Reliability of the NDT Strukturintegrität – Zuverlässigkeit der ZfP	8
--	---

Tóth Ferenc: Különleges örvényáramú vizsgálati eljárások Special eddy current testing methods Spezial Wirbelstromverfahren	11
---	----

HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN 15**KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTES, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN**

Hidasi István: A Mitutoyo érdességmérő-család Mitutoyo's roughness measuring instrument family Rauheitsmessgeräte von Mitutoyo	16
---	----

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Dobránszky János, Precskó József: Antimonos ólomrácsok szilárdságnövelése Increasing of strength of the battery grate made from Pb-Sb alloy Festigkeitssteigerung der Pb-Sb Legierungen von Akkumulatorsgitter	19
---	----

Major Zoltán: Dinamikus mechanikai anyagvizsgálatok mérés technikai problémái Measuring problems of the dynamic mechanical material testing Messtechnische Probleme der dynamischer mechanischer Materialprüfungen	21
---	----

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG

Domak Gábor: Gondolatok a tömörségvizsgálatról Thinks about the leak detection Gedanken über den Lechageprüfung	26
--	----

Holl Józsefné: A tartályszövetség céljai The aims of the vessel union Die Ziele des Behältersbund	26
--	----

Somogyi Sándor: Tárolótartályok: jogszabályi háttér és műszaki követelmények Storage tanks: background of law and technical requirements Behälter: Hintergrund des Recht und technische Anforderungen	27
--	----

Pákh Miklós, Dr. Róth András: III. Magyar Minőségi Hét 3rd Hungarian Quality Week III. Ungarische Qualitätswoche	28
---	----

MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE

Dr. Milch György: Spektrometria és spektrofлуориметрия alkalmazása a gyógyszeranalitikában Using of the spectrometry and spectrofluorimetry to analysis of medicine Anwendung der Spektrometrie und Spektrofлуориметrie für Analyse der Medizin	31
--	----

Dr. Szepes László: A nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) analitikai alkalmazása: biokromatográfia Using of the HPLC: the biochromatography Anwendung des HPLC: die Biochromatographie	34
---	----

Kissné Dr. Erőss Klára: Infravörös spektroszkópia az analitikai gyakorlatban és a molekulaszervezet-vizsgálatban Role of the infrared spectroscopy in the analytical practice and testing of the molecule structure Die Rolle der Infrarotspektroskopie in der analytische Praktik und der Strukturprüfung der Moleküle	38
--	----

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER	40
--	----

Az integrált digitális laboratórium

R. A. Gregory*

Bevezetés

Az autópárhazban a verseny kiélezett. Az új jármű tervezési költségei gyorsan növekednek és a korábbinál nagyobb a nyomás, hogy új termékekkel jelenjenek meg a piacokon. Ugyanakkor a járművel kapcsolatos biztonsági követelmények szigorúbbak és a jármű használata során bekövetkező hibákból eredő perkköltségek egyre nagyobb korlátot jelentenek. Ennek következtében valós igény merült fel, hogy az új termékek iránt gyorsan bizalmat lehessen teremteni. Ezt azonban csak úgy lehet elérni, ha a termék tervezési és fejlesztési szakaszainak hatékonyságát mindenre kiterjedően javítjuk.

Az autópárhaz még mindig drasztikus változásokat él meg abban, ahogy az alkatrészekről gondoskodik. Szakosodott alkatrész-beszállítók juttatják el a jelentős gyártóknak az összeszereléshez szükséges egységek többségét. Úgy tűnik, hogy ezen alkatrészek minőségi felülvizsgálata nagyon fontos kihívást jelent mind a beszállítóknak mind a gyártóknak. Tudatában vannak a használatban bekövetkező termékhiba lehetséges következményeivel. Ezért ma az ipar számára kulcsfontosságú feladat a következetes és megbízható vizsgálati módszerek kidolgozása az alkatrész-beszállítók számára.

A hosszabb üzemi élettartam, a jobb biztonsági és járműgazdaságossági követelmény komoly igényt támaszt a jobb alkatrésztervezés iránt, mely új és könnyebb anyagokat használ fel. Ez a fejlődés iránti erőteljes igény, önmagában is megnehezíti a tervezés időszakában annak pontos előrejelzését, hogy az új termék mennyire lesz alkalmas a felhasználásra. A legújabb CAD-rendszerek képesek gyors szerkezeti elemzésre, de a legtöbb feltételezés egy teljes szerkezetről készül és így még mindig nagyon kétséges a folyamat pontossága az elméleti tervtől kezdve a prototípusig. Emiatt az alkatrész üzemi feltételeinek laboratóriumi szimulációja elengedhetetlen marad a termék megbízhatóságának bizonyítására. A pontos és megismételhető vizsgálati módszerek fejlesztése nagyon fontos követelmény marad ahhoz, hogy a termék elfogadásának folyamatát felgyorsítsuk.

Digitális integrálás

A modern digitális technológia alkalmazása lehetőséget teremt az említett célkitűzés tényleges megvalósítására. A legújabb Instron szerkezetvizsgáló berendezéseket külön azzal a céllal tervezték, hogy a vizsgálati folyamat hatékonyságát javítsák. Ezt új digitális technológia integrálásával érték el annak érdekében, hogy időt takarítsanak meg és az alkatrész üzemi feltételeinek reális szimulációját biztosítsák.

Egy ilyen szerkezetvizsgáló berendezés egyikével a Forma 1 versenyautók konstrukcióját ellenőrzik, (lásd a címloldali fotón).

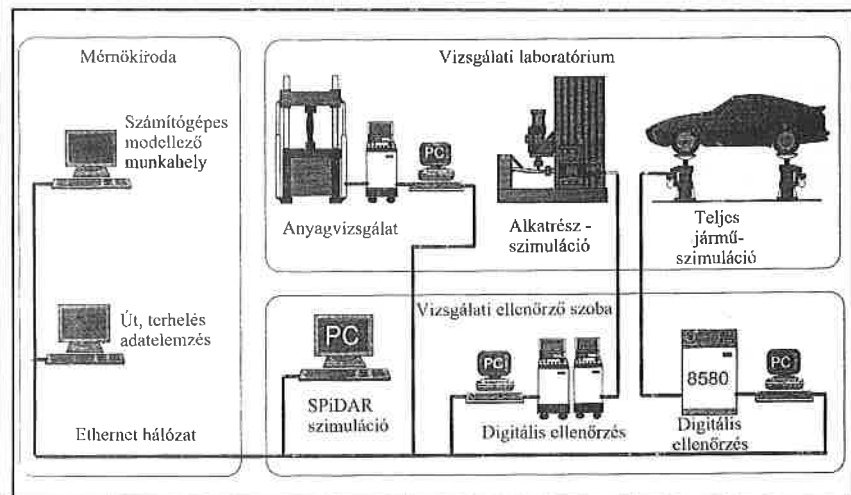
Az Instron digitális elektronikája, kombinálva a PC hardverrel és szoftverrel lehetővé teszi, hogy a vizsgált rendszer üzembe állításához szükséges időt jelentős mértékben csökkentsük, ugyanakkor biztosítsuk a szükséges adatokat és elemezzük az eredményeket. A jobb kommunikáció, a nagyobb pontosság és a valódi üzemi feltételek megismételhető alkalmazása a legfontosabb előnyök a vizsgált alkatrész esetében, melyekkel a digitálisan integrált vizsgálati laboratórium rendelkezik.

Az Instron elektronikát a PC környezetben belül egy nagy sebességű IEEE interfésszel lehet integrálni. Ez a közvetlen digitális kommunikációs rendszer lehetőséget teremt egyidejű számítógépes irányításra, adatszerzésre és grafikus kijelzésre. A számítógéphez csatolt Ethernet LAN (hálózati kártya) lehetővé teszi a szerkesztési feladaton belül a számítógép és más számítógépek közötti információ átvitelét.

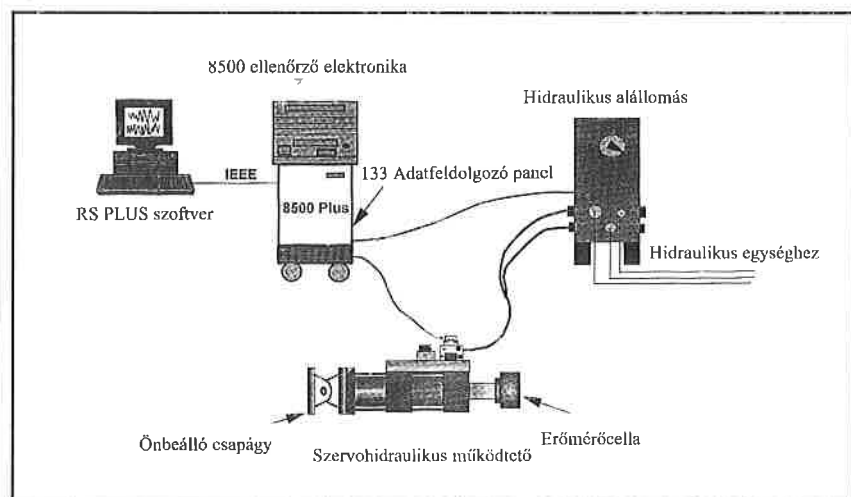
A modern digitális technológiák integrálása olyan rugalmasságot biztosít, amely jelentős mértékben javíthatja a termék elfogadásának a folyamatát. A digitálisan integrált vizsgálati laboratórium diagramja az 1. ábrán látható.

Digitális ellenőrzési rendszer

Az Instron 8500 digitális elektronika bevezetése a vizsgálati iparba jelentős áttörést jelent. Azonkívül, hogy a meglévő analóg szabályzókkal azonos jellemzői vannak, a 8500 sok más fejlett funkcióval is fel van szerelve. Időmegtakarítási célból lehetővé teszi az automatikus jelátalakító kalibrálását, a mérés határ kiválasztását és a hurokforma-képzést. Ezek a jellemzők kombinálva a 8500-as típus állandó amplitúdó ellenőrzésével, csúcsérték rögzítési lehetőségével, a többszörös határérték védelmével csökkenteni fogják a szükséges vizsgálatok mennyiségét, a vizsgálat időtartamát, miközben növelik a vizsgálati eredmények iránti bizalmat.



1. ábra. Integrált digitális vizsgálati laboratórium



2. ábra. A 8500-as számítógépes ellenőrző rendszer

* építőmérnök, az I.Mech.E. tagja; Instron Ltd.

Ha egy vizsgálat megismétlése valamikor későbbi időpontban szükséges, úgy a 8500 használható a vizsgálati paraméterek (P.I.D. értékek, jelátalakítók kalibrálása, funkció generátor feltételei, határérték beállítások stb.) tárolására. A vizsgálati feltételek pontos reprodukálása ezután egyszerű, mivel ezek a paraméterek a felhasználói kódnevvel visszahívhatók. A vizsgálati paramétereket lehet tárolni helyileg az 8500-ban vagy a számítógép memóriájában. A 8500 a számítógéppel együtt egy teljes egység a jel előállítására, az adatok gyűjtésére és elemzésére, (lásd 2. ábra).

Amikor a 8500 vezérlő egy számítógéphez az IEEE interfészen keresztül kapcsolódik, lehetséges a vizsgálat ellenőrzése valamint az adatok folyamatos felvétele. Az ellenőrző jelátalakítókra kívül adatokat lehet nyerni nagy sebességgel más jelátalakítótól (nyúlás- és feszültségmérők, gyorsulásmérők stb.) és az információt közvetlenül el lehet juttatni a számítógéplemezre. Az adatfeldolgozási képesség ezen bővítését egy választható adatfeldolgozási kezelőpanelen keresztül lehet megvalósítani, mely közvetlenül az 8500-as egységhez kapcsolódik. Külső beállításokra, valamint más védő szűrőkre nincs szükség a jelátalakítónál, mivel ezen lehetőségek a kezelőpultban megtalálhatók és a számítógépről digitálisan címezhetők. A rendszer kiküszöböli az olyan hagyományos vizsgálati műszerek többségének a szükségességét, mint az erősítők, mérésialapparaméter-beállítások, grafikus adatrögzítők, szűrők stb.

Vizsgálati automatizmus

Az Instronnak egy sor számítógép szoftvere van különböző alapanyagok vizsgálatához és szerkezetvizsgálati alkalmazásokhoz. Az új szerkezetvizsgálati szoftver lehetővé teszi a vizsgáló mérnök számára, hogy automatikus vizsgálati módszereket tervezzen és fejlesszen. Az olyan vizsgálati módszerek, melyekbe a 8500-as vizsgálati paraméterek és a teljes vizsgálat lefolytatásának menete is beletartozik, a számítógépen határozatlan időtartamig megőrizhetők. A teljes, rögzített vizsgálati eljárás ezután a jövőbeli alkalmazáshoz rendelkezésre áll.

Az Instron ellenőrző szoftvert (RS PLUS) arra tervezték, hogy valós üzemi adatállománnyal működjön. Az adatokat a formák széles skáláján lehet kezelni, hogy az információt más ipari szabványos szoftverek használatával is fel lehessen dolgozni. Az RS PLUS-t arra tervezték, hogy gyorsan olyan programokhoz lehessen kapcsolni, mint a Prosig DATS vagy nCode szoftver a jelalak elemzéséhez, valamint műveletek végzéséhez, megjelenítéséhez és kinyomtatásához az EXCEL vagy LOTUS 123 környezetben.

Az Instron RS PLUS szoftvernek van egy LEARN/EXECUTE lehetősége, amely lehetővé teszi, hogy az említett ipari szabványos számítógép-programok egy automatikus vizsgálat-sorozat részeként váljanak. A vizsgálat során például lehetséges lesz az adatok rainflow módszer szerinti ellenőrzése és időről időre az éppen

vizsgált alkatrésze vonatkozó meghibásodási analízis lefolytatása. Képzeljük el például egy hűtő rázóvizsgálatát. Ez egy RS PLUS alkalmazásával egyszerű lesz, amely a Prosig DATS vagy nCode szoftverrel együtt működik, ugyanis az EXECUTE eljárás beindítása után automatikusan a következő feladatok végrehajtása történik:

1. Vigyen át egy üzemi gyorsulási adatállományt egy a hálózaton lévő számítógépről a vizsgálatot ellenőrző számítógépre.
2. Alakítsa át az üzemi adatállományt Prosig vagy nCode formára és készítse el a szükséges sűrűségfüggvény (ASD) grafikonját.
3. Használja a DATS-t az üzemi adatállomány kétszeres integrálására, hogy pozíció működtető jelet kapjon a működtető munkahengerhez.
4. Használja a pozíció működtető jelet az alkatrésznél és egyidejűleg képezze a gyorsítási válaszjeleket a 8500 nagy sebességű adatfeldolgozó panel használatával.
5. Alakítsa át a válaszadatokat Prosig vagy nCode formává és készítse el egy diagramot a kapott ASD-ről, hogy összehasonlíthassa az eredeti ASD-val.

A gyakorlatban természetesen szükség lehet ezen eljárás többszöri megismétlésére ahhoz, hogy elfogadható működtető jelet kapjunk, de ez egyetlen billentyű lenyomásával elvégezhető, ha a vizsgálati eljárást lemezen már elmentettük.

A LEARN/EXECUTE lehetőségnek ilyen alkalmazása biztosítja a vizsgálati eljárás teljes mértékű automatizálását. A sorozatot ki lehet bővíteni annak érdekében, hogy a szükséges számítási rutin műveleteket is elvégezzük, valamint EXCEL vagy LOTUS 123 adatbázis-szoftver használatával lehetséges a diagramok automatikus elkészítése, illetőleg a vizsgálati jelentések megírása. Azzal, hogy lehetővé tesszük, hogy a vizsgálat-sorozat más szoftver – csomagokat is magába foglaljon, a rendszer rugalmassága a vizsgálati rutin-feladatokra valóban korlátlanul válik.

Információ és kommunikáció

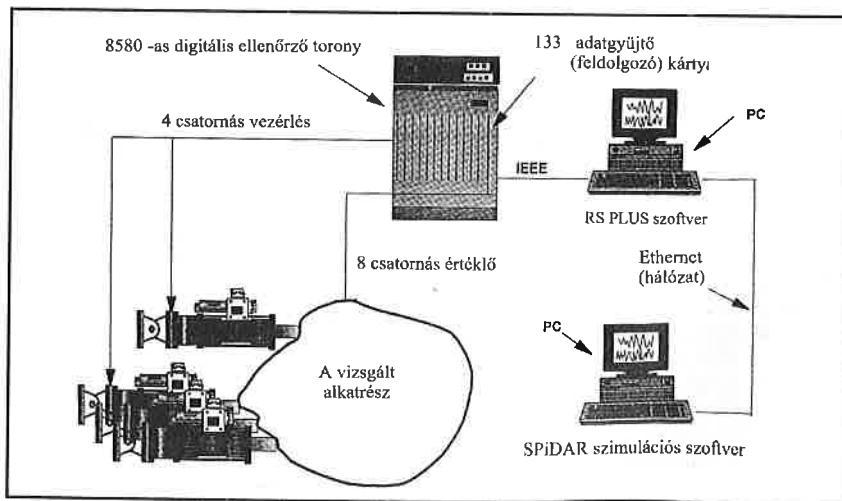
Az Ethernet hálózat további lehetőségeket biztosít az információ-átadáshoz és a vizsgálat felügyeletéhez. Lehetséges a vizsgálati viselkedés folyamatos figyelemmel kísérése egy helyi vizsgálatirányító szobából vagy egy távoli irodából. Ha a vizsgáló mérnöknek számítógép van az íróasztalán, időnként bekapcsolódhat egy vizsgálati ellenőrző számítógéphez és megtudhatja, hogy a vizsgálat hogyan halad. Ezután továbbíthatja a megszerzett adatokat egy távoli VAX számítógépre és saját számítógépét terminál emulációs módban használva a VAX-on végrehajlja az adatok elemzését. Itt azt feltételezzük, hogy a VAX-ot központi számítógépként használhatjuk, amelyhez kifaradás- és károsodáselemzési szoftver is van.

A hálózatban meglévő különféle szoftverekhez kapcsolódás a jelfeldolgozáshoz és a kifaradás elemzéséhez még további lehetőség a vizsgáló mérnök számára. Mindez megkönnyíti a termék fejlesztési folyamatához szükséges technológiák teljes spektrumának megértését.

Szimulációs vizsgálat

Az Instron rendszer egyaránt lehetővé teszi egy vizsgálat egyszerű manuális vezérlését (lefolytatását) a 8500 elülső, kezelő lapján keresztül, vagy összetett többszámításos szimulációs vizsgálat lefolytatását a számítógépen rögzített üzemi adatállomány felhasználásával. A többszámításos vizsgálatoknál a 8500 kézi vezérlés interfész panelje eltávolítható, és a beállítási funkciók a számítógép képernyőjén megjeleníthetők.

A termék feltehetőleg legfontosabb jellemzője, hogy alacsony költségű „rabszolga szimulációs” lehetőséget biztosít. Ez az a képesség, amely a számítógépet egy többtengelyű szerkezet ellenőrzésére használja olyan gerjesztő elemekkel terhelve, amelyeket egy távoli számítógép generál, amelynek átviteli funkció-korrekciós szoftverje van, (lásd 3. ábra).



3. ábra. A 8580-as ellenőrző rendszer

Amikor, például egy alkatrész tönkremegy egy teljes jármű szimulációs vizsgálata során, néha kíváncsi, hogy az alkatrész fejlesztését egy kisebb, független vizsgálati rendszeren folytassák. Műtán a kisebb vizsgálati rendszert összeszerelték és munkába állították valószínű, hogy a gerjesztő elemeket a különféle dinamikus feltételeknek megfelelően korrigálni kell. Ilyen körülmények között az Instron szoftver lehetővé teszi a gerjesztési adatok és a megszerzett adat-állományok átvitelét a központilag elhelyezett ismétlődő szoftverhez (SPIDAR, RPC, ITFC, vagy ICS) és az így korrigált gerjesztési adatok visszavételét.

Az egész folyamat egy számítógépről ellenőrizhető a vizsgálat berendezés helyéről. Ha egy szerkezetre a vizsgálati eljárást iterációval meghatározták, akkor ez is eltávolítható, hogy a jövőben egy hasonló szerkezet vizsgálatához felhasználhassák. A szimuláció bővíthető, hogy egy laboratóriumon belül korlátlan számú vizsgálathoz a központilag elhelyezett átviteli funkciókorrakciók szoftvert használhassák az automatikus gerjesztés generálására.

Új technológia alkalmazása

A bemutatott rendszerrel az alkatrészek többsége a helyszínen rögzített üzemi terhelési program felhasználásával vizsgálható a szinuszos vagy a véletlenszerű terhelés helyett. Ez különösen a többtengelyű vizsgálatoknál fontos, ha igazán reprezentatív feszültségeloszlást kell elérni. Az utóbbi időben van egy olyan tendencia, hogy statisztikailag létrehozott véletlen ter-

helési sorokat használjanak az alkatrészek vizsgálatához. Ez részben azért következett be, mert a valós üzemi adatok alternatív használata túl drága volt. Az új digitális technológiával ez már nem igaz. Ma kevésbé drága a valós üzemi terheléstörténetet használni, mint a mesterséges terhelési programokat.

A blokkterhelési vagy véletlenszerű terhelési sorozatok többtengelyű vizsgálatához való használata általában kompromisszum. Ezeket a módszereket a múltban fogadták el, mert a gerjesztési jeleket rendszerint szabályozni lehetett, amíg a károsodás a szerkezetnek csak egy pontján reprodukálható. Gyakran a szerkezet maradék része nem volt megfelelően terhelve, mert nem volt megvalósítható a gerjesztési jelek fázisához és amplitúdójához szükséges változtatások elvégzése. Sok olyan példát ismerünk, amikor a véletlen terhelési és a blokkterhelési módszerek nem bizonyultak reprezentatív terhelésnek és ezért nem tudták az üzemi hibák bekövetkezését előrejelezni.

Egy okot, hogy ez miért történik így, megvizsgálhatunk. Feltételezzük, hogy egy családi autó felfüggesztési rendszerét sikeresen megvizsgálták majd módosították azt, hogy ugyanezt a járművet sportosabb változatban is használni lehessen. Ha a tervet megváltoztatják, hogy növeljék a terhelhetőséget és a merevséget, jogos feltételezni, hogy a módosítás a felfüggesztés dinamikai jellemzőit is meg fogja változtatni, és a jármű viselkedését is befolyásolni fogja. Amikor az autó kátyúba kerül vagy járdaszegélybe ütközik, az újonnan tervezett felfüggesztésre is nagyobb erő hat. Mivel nem tudhatjuk, hogy az új erők milyenek lesznek, világos, hogy helytelen

az eredeti terhelési sor használata az újratervezett alkatrész vizsgálatánál. Nehéz az olyan körülmények vizuális bemutatása, ahol a szabványosított véletlen sorok a gyakorlatban alkalmazhatók a többtengelyű vizsgálatokhoz. A legjobb módszer egy új tervezési alkatrész bármely lehetséges gyenge pontja kimutatásához az alkatrész olyan szimulációs vizsgálata, amelyhez az újból felvett üzemi terhelési programot használják.

Következtetések

Az alkatrész kifáradásának laboratóriumi szimulációja ma már nem drága eljárás. Az új digitális technológia lehetővé teszi az üzemi adatok egyszerű alkalmazását és kiküszöböli a statisztikusan generált gerjesztő jelek iránti igényt. Mivel az üzemi adatok használata csökkenti a bonyolultságot és javítja a pontosságot, az alkatrész szimulációs vizsgálata sokkal költségkímélőbb eszköze az üzemi hibák korai előrejelzésének.

Biztos, hogy egy vizsgálati laboratórium hatékonysága tovább javul majd az integrált digitális termékek fejlesztésével. A számítógépes technológia gyors fejlődése érdekesebbé teszi majd a mérnök életét és jobb kommunikációt biztosít.

A modern digitális technológiával felszerelt laboratórium növeli a vizsgálat hatékonyságát, és a tervezés, fejlesztés és vizsgálati funkciók teljes integrációját teszi lehetővé.

951 005 152

Az INSTRON cégtörténete

Anyagvizsgáló gépek, berendezések, rendszerek gyártása terén az **INSTRON** név ma már a világ legnagyobb, legkiterjedtebb gyártó és vizsgálati kapacitással rendelkező vállalkozását jelenti. Az eredeti, Amerikában a második világháborút követően alapított céget 1960-ban követte Európában (angliai székhellyel) az **Instron Corporation**, amely elsősorban elektromechanikus, valamint szervóhidraulikus anyagvizsgáló eszközöket gyárt.

A székhely **High Wycombe**, Londontól nem túl távol eső kíváros, ahol a vizsgálati gépeket tervezik és gyártják az európai vevőkör számára ma is. Néhány számadat, mely bizonyítja, az Instron Corporation Európában a maga területén valóban a legnagyobb vállalkozás: több, mint 500 alkalmazott, a vevőinek száma meghaladja a 20 000-et, berendezései megtalálhatók a világ több mint 45 országában. Berendezéseit 85%-ban exportálja, melynek háromnegyed része a nyugat-európai országokban talál gazdára.

Az utóbbi évtized jelentős változásokat hozott az Instron életében. Az egyre inkább prosperáló vállalkozás terjeszkedni kezd, melynek első jelentős állomása 1989, mikor is az elsősorban magas hőmérsékletű vizsgálati kamráinak gyártásáról ismert **Severn Furnaces** (SFL) az Instron részévé válik. Ugyanezen évben vásárolja fel a laboratóriumi információs rendszerek, elsősorban adatfeldolgozó szoftver terén a vezetők közé tartozó **Laboratory Microsystems, Inc.** (LMS) céget.

1993. január 1.: újabb terjeszkedés; az USA-ban megvásárolja a **Wilson Corporation**-t, mely vállalkozás az amerikai piac többségi tulajdonosa a keménységvizsgáló berendezések eladásá és szervize területén. Az ügylet révén az angliai székhelyű **Rockwell Hardness Testers Ltd.** is az Instron részévé válik, mely révén az európai piacon is vezető pozíciót szerez magának. Ugyanezen évben szerzi meg a német érdekeltségű **Amsler Otto Wolpert GmbH**. többségi tulajdonát, így a keménység-

vizsgáló berendezéseken túlmenően a gyártási profil tovább szélesedik: koptató berendezések, rugóvizsgáló gépek, ütőmunka meghatározására alkalmas eszközök. Ezzel az utolsó lépést is megtette az Instron a teljes választékhoz vezető úton, hogy mindazon eszközöket, berendezéseket, és azok működtetéséhez szükséges szoftvereket saját gyártó kapacitásából tudja ajánlani mindazoknak, akik korszerű anyagvizsgáló laboratóriumot kívánnak berendezni, üzemeltetni.

Talán nem is szükséges külön említeni, hiszen ma már a világpiacra ez megszokott, az Instron 1992-ben lépett azon gyártók sorába, akik rendelkeznek az ISO 9000 szabványsorozat előírásainak megfelelő követelményekkel. Mindezek tükrében nyugodtan állíthatjuk a berendezéseket üzemeltetők számára, hogy az Instron cégnél minden lehetőség adott a világpiacra versenyképes termék kialakítására, és a megbízható, korszerű berendezések gyártására.

Az INSTRON vállalkozás magyarországi képviselője 1995. január 1-től a TESTOR. Várjuk minden kedves ügyfelünket, mindazokat, akik valaha is vásároltak, vagy szeretnének Instron eszközt vásárolni, és szakmai tanácsadással segítünk a megfelelő berendezés, eszköz kiválasztásában, és természetesen új készülék vásárolása esetén az eszköz szállításon, üzembe helyezésén túlmenően biztosítjuk azok teljes körű garanciáját.

Tisztelt Olvasóink!

Az Instron céggel kötött megállapodásunk alapján az **Anyagvizsgálók Lapja** rendszeres melléklete lesz az **Instron** **rapport** kiadvány, amelyből tájékozódhatnak a vizsgálati technológiájuk legújabb alkalmazási lehetőségeiről és eredményeiről.

A megbízhatóság, a feszültséganalízis és a meghibásodások megelőzésének komplex egysége

Dr. Berke Péter – Dr. Michelberger Pál

A mérnöki tevékenység egy olyan folyamatos kompromisszum keresése, amely során – maradva a tervező, üzemeltető gépészmérnöki praktikumnál – egy alapkoncepció megvalósítása folyamán különböző lehetőségek közül választva jutunk el a megfelelő színvonalú versenyképes termékig/szolgáltatásig.

A **megbízhatóság** egy olyan általános diszciplína, amely mind a mérnöki, mind pedig a nem mérnöki tevékenység során a kiindulási ponttól, azaz a tervezés kezdetétől a termék/szolgáltatás végső stádiumáig szem előtt tartandó; a **meghibásodás megelőzése** az a tudatos tevékenység, amely szorosan csatlakozik a megbízhatósághoz, keresve a nem valószínű események bekövetkezésének megelőzését is; míg a **feszültséganalízis** egy olyan módszer lehet, amely adatot szolgáltat mind a megbízhatósághoz, mind pedig a meghibásodás megelőzését szolgáló tevékenységekhez.

A megbízhatóság

Bár nyilvánvaló, hogy vannak ennél precízebb megfogalmazások is, a megbízhatóság alatt általában a hibamentes üzem valószínűségelméleti megfogalmazását értjük.

Ahhoz, hogy konkrét esetekben értelmezzük a megbízhatóságot, annak számszerű értékét, nyilvánvaló, hogy igen gondos analízisre van szükségünk, beleértve az egyes, működésben résztvevő elemek soros, párhuzamos, vagy vegyes kapcsolódását.

Természetes az is, hogy bizonyos területeken a mérnöki tudományok – szakmánknál, azaz a járműgépészetnél maradva – olymértékben előrehaladtak, hogy egyes gépelemek meghatározott igénybevételi szempontból való megbízhatósága mondhatni megoldott. Példának említhetnénk egy belső égésű motor főtengelyét, amely törés szempontjából kellően megbízható, ugyanis főtengelytörések, üzemeltetésből adódóan, elhanyagolható gyakoriságúak.

E példa rögtön generalíja azt a kérdést, hogy ezek szerint a főtengely méretezése kellő precízitást, vagy esetlegesen az előző gyártási fázisok olyan megbízhatóak, hogy a hiba – például anyaghiba – kiküszöbölhető, illetve talán maga a gépelemünk a túlmelegedett, legalábbis ebből a szempontból. Nyilvánvaló, hogy önmagában egyik kijelentésünk sem igaz, hiszen a gyártás első fázisában, amikor is az anyag, annak szerkezete, szennyezettsége a domináns, a megbízhatóság kérdése szintén felmerül, ugyanakkor azt sem szabad elfelejtenünk – a főtengely példánál maradva –, hogy ez egy olyan nagyértékű gépelem, amely többszöri felújításra tervezett és nem várt törése igen nagy anyagi kárt, esetleg balesetvesztést is kezdeményez/eredményez.

Célszerű az egyes gépelemeket, egységeket oly módon csoportosítani, hogy a megbízhatóság szempontjából milyen követelményeket támasztunk velük szemben. Az alábbi csoportosítás alkalmasnak mutatkozott a gépjármű-gyártás, üzemeltetés területén, mégpedig a biztonságot befolyásoló és az üzemképességet befolyásoló szempontok alapján, [1], [2]. Az első csoportba tartozó komponenseknél egy meghibásodás közvetlen balesetvesztést idéz elő – például fék, kormányszerkezet –, veszélyeztet az üzemeltetőt és a környezetét. A második csoportba tartozó komponenseknél az üzemképesség a veszélyeztetett, ilyen lehet például egy dugattyúgyűrű-törés, hajtókar-szakadás.

Ahhoz, hogy a megbízhatóságot értelmezhessük, természetes igény azoknak a hatásoknak/paramétereknek is a részletes ismerete, amelyeknek kitéve történik az „üzemeltetés”. Ismernünk kell tehát az igénybevételi/terhelési statisztikákat, üzemeltetési körülményeket, amelyekhez hozzárendeltünk egy növelt hűtőrendszert, vagy légszűrőt, megerősített alvázat, rugózást, hogy csak néhány példát említsünk.

Bizonyos terhelések/igénybevételek mondhatni stacionáriusak, megfelelően definiálható határok között változnak; vannak olyan esetek is, amikor a terhelések/igénybevételek sztochasztikusak, esetleg instacione-

rek. Visszatérve a főtengely példához, annak terhelési maximuma a motor teljesítményéből adódó, míg egy teherviselő elemnél a maximum érték több hatás eredményeként bizonyos valószínűséggel becsülhető.

Felmerül, illetve felmerülhet az úgynevezett szakértői üzemeltetés kérdése is, azaz vannak olyan gépek/berendezések, amelyek üzemeltetőjétől a szakértelem megkövetelendő, vannak viszont olyan esetek is – legkézenfekvőbb egy személygépkocsi példája – amikor laikus üzemeltetővel kell számolnunk.

Mint jól ismert, a tervezési és a gyártási folyamat többszörösen visszacsatolt, a szükséges modifikációk a kölcsönhatások eredménye. Nem kevésbé jól ismert az igénybevételi/terhelési statisztikák megismerésének igen anyag- és eszközigenyes volta, beleértve a nagy mennyiségű adat számítógépes feldolgozását, analízisét is. Hangsúlyozni szeretnénk a mérések kiemelt jelentőségét nemcsak a gyártmány kialakításának fázisában, hanem egy meglévő berendezés üzemképességi fokának megítélésében is, [4], [5].

A megbízhatóság természetesen időfüggvényként értelmezendő, mégpedig oly módon, hogy értéke sajnálatos módon monoton csökkenő, azaz értelmeznünk kell az adott időpontbeli megbízhatóságot. Mindannyiunk számára a legkedvezőbb az, vagy az lenne, ha ismerjük vagy ismernénk a megbízhatóság időfüggvényét, amely lehetőséget nyújtana olyan, adott időpontbani beavatkozásra, amely eredményeként a megbízhatóság szintje egy kívánatos értékre visszaállítható lenne. Vannak olyan eszközeink – diagnosztikai eszközök, illetve módszerek [6] –, amelyek lehetőséget nyújtanak a folyamatos állapotvizsgálatra és az általuk nyert értéksokaság összefüggésbe hozható/hozandó a megbízhatósággal.

Az előző gondolamenetből következik, hogy mérhető-e a megbízhatóság, és ha igen milyen eszközökkel és milyen módon, hiszen általában a mérhetőség teszi lehetővé, ha a jelenség befolyásolható, a befolyásolhatóságot. Természetesen a megbízhatóság és változása mérhető, a mért paraméterek tekintetében igen sokszínűséggel találkozunk, azaz lehet például egy rezgésgyorsulás-érték vagy egy feszültségérték, vagy bármely olyan mérhető jellemző, amely áttekinthető – például a műszaki állapoton keresztül – utal a megbízhatóság pillanatnyi értékére.

Azért, hogy a mérnöki tevékenységek szélesebb körére utaljunk, a berendezések javítását, felújítását is értelmeznünk kell a megbízhatóság szempontjai szerint, azaz az ezen területen alkalmazott technológiai eljárásoknál is követelményként szerepeltetendő, hogy az alkalmazásuk során a megbízhatóság ne változzék, illetve ha igen, akkor csak pozitív irányba.

Cikkünkben a megbízhatóság, a feszültséganalízis és a meghibásodások megelőzésének komplex egységével foglalkozunk, így olyan meghibásodásokra nem utalunk – néhány példát említve: kenés kimaradása, elektromos hibák –, amelyek a feszültséganalízist, mint eszközt nem használják.

Feszültséganalízis

Az feszültséganalízis a számított vagy mért feszültségek analízise abból a célból, hogy a gyártmányon olyan változtatásokat hozzunk létre, amelyek az élettartam megnövelése irányába hatnak, vagy felhasználva a megbízhatóság fogalmát, az adott élettartamon belül a megbízhatóbb üzemeltetés irányába tudunk hatni.

Nemcsak célszerű, hanem szükséges is visszautalnunk arra, hogy a megbízhatóság adott szintű meghatározásához ismerni szükséges a terhelési adatokat, az igénybevételi, terhelési statisztikákat. A terhelési függvény egy többparaméteres függvény, a szükséges statisztikai jellemzői meghatározhatók; célszerűbb viszont a válaszfüggvénynek, az adott helyekhez rendelhető, illetve az adott helyeken megismerhető feszültség-idő és az ebből származtatható függvények analízise, hiszen e lokális feszültségmaximumok a tönkremenetel kezdeményezői. Utalnunk kell arra, hogy

a tönkremenetel fogalom definiálása igen sokrétű, deformáció, repedés-megjelenés, vagy más fogalmak társíthatók hozzá. Szükséges megemlítenünk a ma is rendkívül időszerű kifáradási kutatásokat, a terhelésváltozások szerepének tisztázását a kifáradási folyamatban, valamint az élet-tartam-becslési eljárásokat, amelyek gyakran több tudományterület által kutatottak. Utalnunk kell arra is, hogy a feszültséganalízis eredményei beillesztendők a megbízhatóság és a meghibásodások megelőzése konvergencia értelmezésbe.

Bizonyos esetekben előfordulhat a feszültségmérés korlátozott megvalósíthatósága. Ilyenkor lehetséges megoldásként jöhet szóba egy rezgésmérés, frekvenciától függően elmozdulás-, vagy gyorsulásmérés.

A diszkrét mintavételes technikájú adatgyűjtés és a digitális jel feldolgozása kellő hardver és szoftver háttérrel biztosít – többek között – a feszültséganalízis számára is.

A meghibásodás megelőzése

Ha az előzőekhez hasonlóan a meghibásodás megelőzése fogalomnak is magyarázatát kívánjuk adni, akkor ez alatt azoknak az eljárásoknak, tevékenységeknek az összefoglalóját értjük, amelyek a meghibásodás adott idő vagy ezzel ekvivalenciába hozható egyéb jellemző meghatározott intervallumon belüli bekövetkezését meggátolják.

A meghibásodás rendkívül változatosan, többek között a gépelem, az igénybevétel, a karbantartási hiányosságok tükrözte módon jelenik meg. A megbízhatóság szempontjából másképpen értelmezendő egy tengelykapcsoló, vagy éppen egy sebességváltó tönkremenetele, így természetes az is, hogy más és más tevékenységgel tudjuk a meghibásodás bekövetkezését kontrollálni.

Mint említettük, vannak eszközeink a berendezések állapotváltozásának figyelésére, e tevékenységgel kapcsolatban alapvető stratégiák alakultak ki, amelyek a meghibásodástól, az időtől és az állapottól függő stratégiák.

A meghibásodástól függő karbantartási stratégia, ha egyáltalán stratégiának nevezhető, szerint csak a meghibásodás bekövetkezése után tesszük meg a szükséges intézkedéseket. Nyilván ennek a stratégiának semminemű megelőző jellege sincs, általában csak kisebb értékű berendezéseknél, főleg a háztartási berendezések körében alkalmazott.

Az időtől függő karbantartási stratégia a meghatározott, megelőző tevékenységek körét időtartamhoz/üzemórához kapcsolja, így módon egy meglehetősen rugalmatlan stratégia, létjogosultsága főképpen az időben kevésbé változó terheléseknek/igénybevételeknek kitett berendezések esetén van.

Az állapottól függő karbantartási rendszer a megelőző tevékenységek körét az állapottól függővé teszi, így módon az első megoldandó feladat az állapotjelzők kellő definiálása, majd a továbbiakban ezeknek a paramétereknek – folyamatos, adott időpontokonkénti –, mérése az eredmények analízise. Természetes, hogy ebben az esetben (is) szükséges az állapot-

változási trend ismerete. Ugyanis ezáltal válnak a mérési adatink definiált. Az állapottól függő karbantartási rendszer alkalmas a nem várt események kellő detektálására, az elhárító tevékenység azonnali megtételére, a gyártás minőségi, mennyiségi befolyásolására [7].

Összefoglalás

Egyre inkább előtérbe kerülnek a mérnöki tudományokon belül is azok az interdiszciplináris tevékenységek/követelmények, amelyekkel nem csak a gyakorló mérnököknek kell szembenézniük, hanem, amelyeket az oktatás is mint egymást átfedő/átfedésbe hozandó területek közös ismeretanyagát használja fel.

Egy termék/szolgáltatás műszaki színvonala (megbízhatósága, meghibásodás-érzékenysége, karbantarthatósága), ha önmagában nem is határozza meg a piaci pozíciót, de igen nagy befolyást gyakorol arra. A járműgépészeti gyakorlatban a megbízhatósági követelmények szerinti szükségsszerű csoportosítás után juthatunk el a biztosítandó megbízhatósági szint számszerűsítéséhez.

Tudatos magatartással, célszerű stratégiákkal lehetséges a meghibásodás megelőzése, szem előtt tartva a megbízhatóság követelményeit. A gépek, berendezések állapottól függő karbantartása – bár nyilvánvaló, hogy a legdrágább megoldás – bizonyos esetekben az egyedüli célravezető.

Mind a megbízhatóság áttételes verifikálásához, mind pedig a meghibásodások megelőzéséhez alapvető adatokkal szolgálhat egy feszültséganalízis, illetve a feszültséganalízist teljesebbé tevő egyéb, állapotra jellemző – például gyorsulásmérés – vizsgálati eljárás.

951 006 031/114

Irodalom

- [1] Dr. P. Berke–Dr. P. Michelberger: Contribution to the paper „Determination of load spectra for design, design and testing” International Vehicle Design, under publication.
- [2] Dr. P. Michelberger–Dr. Gy. Barta–Dr. T. Farkas: Reliability engineering in the commercial road vehicle industry. Int. Journal of Vehicle Design. 7 (1986) No. 5–6. p. 344–355.
- [3] Dr. P. Michelberger: Loading Analysis under Operational Condition for the Design of Commercial Road Vehicles. Acta Technica Ac. Sci. Hung. Vol. No. 1–2, p. 127–140.
- [4] Dr. Berke Péter–Ferencz Beatrix–Dr. Michelberger Pál: Repülőgéphajtóművek rezgésmérése. Anyagvizsgálók Lapja. 3. évf., 2. szám, 1993.
- [5] Dr. Berke Péter–Ferencz Beatrix–Dr. Galambosi Frigyes–Dr. Michelberger Pál: Repülőgéphajtóművek rezgésdiagnosztikája. Kutatási jelentés. BME Közlekedésmérnöki Kar, Mechanika Tanszék, 1991.
- [6] Dr. Berke Péter–Dr. Lettner Ferenc: Diagnosztika a gépelettartam meghatározásának szolgálatában. Gép, 1977. 4. sz. p. 121–125.
- [7] Dr. Berke Péter–Dr. Lettner Ferenc–Romvári Ferenc: Kifutó gyártmányok távlati alkatrészellátásának modellezése. Gép, 1978. 11. sz. p. 401–404.

AEA Kapcsolatba léptünk a világ legnagyobb NDT-adatbázisával

Szerkesztőségünk kapcsolatba lépett az AEA Technology Library and Information Service-vel, amely az angliai Harwellban székelő National NDT Centre-ben működő a világ legnagyobb NDT-adatbázisát.

Az NDT-adatbázis egy olyan könyvtár, amely folyamatosan gyűjti a roncsolásmentes vizsgálattal (NDT), állapotellenőrzéssel (NDI) és fejlesztéssel (NDE) foglalkozó tudományos közlemények címeit és tartalmi kivonatait forrásul használva a világon megjelenő folyóiratokat, konferenciák kiadványait, szabadalmi leírásokat, könyveket és más közleményeket. Az adatbázisban 1937-ig visszamenően tárolnak ilyen adatokat. Az adatállomány jelenleg több, mint 52 000, és évente mintegy 3000 jelentéssel gyarapodik.

Az NDT-adatbázis folyamatosan működik és ellátja információival a világ bármely tudományos vagy ipari szakmai közösségét, amelyek kapcsolatba lépnek a központtal. Ezt ma már bárki a világon megteheti, mivel az AEA Technology együttműködési szerződést kötött az ESA-IRS-vel (European Space Agency Information Retrieval Service) amely egy műholdas információ-visszakereső szolgálatot lát el. Az információkeresés rész-

leteiről az érdeklődők a következő címen tájékozódhatnak: IRS-DIAL-TECH Science Reference Information Service, 25 Southampton Buildings Chancery Lane, London WC2 1AW Tel.: 071 323 7951, fax: 071 323 7954,

A két intézmény közötti együttműködés tehát lehetővé teszi, hogy bárki az ESA-IRS-en keresztül kapcsolatba lépjen a világ legnagyobb NDT-adatbázisával.

Tim Dixon közlése nyomán, QT News, No. 51/1994

FELHÍVÁS SZERZŐINKHEZ!

Ez évtől az Anyagvizsgálók Lapja is eljut az NDT-adatbázisához és közleményei forrásul szolgálnak. Erre tekintettel, ha szerzőink fontosnak tartják, hogy az Anyagvizsgálók Lapjában megjelent cikkük angol címén kívül annak néhány mondatos összefoglalója is bekerüljön az NDT-adatbázisba, akkor szíveskedjenek kéziratukhoz rövid, (200–250 karakter) angol nyelvű abstract-ot is mellékelni. Köszönjük közreműködésüket!

A szerkesztőbizottság

Szerkezetek integritása

Roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága

Dr. Tóth László*

Bevezetés

Hazánk jelenlegi és a közeljövőben várható gazdasági helyzetét tekintve elengedhetetlen feladatként jelentkezik az öregedő szerkezetek üzemeltethetősége feltételeinek a felülvizsgálata. E problémakör jelentőségét több tényező is egyértelműen aláhúzza. Egyrészt a hazai ipar nagyberuházásai újkori történelmünk egy jól meghatározott periódusára koncentráltak. E nagy értékű szerkezetek (vegypari és gáz- és olajipari rendszerek, hidak, emelőszervek stb.) döntő hányada 30–40 éves, tehát a lebontani avagy tovább üzemeltetni kérdésre egyértelmű választ kell adni. Másrészt a mikroelektronika robbanásszerű fejlődésével olyan új roncsolásmentes vizsgálati eszközök jelentek meg, és terjedtek el, amelyek egyre kisebb és kisebb méretű anyagfolytonossági hiányokat képesek egyre nagyobb és nagyobb reprodukálhatósággal, megbízhatósággal kimutatni. Mindkét kiemelt tény egyértelművé teszi azt, hogy mind a roncsolásmentes vizsgálatot végző, mind pedig annak eredményei alapján az üzemeltethetőség feltételeit, a szerkezetek integrálását meghatározó szakemberek, szakértők munkája mindinkább előtérbe kerül. Ahhoz, hogy a döntések kockázatát minimálisra lehessen csökkenteni a következő szakterületek ismeretanyagát kel birtokolni:

- anyagtudomány (az anyag tulajdonságainak az üzemeltetés során végbemenő változások megítélésére),
- kontinuummechanika (a reális, az üzemi terhelés során kialakuló lokális feszültségek, törésmechanikai paraméterek számítása a numerikus módszerek alkalmazásával),
- roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok, azok reprodukálhatósága.

Amennyiben bármelyik tudományterületen a szakértő ismerete hiányos, úgy a hibás döntés valószínűsége rohamosan növekszik. Ennek következményei pedig mind élet-, mind pedig vagyonbiztonság szempontjából katasztrofálisak lehetnek. Gondoljunk csak bele mit tettünk ha egy hidat lebontásra ítéltünk akkor, amikor még nyugodtan üzemeltethető lenne, illetve ha nem hoztuk meg e döntést és a híd leszakad.

Napjainkban, éppen a törésmechanikai elvek alkalmazásának rohamos elterjedésével adott annak az elvi lehetősége, hogy hibás döntéseink valószínűségét minimálisra szorítsuk. Ebben a mérlegelési folyamatban a roncsolásmentes vizsgálatok azonban meglehetősen nagy súllyal esnek latba. Azt is mondhatjuk, hogy a legnagyobb bizonytalansági tényezők hordozói a roncsolásmentes vizsgálatok eredményei.

A közlemény alapvető célja az, hogy ezen paraméter fontosságára és a továbblépés szükségességére, annak irányaira rámutasson.

A szerkezetek repedésterjedési érzékenysége és a roncsolásmentes vizsgálat eredményeinek reprodukálhatósága

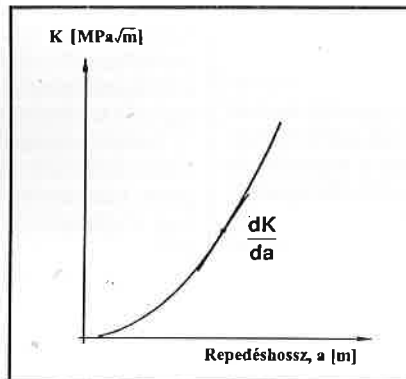
A törésmechanikai elvek következetes alkalmazásával megvan annak a lehetősége, hogy a felülvizsgálatok során észlelt anyagfolytonossá-

gi hiányok hatását a veszélyességük szempontjából közvetlenül jellemezhezzük és ezáltal rangsorolhassuk. **Kváztatikus terhelésnél**, az 1. ábrán megfelelően a szerkezetek repedésterjedési indexével, azaz valamely törésmechanikai paraméter (pl. a feszültségintenzitási tényező) repedéshossz szerinti deriváltjával, míg az **ismétlődő terhelésnél** a 2. ábra szerint a **maradék élettartam – repedéshossz** kapcsolat segítségével egyértelműen definiálható [1, 2].

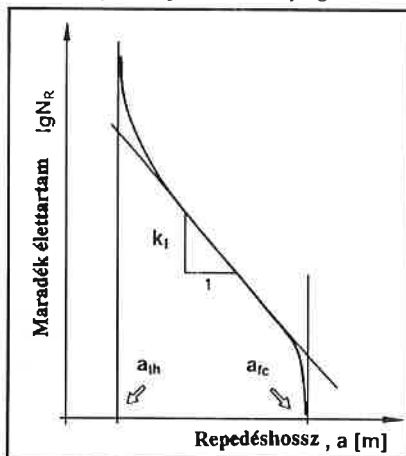
Mind az 1., mind pedig a 2. ábra egyértelmű útmutatást ad a roncsolásmentes vizsgálatot szemben támasztott követelményrendszer kidolgozásának elveihez. Ehhez tekintsük a 3. ábrát, ahol két különböző, de azonos anyagból készült szerkezeti elemet hasonlítunk össze. Egyértelműen látható, hogy abban az esetben, ha a két elem terhelhetőségének becslésénél azonos biztonsági tényezőt akarunk elérni a roncsolásmentes vizsgálat eredményeire nézve teljesen eltérő előírásokat kell tennünk. Ugyanezt mondhatjuk fordítva is, azaz abban az esetben ha a repedéshossz mérésénél egy adott hibát, bizonytalanságot követünk el, annak a teherbíráshoz, annak bizonytalanságára gyakorolt hatása függ a szerkezeti elemtől, annak terhelésétől, a repedésszerű hiba helyétől, geometriájától, azaz mindazon paraméterektől, amelyek a feszültségintenzitási tényező (avagy más törésmechanikai paraméter) értékét meghatározzák.

Az ábrán nyomon követhető az anyag repedésterjedéssel szembeni ellenállásának (pl. a törési szívósságának), annak pl. a hőmérséklet változásának hatása is. Hasonló elemzéseket tehetünk az ismétlődő terhelésű szerkezeti elemekre is.

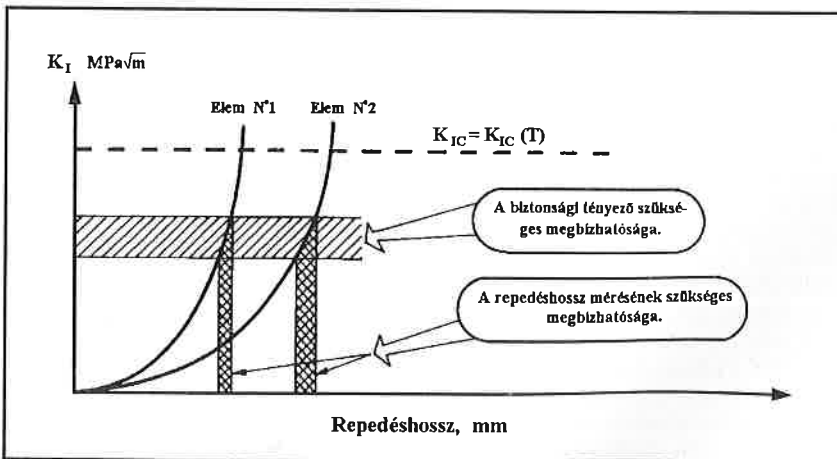
A 4. ábra egyértelműen szemlélteti azt, hogy amennyiben a két elem maradék élettartamának becslésénél azonos biztonságot (bizonytalanságot) akarunk elérni, úgy a repedéshosszak mérésénél jelentősen eltérő bizonytalanságot engedhetünk meg.



1. ábra. Kváztatikus terhelésű szerkezetek repedésterjedési érzékenysége

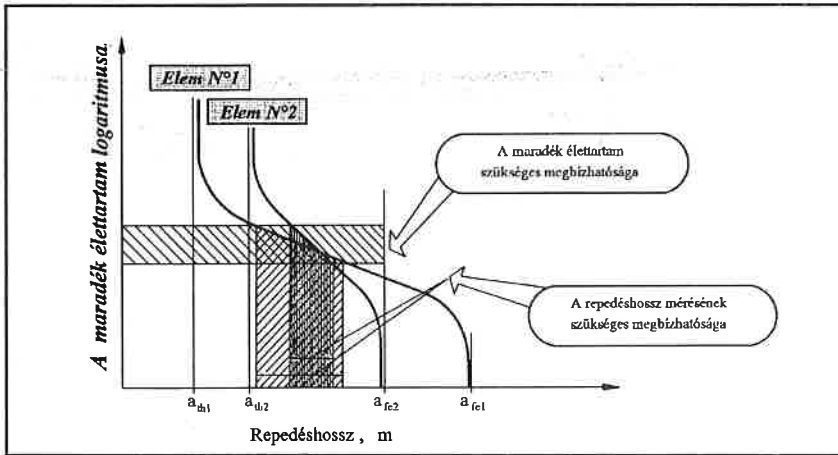


2. ábra. Ismétlődő terhelésű szerkezetek repedésterjedési érzékenysége

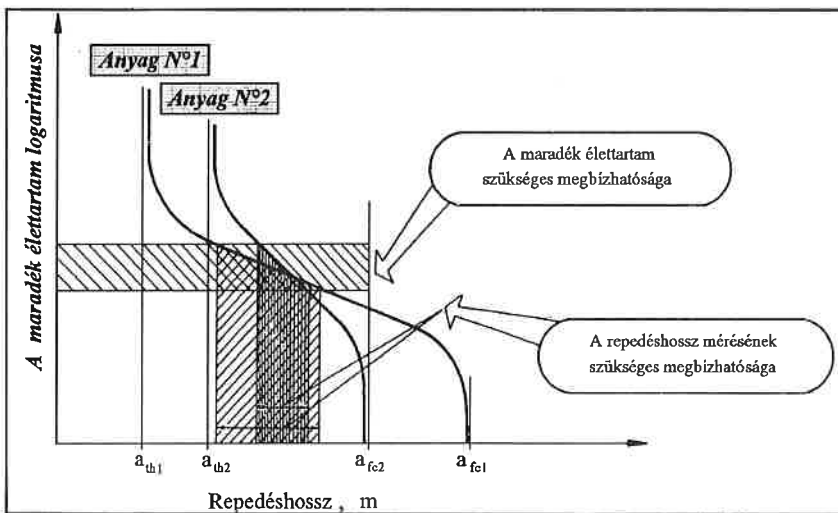


3. ábra. A szerkezeti elemek repedésterjedési érzékenysége és a roncsolásmentes vizsgálati eredmények reprodukálhatóságának kapcsolata

* Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék



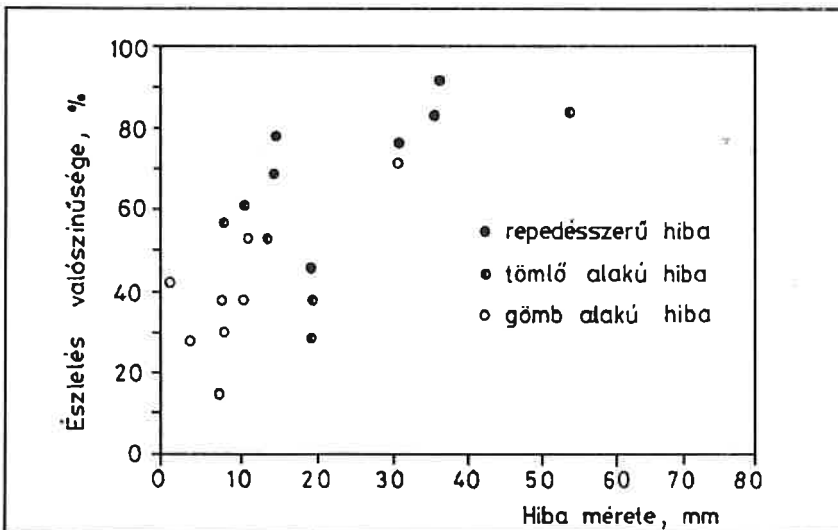
4. ábra. A szerkezeti elem hatása a repedésérzékenységre és a roncsolásmentes vizsgálat reprodukálhatóságával szemben támasztott követelményekre



5. ábra. Az anyag repedéssterjedéssel szembeni ellenállásának hatása a repedésérzékenységre és a roncsolásmentes vizsgálat reprodukálhatóságával szemben támasztott követelményekre

Tekintettel arra, hogy a maradék élettartam számításánál az anyag repedéssterjedéssel szembeni ellenállását, mint anyagjellemzőt is

figyelembe kell venni, így azonos szerkezeti elemnél az anyagjellemző szórása, bizonytalansága is értékelhető. Ezt szemlélteti az 5. ábra.



6. ábra. Az észlelés valószínűsége a hibák típusának és méretének függvényében ultrahangos vizsgálat esetén

Az előzőekből nyilvánvalóan következik az, hogy

- a roncsolásmentes vizsgálatok eredményeinek reprodukálhatósága és ennek a szerkezeti elem terhelhetőségének bizonytalanságára gyakorolt hatása egyértelműen összekapcsolható,
- a mechanikai vizsgálatok (repedéssterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagjellemzők) eredményeinek bizonytalansága okozta hatások szintén teljes egészében számíthatók.

A roncsolásmentes vizsgálatok eredményeit, reprodukálhatóságát befolyásoló tényezők

Az előzőekben ismertetettek alapján nem túlzás azt állítani, hogy a repedésszerű hibákat tartalmazó szerkezetek megbízhatóságának becslésénél a roncsolásmentes vizsgálatok eredményei, azok megbízhatósága, avagy bizonytalansága döntő jelentőségű. A bizonytalanságok okainak megismeréséhez, és ezáltal azok csökkentéséhez alapvető érdekek fűződnek. Amennyiben az előttünk álló feladatokat csokorba kívánjuk foglalni, úgy erre nézve két nagy csoportot lehet képezni:

- a roncsolásmentes vizsgálatokat megtervező mérnök és
- a vizsgálatot kivitelező szakember feladatait tekinthetjük át.

Az első tevékenységi kört végző szakembernek tisztában kell lennie

- a hibák keletkezési lehetőségeivel a szerkezetek gyártása, szerelése során,
- a különböző roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazhatóságának feltételeivel, azok korlátaival,
- az egyes módszerekkel végzett vizsgálatok eredményeinek elvárható reprodukálhatóságával és ennek ellenőrzéséhez kapcsolódó módszerekkel.

A vizsgálatokat kivitelező szakembernek pedig közvetlenül vizsgálatához kapcsolódó ismeretekkel és képességekkel kell rendelkeznie, azaz:

- megfelelő vizsgálattechnikai és készülékismerettel,
- vizsgálati gyakorlattal, és nagyon hangsúlyozott módon
- megfelelő emberi jellemvonásokkal (a gondosság, megbízhatóság stb.).

Ezek a tényezők együttesen határozzák meg a szerkezet üzemeltethetőségi feltételeinek becslése kapcsán előálló bizonytalanságokat, a végső döntés kockázatát. Ennek jelentőségét szerte a világon felismerték és igen nagy erővel igyekeznek minél több ismeretre szert tenni [3–26]. Az egyik legátfogóbb program az atomerőművi szerkezeti elemekben levő hibák kimutathatóságához kapcsolódó, ún. PISC-program (Plate Inspection Steering Committee), amelyet Anglia indított 1976-ban. A 204–270 mm vastagságú lemezek hegesztett kötéseiben levő hibák észlelhetőségét vizsgálták a legkülönbözőbb laboratóriumokban. Az egyik eredményt szemlélteti a 6. ábra, ahol az észlelés valószínűsége látható a hiba típusának és méretének függvényében ultrahangos vizsgálat esetén.

A PISC-program első szakaszában kapott eredmények [9, 10] meggyőzték a résztvevőket egyrészt a folytatás, másrészt a nemzetközi összefogás szükségességéről.

A PISC II-program [11] európai összefogással indult, de később Japán is bekapcsolódott. Hazánknak is meglett volna a lehetősége a részvételre, de a legjobb ismereteim szerint ezzel nem éltek szakembereink. Ezen lehetőség kihasználása nagymértékben segítette volna azt a nemzetközi elismertségünk fokozását, amelyet az ultrahangos és radiológiai vizsgálati képzés területén a hazai szakemberek kivívtak. Megítésem szerint e képzés tematikájában szükség lenne a súlypont elmozdítására egyrészt a különböző vizsgálati módszerekkel kapott eredmények reprodukálhatóságának alaposabb taglalása, másrészt a felületi vizsgálatok irányába. Ugyancsak mindenképpen nagyobb teret kell szentelni a törésmechanikai ismeretek oktatásának, hisz ezek birtokában mind a vizsgálatokat tervező, mind pedig az azokat végrehajtó szakember kellő súllyal értékelni tudná egyrészt a vizsgálati módszerek által determinált **objektív korlátok** [3, 4, 10–26], másrészt az ún. **emberi tényezők** [7–9] várható hatását. Figyelembe véve azt, hogy 100%-os valószínűséggel sohasem számíthatunk a hibák kimutathatóságára, a matematikai statisztikai módszerek tudatos alkalmazására mindenképpen több figyelmet kellene szentelni. Ezen ismeretek ugyancsak célravezetően alkalmazhatók a vizsgálatok terjedelmének meghatározásánál és a kombinált vizsgálati eljárások tudatos tervezésénél.

Összefoglalás

A közleményben tett megfontolások, a bemutatott példák kapcsán a következő megállapítások tehetők:

1. A szerkezetek integritásának megítéléséhez kapcsolódó hazai tevékenység volumenének növekedése az elkövetkezendő periódusban objektív szükségesszerűség. E feladat elvégzésére a hazai szakembereknek tudatosan kell készülni.
2. A roncsolásmentes vizsgálatok bizonytalanságainak hatása az üzemeltetési feltételek becslésénél kapott eredmények megbízhatóságára a törésmechanikai elvek következetes al-

kalmazásával egyértelműen összekapcsolható.

3. A szerkezetek integritásának megítélésében, a biztonságos üzemeltethetőség feltételeinek kijelölésében meghatározó szerep hárul a roncsolásmentes vizsgálatokat megtervező és végrehajtó szakemberekre, azok ismereteire. A képzésben erősíteni kell a felületi vizsgálatok, a törésmechanikai és az alkalmazott matematikai statisztikai ismeretek oktatását.

4. Az egyes vizsgálati módszerek eredményeinek reprodukálhatóságának objektív feltárására összehangolt vizsgálat sorozat megindítása mindenképpen indokolt akár a folyó képzés keretében, akár egyéb lehetőségek feltárásával. Esetleges nemzetközi kooperáció kialakításának kezdeményezése e területen is nagymértékben hozzájárulna egyrészt a hazai szemlélet formálásához, másrészt a törésmechanikát, annak gyakorlati alkalmazását művelő és a roncsolásmentes vizsgálatokat végző szakemberek közeledéséhez és ezáltal a szerkezetek integritásának megítélésénél tett döntések kockázata lényegesen csökkenthető lenne.

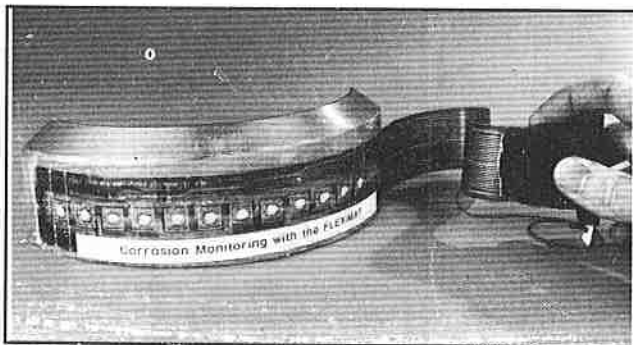
Irodalom

- [1] Tóth L.: Szerkezetek megbízhatósága. Törésmechanika – Roncsolásmentes vizsgálat. Anyagvizsgálók Lapja. 1994/3. p. 67–70.
- [2] Tóth L.: Repedést tartalmazó szerkezeti elemek megbízhatósága ismétlődő terhelés esetén. Akadémiai doktori értekezés. 1994.
- [3] Tóth F.: Roncsolásmentes anyagvizsgálatok. Anyagvizsgálók Lapja. 1994/3. p. 71–72.
- [4] Harnisch J.: Felületi és felület közeli repedések kimutathatósága roncsolásmentes módszerekkel. Anyagvizsgálók Lapja. 1994/3. p. 73–75.
- [5] Review of Progress in Quantitative NDE. Vol. 4B. Ed. by D. O. Thompson, D. E. Chimenti. Plenum Press. 1985.
- [6] Sytrel R. D.: Requirements of Quantitative NDE in Developing Fracture Control Plans. lásd. [3] p. 1305–1313.
- [7] W. D. Rummel: The Need for NDE Education for Engineers. lásd. [3] p. 1343–1348.
- [8] J. C. Duke, H. J. Weis: NDE Education of Engineers: The Next Step. lásd. [3] p. 1349–1371.
- [9] Advances in NDE Examination for Structural Integrity. Ed. by R. W. Nichols, Applied Science Publishers. 1982.
- [10] R. O. Neil: OECD-EEC Plate Inspection Steering Committee. The PISC I. Programme. A brief Review. lásd. [7] p. 295–313.
- [11] S. J. Cruizen: The PISC II. Programme. lásd. [8] p. 315–336.
- [12] Halmshaw R.: NDT Sec. Edition, Edvard Arnold, 1991. 323 p.
- [13] Silk M. G., Stoneham A. M., Temple I. A. G.: The Reliability of Non-destructive Inspection. Adam Higler, Bristol. 1987. 207 p.
- [14] Gutmann D.: Problems in Evaluating US Test Results with Large-Components Testing as an Example. Kerntechnik. 1978/5. p. 214–217.
- [15] Frielinghaus R.: Die Ultraschallprüfung austenitischer Werkstoffe auf innere Ungängen. Stand der Technik und Anwendung in der Praxis. VGB Kraftwerkstechnik. 1981/2. p. 105–108.
- [16] Walner F., Ganglbauer O., Frielinghaus R.: Der Einfluss der Schallgeschwindigkeit auf die Prüfbarkeit austenitischer Schweißverbindungen. Schweißtechnik. 1981/9. p. 155–158.
- [17] Frielinghaus R.: Beitrag zur Ultraschallprüfung von Aluminium-Schweißverbindungen. DVS-Berichte 1982/74 köt.
- [18] Kleinert W. D.: Fehlererkennbarkeit in Nichteisen-Metallen und Kunststoffen. Chemie-Anlagen+Verfahren, 1983/8. p. 60–61.
- [19] Kecskés S., Réti P., Virág I.: Ultrasonic Testing as a Safety in Railway Transport. Materialprüfung. 1983/1.
- [20] Berke M., Kleinert W. D.: Fehlererkennbarkeit mit Winkelprüfköpfen. Kontrolle. 1983/2. p. 29–32.
- [21] Schlengermann U.: Möglichkeiten zur Fokussierung von Ultraschallfeldern. – Ein Überblick. Materialprüfung. 1986/5. p. 137–141.
- [22] Schlengermann U.: Ultraschallprüfen mit hochbedämpften Prüfköpfen. 4. Europäischen Konferenz zerstörungsfreie Prüfung. London, 1987. Sept.
- [23] Frielinghaus R.: Beispiele für die Ultraschallprüfung von Schweißnähten im Automobilbau. Krautkrämer kiadvány. 11/87.
- [24] Katten W.: Ultraschall-Prüfung von Sicherheitsteilen im Automobilbau. Qualität und Zuverlässigkeit. 1987/12. p. 578–582.
- [25] Frohart W., Meincke W. F., Voigt B.: Zerstörungsfreie Prüfung von Punktschweißverbindungen. Qualität und Zuverlässigkeit. 1990/1. p. 35–38.
- [26] Belke F., Haß G., Kleinert W. D.: Rechnergestützte Ultraschallprüfung in einem Qualitätssicherungssystem des Anlagenbaus. Materialprüfung 1991/5.

951 008 023

Fleximat – Új, korróziót figyelő rendszer

Az AEA Technology Risleyben működő INSYT-osztálya egy új típusú ultrahang jelátalakítót fejlesztettek ki *Fleximat* néven, amellyel folyamato-



san figyelhető a tartályok és csővezetékek korróziós vagy eróziós károsodása.

A Fleximat egy hajlékony, 20 mm széles 450 mm hosszú szalagba ágyazott és nyomtatott áramkörrel összekapcsolt piezoelektromos elemekből áll – alapvetően 12 db elemből –, amely a sokpólusú dugaszával a szokásos kivétel ultrahangos készülékhez vagy ultrahangos falvastagságmérőhöz csatlakoztatható. Segítségével a figyelt cső- vagy tartályszakasz falvastagsága 0,1 mm pontosan mérhető. Üzemképességét –40...+70 °C hőmérséklet-tartományban megőrzi.

A Fleximat szalagot vékony, gyorsan kötő epoxi réteggel lehet rögzíteni az előzetesen fémtisztítva előkészített cső- vagy tartályfelületen.

A Fleximat korróziót figyelő rendszert már sikerrel alkalmazzák az Egyesült Királyság kémiai és petrokémiai üremeiben, az Északi-tengeri fűtőtoronyokon, és rövidesen felszerelik az alaskai olajmezőkön is.

A QT News No.51/1994 nyomán

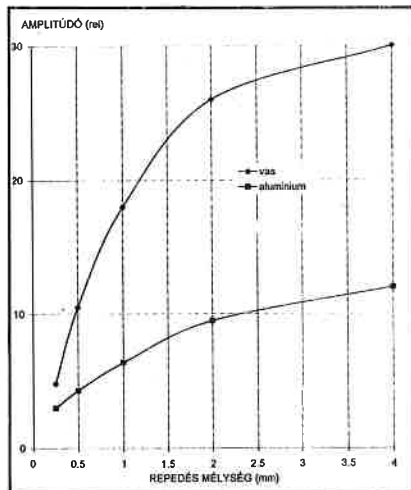
Különleges örvényáramú vizsgálati eljárások

Tóth Ferenc*

Bevezetés

Tartószerkezetek, gépipari termékek minőségellenőrzésére, nagy biztonságigényű iparágakban (repülőgép-építés, légi közlekedés, petrokémiai és nukleáris ipar) az időszakos, biztonsági felülvizsgálatokra általában örvényáramú mérőberendezéseket használnak. A módszer előnye, hogy használata könnyen elsajátítható, a mérőberendezések viszonylag alacsony költségűek, a rendelkezésre álló bő szondaválaszték révén a legváltozatosabb méretű és formájú tárgyak vizsgálatára egyaránt használható, és nagy érzékenysége következtében egészen kis méretű hibák (0,1 mm mélységű, 0,1 mm hosszúságú) is biztonsággal kimutathatók. A nagy érzékenység elérése érdekében a legtöbb örvényáramú mérőberendezés üzemi frekvenciája többnyire magas, 10 kHz és néhány MHz közé esik, ezért a felületi hibavizsgálat mélysége is sekély, pl. alumínium esetén 200 kHz frekvencián nem éri el az 1 mm-t. (Az örvényáramú anyagvizsgálat alkalmazási lehetőségeire vonatkozó ismertetés az Anyagvizsgálók Lapja 1994/4 számában található.)

A legtöbb mérőberendezés jelzi ugyan, ha a hiba a névleges vizsgálati mélységnél mélyebb, de a hibamélység és a kijelzett érték közötti kapcsolat linearitása elromlik, ezért kvantitatív repedésmélység-mérés csak a mérőfrekvenciával meghatározott értékig végezhető. A repedésmélység és a berendezésen kijelzett amplitúdó közötti jellegzetes összefüggés látható az 1. ábrán, közepes nagyságú, 200 kHz mérőfrekvencián. A frekvenciát növelve tovább csökken a lineáris szakasz (még ugyanakkor az érzékenység), alacsonyabb tartományban viszont a linearitás nagyobb lesz, de lecsökken a hibadetekálás érzékenysége. A vizsgált tárgy és a mérőszonda közötti távolság megváltozása a görbemenetet számottevően nem befolyásolja.



1. ábra. Örvényáramú jel amplitúdójának függése a repedésmélységtől alumínium és acél alapanyagoknál. Mérés frekvencia: 200 kHz. A vizsgált tárgy és a szonda közötti távolságtól a kijelzés érzékenysége függ, de a görbemenet lényegében nem változik.

* MTA KFKI Szilárdtestfizikai Kutató Intézet

Alacsonyfrekvenciás örvényáramú vizsgálat

A mindennapi gyakorlatban számos olyan feladat létezik, amelyeknél elsősorban az észlelt repedés tényleges mélységének nagysága a mérni kívánt kritikus paraméter, amely természetesen az eddigieknél lényegesen mélyebb, 5–10 mm is lehet.

Ilyen típusú mérési feladatokat repülőgépeknél:

- tartóelemek, kötések, furatok, csatlakozások, csapágyfészkek, perselyek fáradásos repedései;

- szárnyrögzítések alatti, többretegű szerkezetek belső rétegeinek repedései, korróziója.

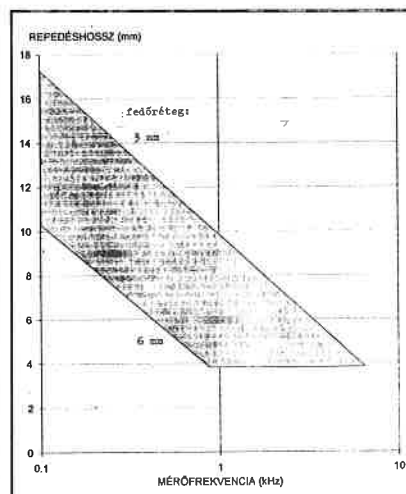
Az energia- és gépiparban hasonló jellegűek a feladatok:

- nagy nyomású gáz- és olajszállító csövezetek (elsősorban hosszvarratos csövek), acéltartályok, nyomásálló edények hibái;

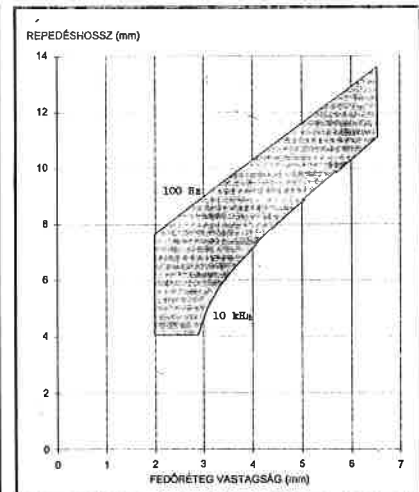
- kazándobok és -csövek, hidak, tartószerkezetek repedései, korróziós károsodásai.

A korszerű örvényáramú berendezések mérőfrekvenciája akár 100 Hz-ig is csökkenthető, ezért azokkal a mélyen fekvő hibák is vizsgálhatók, mivel a behatolási mélység alumíniumnál 100 Hz-nél meghaladja a 10 mm-t is.

Az alacsonyfrekvenciás, 100 Hz-től 10 kHz-ig terjedő, örvényáramú mérésekkel kimutatható hibák mérete két okból is megnő: egyrészt az örvényáramok által indukált tekercsfeszültség a frekvencia csökkenésével arányosan lecsökken, másrészt a mérőberendezés optimális működéséhez nagyobb tekercsinduktivitás csak nagyobb átmérőjű tekercsel valósítható meg; ez pedig nyilván megnöveli a minimális detektálható repedés hosszát. A 2. ábrán alumínium alapanyagban kimutatható legrövidebb repedés hossz látható a frekvencia függvényében, változó fedőréteg vastagságnál [1, 2]. A 3. ábrán a minimális detektálható hibahossz mérete látható a repedést fedő alumínium rétegvastagságának függvényében, 100 Hz–10 kHz mérőfrekvencia használata mellett.

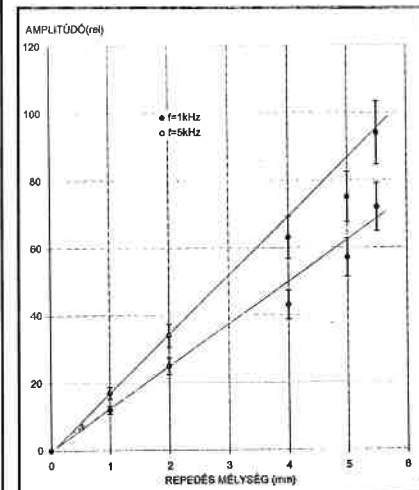


2. ábra. A detektálható minimális repedés hossz függése a fedőréteg vastagsától 100 Hz–10 kHz mérőfrekvencia tartományban.



3. ábra. Legkisebb detektálható repedés hossz frekvenciafüggése alumínium alapanyagokban változó fedőréteg vastagságnál.

Felületre kijövő repedéseknél kedvezőbb a helyzet, némileg magasabb frekvencián – azaz kisebb geometriájú mérőtekercsekkel –, nagyobb tartományban jó közelítéssel lineáris a mérőjel a repedés mélységével. A 4. ábrán a KFKI-ban kifejlesztett nagy érzékenységű, alacsonyfrekvenciás mérőszonda (és berendezés) karakterisztikája látható acél alapanyagon, két különböző mérőfrekvencián.



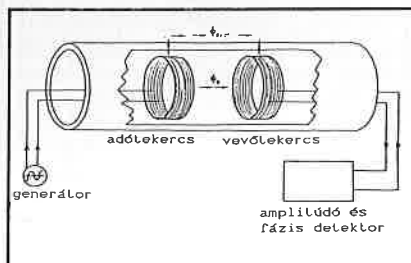
4. ábra. Felületre kijövő repedés hibajelének mélységfüggése 1 és 5 kHz mérőfrekvencián

Közvetett csatolású örvényáramú vizsgálat

A ferromágneses anyagok örvényáramú vizsgálatát megnehezíti, hogy az anyag relatív permeabilitása – amely szénacéloknál a néhány százat is meghaladhatja – jelentősen lecsökkenti a behatolási mélységet és ezzel a hibadetekálás tartományát lényegében csak a külső felület vékony rétegére korlátozza. Emiatt a vastag falú csövek külső-belső hibáinak kimutatása alig

lehetséges, mivel valamelyik felülethez legtöbb-ször egyáltalán nem lehet hozzáférni (fúrócsövek, gáz- vagy olajvezetékek stb.).

Vastag falú, ferromágneses csövek külső és belső hibái azonban halékonyan kimutathatók az ún. közvetett csatolású örvényáramú eljárással (elnevezése az angol irodalomban: *remote field eddy current testing*), amely abban különbözik a hagyományos örvényáramú mérési módszertől, hogy a gerjesztő- és mérőtekerceseket szétválasztva, egymáshoz képest nagy távolságra helyezik el, [3], (5. ábra). Ilyenkor a gerjesztőtekercesből a jel közvetlen csatolással nem, csak a vizsgálandó csőfal közvetítésével juthat át a mérőtekercesbe és ezért a csőfal mindkét oldali hibáira közel azonosan reagál.

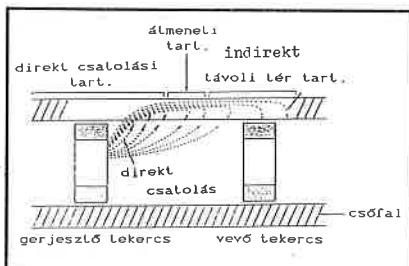


5. ábra. A közvetett csatolású örvényáramú anyagvizsgálat elvi vázlata

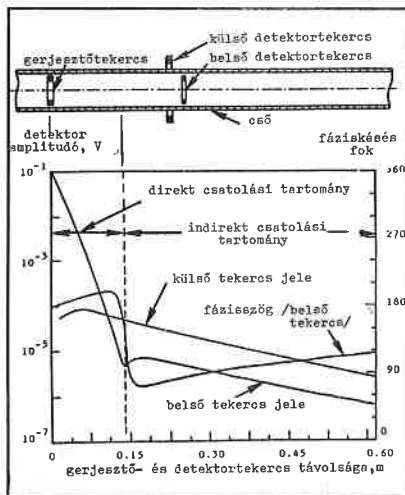
A mérési elv a hatvanas évek óta ismert. Ilyen elven működő berendezéseket először fúrócsövek ellenőrzésére használtak. A vevőtekerceshez csatlakozó kijelző a csőfal teljes keresztmetszetének állapotára vonatkozó hibajelek integrált átlagát mutatta a gerjesztő és a vevőtekerces közvetlen közlére vonatkoztatva. Nagyobb csőátmérőnél ezért a kisebb lokális hibákat (repedés, korróziós gödrösödések) alig jelezte, lényegében csak a falvastagságváltozásokat mutatott ki. Szegmensekre bontott mérőtekercesekkel és a számítógépes adatgyűjtés bevezetésével azonban ma már hibadiagram vehető fel a vizsgálandó teljes csőszakasz felületéről, amelyen a repedések, egyes elszigetelt korróziós foltok is láthatóvá válnak.

A vizsgálati eljárás lényege a 6. és 7. ábrán látható. A gerjesztőtekerces által keltett, a cső külső falában folyó örvényáram – amely a behatolási mélység korlátozottsága miatt a belső felületről kiindulva exponenciálisan csökken a külső felület irányába – redukált része eljut egészen a mérőtekercesig és ennek tere – ismét exponenciálisan csökkenve – hozza létre a mérőtekercesben a közvetett indukált jelet (6. ábra). A mérőtekerces egyaránt érzi az adótekerces közvetlen, illetve közvetett csatolású mágneses terét; ezek aránya a gerjesztő- és mérőtekerces egymástól való távolságától függ.

Ha a két tekerces távolsága változik, a közvetlen jel amplitúdója gyorsabban esik mint a köz-



6. ábra. Az egymástól szétválasztott gerjesztő- és mérőtekerces körül kialakuló mágneses tér eloszlástartományai



7. ábra. Közvetett csatolású örvényáramú vizsgálat különböző mérőjeleinek változása a gerjesztő- és mérőtekerces távolságának függvényében

vetett jelé, ezért kb. 2–3 csőátmérőnyi távolságtól kezdve a közvetett jel válik dominálónak, amelynek tényleges értéke μV nagyságrendjébe esik, (7. ábra). A közvetlen és a közvetett csatolási tartomány közötti átmeneti zónában a kétféle jel közel ellentétes polaritású, ezért ott egymást kioltják. Hibakeresésre a távoli terű zóna alkalmas. Mivel a gerjesztő- és vevőtekerces között a csatolás közvetett, az ténylegesen kizárólag a csőfalban keresztül történik, a vizsgálat elvi interpretálása is egyszerűsödik, a szokásos örvényáramú mérésekénél problémát jelentő csatolási tényező ingadozása (lift-off) itt lényegében elesik. A gerjesztő tér, amely létrehozza a mérőjelet, az örvényáramokra vonatkozó – Maxwell egyenletek megoldásából adódó – mélységi eloszlás kifejezése:

$$B = B_0 \cdot \exp(-x \cdot \sqrt{\pi f \mu \sigma}) \sin(2\pi f t - x \sqrt{\pi f \mu \sigma}) \quad (1)$$

a fázisszög:

$$\beta = x \cdot \sqrt{\pi f \mu \sigma} = \frac{x}{\delta} \quad (2)$$

ahol a B_0 a felületen; B az x mélységben lévő fluxussűrűség, f a frekvencia, μ az anyag permeabilitása, és σ a vezetőképesség; δ pedig a behatolási mélység:

$$\delta = (\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma)^{-1/2} \quad (3)$$

A mélységeloszlás egyenletében a fázisszög és az anyag vastagsága közötti lineáris összefüggés teszi lehetővé a csőfal elvékonyodásának, korróziójának kimutatását. Repedések, karcok, benyomódások jelzésére inkább a fluxussűrűség-változás által indukált jelfeszültség mérése alkalmasabb.

A közvetett csatolási jelenség végelem-módszerrel elvégzett matematikai elemzéseit összevetve a behatolási mélységre vonatkozó egyenletekkel kitűnik: 1–10% pontossággal meghatározhatók az adott geometriájú, permeabilitású és vezetőképességű csövek ellenőrzésére az optimális üzemi frekvencia, tekercesparaméterek, várható jelszint és a falvastagságtól függő várható fázisszögek és mértéke [4, 5].

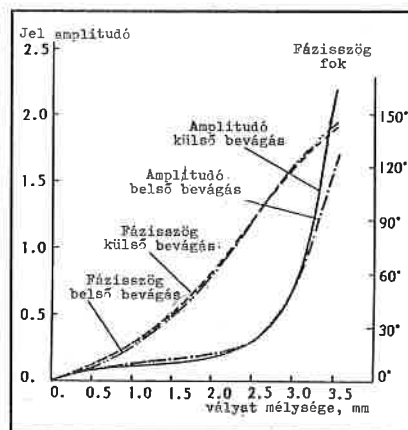
A 8. ábrán 61 mm külső átmérőjű, 4 mm falvastagságú cső különböző mélységű, külső és belső bevágásainak (hossza 2,5 mm) amplitúdó és fázisszög jelleggései láthatók. A belső és külső felületen lévő bevágások gyakorlatilag azonos értékű jelváltozásokat okoznak; ez a kedvező tulajdonság üzemelő csővezetékek

vizsgálatánál különösen fontos, ahol elsősorban a hiba mélységének meghatározása a fő szempont. Ugyancsak kitűnik, hogy a fázisszög-változás jó közelítéssel lineáris összefüggésben van a hiba mélységével.

A 9. ábrán 76 mm belső átmérőjű, 7,6 mm falvastagságú acélső felületén létrehozott műhibák mért jelei láthatók. A korróziós „gödrösödést” 9 mm átmérőjű golyó változó mélységű lenyomatai szimulálják, a bevágásokat 5 cm átmérőjű, 0,25 mm szélességű körűrésszel állították elő. A benyomódások és bevágások mélysége a falvastagság százalékában vannak megadva.

A kvázi háromdimenziós hibadiagram 24 egymásutáni felvétellel készült, miközben az érzékelőszonda 15°-os lépésekben fordult el a belső palást mentén.

A 10. ábrán 5%-os falvastagság-változás eredménye látható hasonló, egycsatomás és kvázi háromdimenziós ábrázolással. A falvas-



8. ábra. Ferromágneses cső külső és belső felületén lévő különböző mélységű bevágásainak amplitúdó- és fázisszög-változásai

tagság-változásnál a kimenőjel amplitúdója is megváltozik mind a mérőszonda, mind a gerjesztőtekerces áthaladásánál. Hasonlóképpen nagy mértékű korróziós foltoknál vagy egyéb hibáknál kettős indikáció jelentkezik a mérő- és gerjesztőtekerces távolságával egyező időeltolódással.

A vizsgálati eljárás nem ferromágneses, vastag falú csövek ellenőrzésére is használható. Előnye a hagyományos örvényáramú mérésekkel szemben, hogy mind a külső, mind a belső felületen lévő károsodásokat azonos érzékenységgel jelzi.

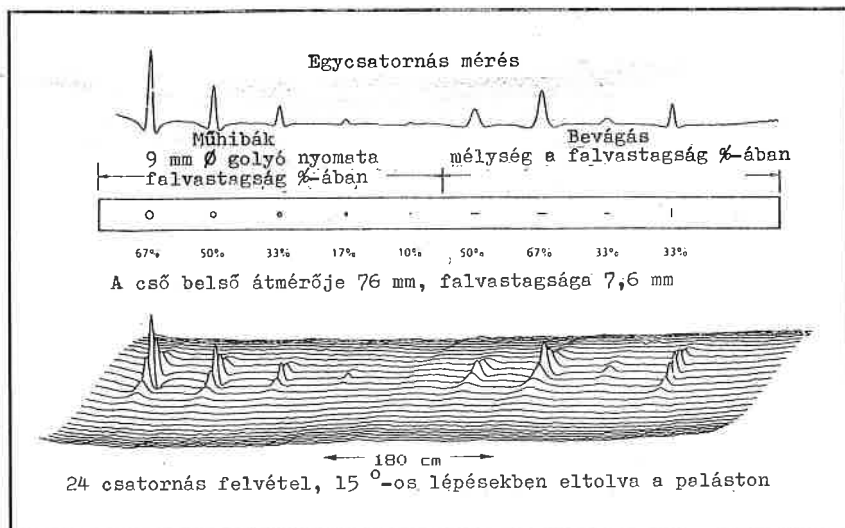
A közvetett csatolású örvényáramú méréseket különböző hibatípusokat tartalmazó – a vizsgálni kívánt csövekkel egyező fizikai tulajdonságú – hibaetalonok segítségével hitelesítik.

A 11. ábrán a KFKI-ban kifejlesztett egycsatomás, közvetett csatolású örvényáramú mérőberendezés látható.

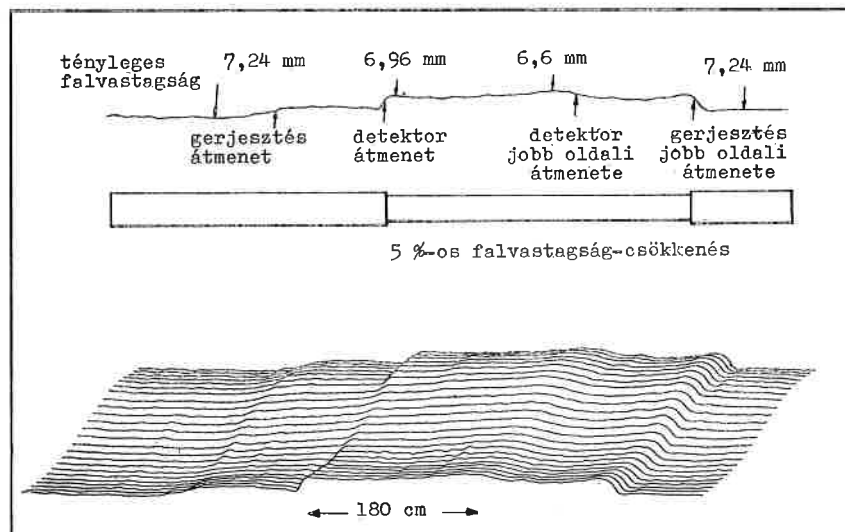
Kazáncsövek ellenőrzésére elkészült egy másik változat, amelynél mind a gerjesztés, mind a detektálás a cső külső falán történik, mivel a szokásos szondatípusok nem juttathatók be a cső belsejébe.

Fontosabb műszaki jellemzők:

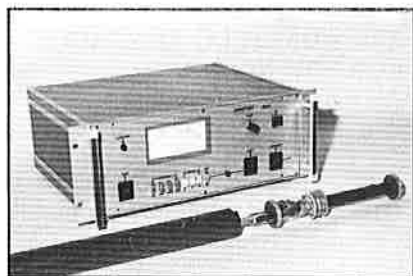
Vizsgálható csőátmérő (különböző szondákkal):	10–150 mm
Falvastagság:	1–12 mm
Max. csőhossz, egyenes vagy ívelt:	50 mm
Detektálható falvastagság-változás:	±5%
Detektálható legkisebb lyuk átmérője:	2 mm



9. ábra. Változó méretű benyomódások és bevágások egycsatornás és körkörös felvett többcsatornás mérőjelei



10. ábra Csőfalvastagság-változás egy- és többcsatornás mérőjelváltozásai



11. ábra. KFKI-fejlesztésű közvetett csatolású mérőberendezés

Maximális vizsgálati sebesség: 5 m/perc
Mérhető korróziós rétegvastagság: a falvastagság 5%-a

A vizsgálófejek egy- vagy többcsatornás (2,4 vagy 8) kivitelben készülhetnek, egy csatornánál az érzékelő a teljes kerületre eső hiba átlagolt értékét méri, több csatornánál a vizsgálat szegmensekre bontva történik, ezért az érzékenység is növekszik.

A mérőberendezés számítógépes mérés-adatgyűjtő és kiértékelő mérőrendszerrel is kiegészíthető.

Imaging

A repülőgépeknél előírt időszakos biztonsági felülvizsgálatokra fordított idő csökkentése, a megbízhatóság fokozása érdekében számos, különböző alapelven működő képmegjelenítő őrnyáramú mérőberendezést dolgoztak ki

- a pusztán szemmel nem látható hibák vizuális megjelenítése,
- a nehezen megfigyelhető hibák számítástechnikai úton történő kontraszt-növelése és adatrögzítése, és
- a vizsgálati sebesség fokozása és automatizálása céljából.

Repülőgép szerkezeti elemek festék vagy felület alatti repedéseit, korrózióját kimutatni a szokásos hibakereső szondával hosszadalmas; a szerkezeti elemek furataiból kiinduló fázadási repedések többnyire csak a szegecsek eltávolításával észlelhetők, ezért az ilyen vizsgálatok nagyon munkáigényesek.

A legegyszerűbb térkép jellegű képmegjelenítés (imaging) a szabványos őrnyáramú mérőszonda X-Y koordináták szerinti mozgása és a mérési eredmény hasonló rendszerű kirajzoltatása számítógép monitoron vagy regisztrálón [6]. Repülőgép- és rakétatestek, gépelemek,

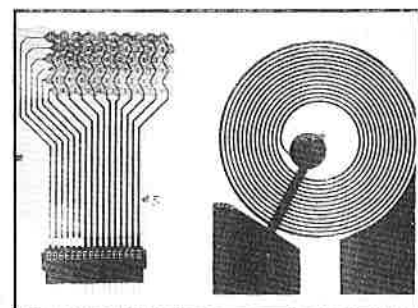
fűrótorok stb. automatizált vizsgálatára különféle, számítógép vezérelt, szondamozgató szkennereket dolgoztak ki, amelyeknél természetesen a mérésiadat-gyűjtést, az adattárolást és a kiértékelést ugyancsak számítógép végzi. A mérési eredményeket többnyire kvázi-háromdimenziós formában jelenítik meg (pl. 9. és 10. ábra), de gyakori a változó fedeltségű fekete-fehér kijelzésű hibatérkép is, vagy a képfelbontás fokozása érdekében ún. hamis színes képet állítanak elő, amely az emberi szem nagyfokú színérzékenysége miatt elősegíti a gyors kiértékelést.

A mérőszonda egymás utáni sokszoros mozgásához hasonló képmegjelenítés állítható elő, több vonalmenti vagy síkban elhelyezett mérőszondák pásztázásával (12. ábra). Ezzel jelentősen lerövidül a mérési idő, azonban a nagy mennyiségű párhuzamos működésű szonda adathalmazának kezelése megnöveli a mérőrendszer költségeit [7].

A számítógépes képmegjelenítés előnye, hogy színkódolt kijelzéssel egyidejűleg különböző matematikai műveletek: zavarűrés, differenciálás, jelintegrálás, harmonikus analízis, Fourier-transzformáció, küszöbszintképzések is elvégezhetők. Így a hiba információtartalma, a kép interpretálhatósága fokozható, de a tényleges hibafelismerés vizuálisan még mindig az operátor feladata.

Alakfelismerő eljárás bevezetésével, a munkadarab formájának, méretének definiálásával, a lehetséges hibatípusok pl. repedés, üreg várható paramétereinek táblázatba sorolásával, vagy hibaetalonokon felvett értékek rögzítésével a kiértékelés már automatizálható, a hibahatárok alacsonyabb küszöbszintre szállíthatók és a szubjektív tévedések kiküszöbölhetők.

A vizsgálati eredmény vizuális megjelenítése, automatikus osztályozása ugyan megkönnyíti és meggyorsítja a kiértékelést, a felhasználókat azonban nem mindig elégíti ki a hibafelvételek felbontóképessége, mind finomabb részletekre kíváncsiak. A felbontóképességet korlátozó tényezők: a behatolási mélység által megkötött méret, valamint a mérőszonda átmérője, amelynél nyilvánvalóan nem lehet kisebb a síkbeli felbontás.



12. ábra. Síkrendezésű, 60 mérőtekercsből álló szonda és egyik tekercsének nagyított ábrája. Tekercsmérő: 5 mm.

Az optikai holográfiai eljárásához hasonlóan az őrnyáramú jel amplitúdó- és fázisváltozásaihoz ugyancsak hologram képezhető, amely a mérőszonda virtuális fókuszpontjával képzett ábrát állít elő [8].

Ilyen, illetve ehhez hasonló elven működő „alacsonyfrekvenciás őrnyáramú holográfiai”, „őrnyáramú diffrakciós tomográfiai”, fejlesztéseket több kutatóintézetben is végeznek, gyakorlati használatbavételükre azonban még nem nagyon került sor.

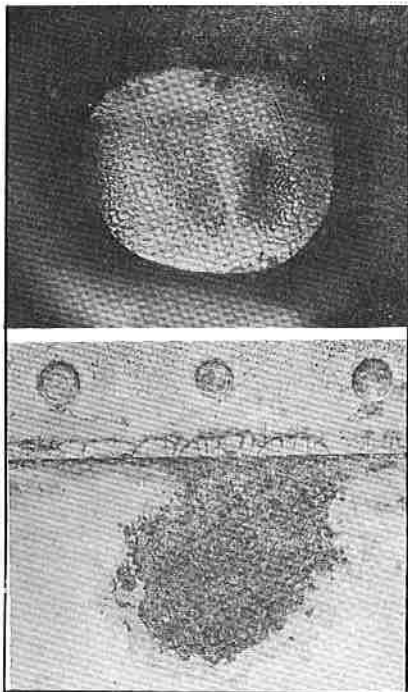
Magneto-optikai örvényáramú vizsgálat

Az előzőekben vázolt képmegjelenítő módszereknél jobb felbontás érhető el az örvényáram gerjesztésű, magneto-optikai mágneses tér detektálású vizsgálati eljárással [9].

Ennél az elrendezésnél a szokásos módon 5–8 cm átmérőjű tekercs segítségével örvényáramokat keltenek a munkadarabban, amelyen a hibahelyeknél változó erősségű mágneses tér lép ki a felületből. A mágneses tér lokális változásait ritka földfém gránitfilm segítségével detektálják, amely mintegy 256x256 pontból álló mágnesezhető doméneket tartalmaz. A sztatikus mágneses térrel előfeszített, egyirányított domének normál körülmények között átlátszóak, azonban a domének egészen kis mértékű, már 1 μ T (10 mG) nagyságrendű külső térrel átfordíthatóak és ezzel fényáteresztő képességük megváltozik. Repedések, üregek, korrózió



13. ábra. Magneto-optikai örvényáramú berendezés és használata.



14. ábra. Festékréteg alatti korróziós folt magneto-optikai örvényáramú ábrája és alatta a tényleges fényképe a festékréteg eltávolítása után

által módosított örvényáramú mágneses terek a magneto-optikai kristály segítségével így láthatóvá válnak és ez a kép egyszerű videokamera segítségével tv-monitorra vihető. Az örvényáram frekvenciájának változtatásával módosítható a vizsgálati mélység és a felbontás; nagyobb frekvencia kisebb behatolási mélységet, nagyobb

felbontást jelent. A vizsgált felületen lévő festékréteg a mérést nem befolyásolja, a tárgy és a fej közötti távolság ingadozás (lift-off) hatása nem túlságosan nagy. Használata egyszerű, egyidejűleg mintegy 25–30 cm² felület ellenőrizhető, a vizsgálati eredmények videorekorderen eltárolhatók dokumentálás, későbbi összehasonlítás céljából.

A 13. ábra a mérőberendezést és a vele történő vizsgálatot mutatja, a 14. ábrán festékréteg alatti tényleges korróziós folt magneto-optikai felvétele, illetve annak fényképe látható a festékréteg eltávolítása után.

951 011 139

Irodalom

- [1] D. J. Hagemaier, A. P. Steinberg: ASNT Spring Conference, Las Vegas, March (1981)
- [2] D. J. Hagemaier, B. Bates, A. P. Steinberg: Mater. Eval. 46, 518 (1988)
- [3] T. R. Schmidt: QualTest-2 Conf. Proc., Dallas, Oct. 25–27. (1983)
- [4] R. Palanisamy: Sixth Internat. Offshore Mechanics and Engineering Symposium, Houston, Texas, March 1–5 (1987)
- [5] H. Hoshikawa et al.: Internat. Conf. on Remote Field Technique, Kingston, Ontario, Aug. 30–31 (1988)
- [6] M. W. Kirby, J. D. Larean: Review of Progress in Qualitative Non-destructive Evaluation, Vol. 9, 1055 (1990)
- [7] Y. D. Krampiner, D. D. Johnson: Review of Progress in Qualitative Non-destructive Evaluation, Vol. 7, 471 (1988)
- [8] J. M. Prince, B. P. Hildebrand: Applied Optics Vol. 32/26, 4960 (1993)
- [9] G. L. Fitzpatrick, D. K. Thone: U. S. Air Force Structural Integrity Program Conference, San Antonio, Texas, Dec. 6. (1989)

HÍREK

DIAGON '95 – DIAGNOSZTIKAI KONFERENCIA

Siófok, Hotel Ezüstpart, március 7–10.

Témakörök: roncsolásmentes vizsgálati és méréstechnikai eszközök és módszerek, és ezek rendszerbe szervezett alkalmazása gépek, gépcsoportok, speciális technológiai rendszerek – erőművek, bányák, gyógyszergyártó sorok stb. – állapotellenőrzéséhez.

Felvilágosítás: A. A. Stádum Kft. Both Rozita. 6701 Szeged, Pf. 1181; Tel.: 62/485-326, fax: 62/478-271

II. MAGYAR BIZTONSÁGTECHNIKAI KONFERENCIA

Esztergom, 1995. április 25–26.

Felvilágosítás: Holl Józsefné, Oktáv Ipari Továbbképző Rt. Esztergom-Kertváros, Wesselényi út 35–39. Tel.: 33/311-755, fax: 33/311-087

PORANAL '95 Győr, június 5–7.

Széchenyi István Főiskola

Szemcseméret-analitikai, környezetvédelmi és portechológiai szimpózium.

Felvilágosítás: MATE Titkárság, Budapest, Kossuth L. tér 6–8. Fax/tel.: 153-1406

ORSZÁGOS KRABANTARTÁSI KONFERENCIA '95

Nyíregyháza-Sóstógyógyfürdő, április 27–28.

Karbantartás a változó gazdasági környezetünkben a mottója a kiállítással és termémbemutatóval egybekötött konferenciának, amelyet a GTE Karbantartási Központ Szakosztálya és Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Szervezete rendez az **üzemfenntartók részére**.

Főbb témakörök: a karbantartás feladatai a termelés- és minőségbiztosításban, üzemfenntartási vállalati és/vagy külső szervezetekkel, a munkaerő szakképzése és képzettségének szerepe, kenéstechnika, tribológia, diagnosztikai módszerek és műszerek, javítástechnológiai eljárások és eszközeik.

Kiadvány: az előadások rövid kivonataival. Hirdetések közzétételére is van lehetőség! A konferenciáról **tájékoztatót adnak:** Szabó Jenő a (42) 313-920, dr. Pintér László a (42) 343-642

és dr. Solyomvári Károly a 185-1487 telefonszámokon.

XVI. HŐKEZELŐ ORSZÁGOS KONFERENCIA

és gépipari szakkiállítás,
október 10–12.

Székesfehérvár, Technika Háza

Főbb témakörök: a hőkezelés anyagtudományi (fémek, polimerek, kompozitok, kerámiák) technológiai, minőségbiztosítási, számítástechnikai, oktatási, környezetvédelmi kérdései és szerepe az ipari szerkezetváltásban, a beszállítói vállalkozásban; szerszámok és acéllemezek hőkezelése; felületi hőkezelés plazmával, lézerrel; felületkezelés és tribológia; a hőkezelés segédanyagai.

A szervezők, a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Kara, a GTE Hőkezelő Központi Szakosztálya és az MTE SZ Fehér Megyei Szervezete, **várják a konferencián részt venni,** előadni, kiállítani és hirdetni **szándékozók jelentkezését legkésőbb május 2-áig** dr. Tóth Tamás főiskolai címén: 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1. Telefon: 25/310-811, 25/310-739, fax: 25/312-620, telex: 29278.

**Az Ön partnere
az
anyagvizsgálatban**

GRIMAS
Kereskedelmi Kft.

1214 Budapest, Erdősor u. 167.
Telefon: 277-4470 • Fax: 276-0557

**Az általunk képviselt cégek
és termékeik:**

PHILIPS
Röntgenkészülékek

SONATEST
Ultrahangos készülékek

SPOTCHECK
Folyadékbehatolási vizsgálat

MAGNAFLUX
Mágneses készülékek, UV-lámpák

ROHMANN
Örvényáramos készülékek

WIRTZ
Metallográfiai készülékek és anyagok

FIEBEROPTIC
Endoszkópok

KOWOTEST
Radiográfiai eszközök

PROTEC
Automata filmelőhívó készülékek

SAUERWEIN
Izotóptartók, eszközök

FUJI
Röntgenfilmek

AED
Akusztikus emisszió

ESCORT
Folyamatellenőrző műszerek



METROTECH®
Underground Locator Products

köszönti

a **MAGYAR REGULA '95**
látogatóit

a távközlési kábelek,
az energetikai kábelek,
a vízvezeték-hálózatok
hibahelyeit azonosító készülékek
teljes körű és különleges
választékával

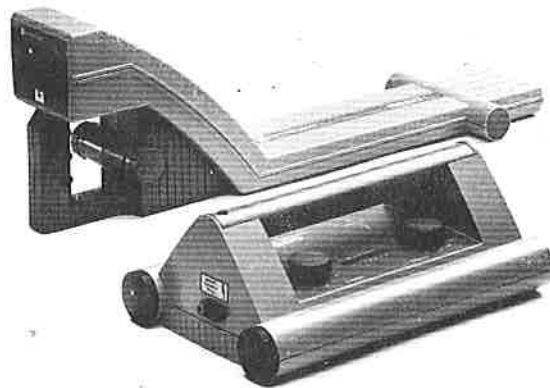
Részletes információkért forduljon
közvetlenül cégünkhöz!

D-96148 Baunach, Industriestr. 6.

Tel.: (0049-9544)680

Fax: (0049-9544)2273

**A legújabb készülék
az FM9890 vezeték-helyazonosító**



- három aktív frekvencia
- árammérés
- automatikus frekvencia-kiválasztás
- balra-jobbra vezetés
- mélységmérés nyomógommbal
- passzív helyazonosítás két frekvenciával
- automatikus erősítés-szabályozás

A Mitutoyo érdességmérő-család

Hidasi István*

A felület érdességét többféle elven lehet mérni, így pl. optikai vagy akár pneumatikus úton. Az általános gépipari gyakorlatban azonban a mechanikus elvet alkalmazzák. Itt egy gyémántcsúccsal ellátott tapintót vonszolnak végig meghatározott úton. A tő a felület egyenetlenségeinek megfelelően rezgésbe jön, amely mozgást általában induktív úton alakítják villamos jellé.

Alapvető jellemzők

Nézzünk meg egy pár alapvető felületszerkezeti paraméter.

Ra – átlagos érdesség: a szelvény központonál vett eltérései abszolútértékeinek matematikai átlaga az l_m kiértékelési hosszban, (1. ábra). Az érdességi szelvényt az $Y(x)$ függvény képviseli, a x tengely a közép vonal, az y tengely a függőleges irány. Az R_a kiszámításának módja:

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |Y(x)| dx \quad (1)$$

Rz (DIN) – egyenetlenség-magasság (átlagos csúcs-völgy távolság) és az **Ry (Rmax) (DIN) – maximális csúcs-völgy távolság** a (2) képletekkel számítható ki, miután a szélességi szelvény központonál öt szomszédos mintavételi szakaszán meghatározzák a Z_i csúcs-völgy távolság értékeit, (2. ábra):

$$R_z(DIN) = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)}{5} \quad (2)$$

$$R_y(R_{max})(DIN) = Z_{imax}$$

Ha $l_m = 1 l_e$, akkor $R_z(DIN) = R_y(R_{max})(DIN)$.

A 2. ábrán l_e egyenlő a levágási értékkel, és $l_m = 5 l_e$, ahogy azt a DIN 4768 megadja. Megengedhető az is, hogy $l_m = 3 l_e$ legyen, ha a munkadarab nem engedi meg az $l_m = 5 l_e$ beállítását.

Rq – a szelvény központonál vett eltéréseinek négyzetes középértéke az l_m kiértékelési hosszban:

$$R_q = \left\{ \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} Y(x)^2 dx \right\}^{1/2} \quad (3)$$

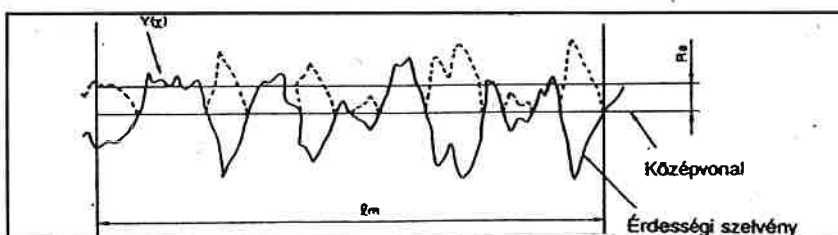
Rt – a maximális csúcs-völgy távolság az érdességi szelvény l_m kiértékelési hosszán, (2. ábra).

Rp – a maximális szelvénycsúcs magassága, (3. ábra)

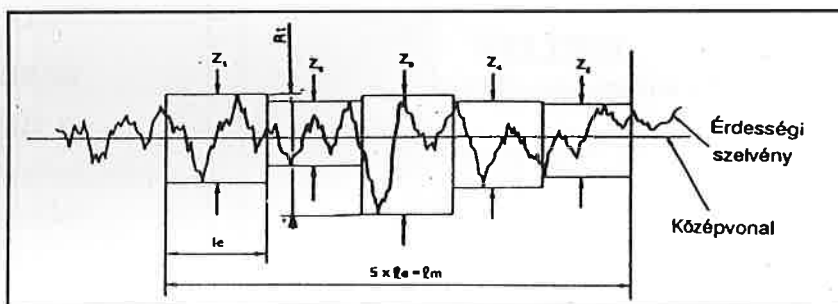
(a) Érdességi szelvény esetén R_p a szelvény mintavételi szakaszain mérhető szelvénycsúcs – magasságok matematikai átlaga a kiértékelési hosszra vonatkoztatva.

(b) Szűrés nélküli szelvény esetén R_p a szelvény maximális magassága a közép vonal felett az L mintavételi hosszban.

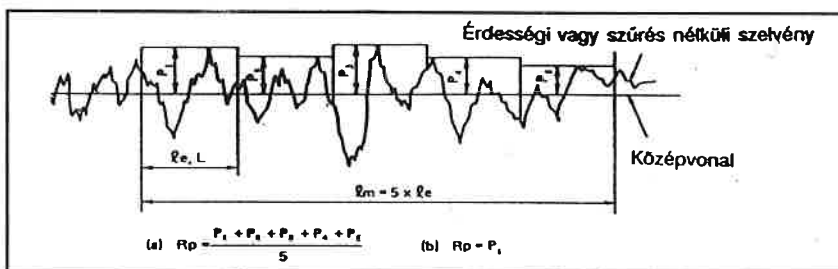
Pc – csúcscsám a hosszegységre (cm vagy hüvelyk) eső szelvénycsúcsok száma. A csúcscsám meghatározásához előre fel kell venni a közép vonaltól való felső és alsó eltérést a kiértékelési szakasz mentén. A szelvénynek az a része számít egy csúcsnak, ahol a szelvény úgy nyúlik a felső vonal fölé, hogy ez a kinyúlás két olyan pont közé esik, ahol a szelvény metszi az



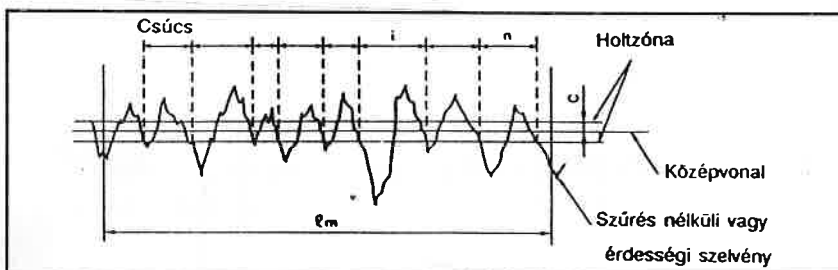
1. ábra.



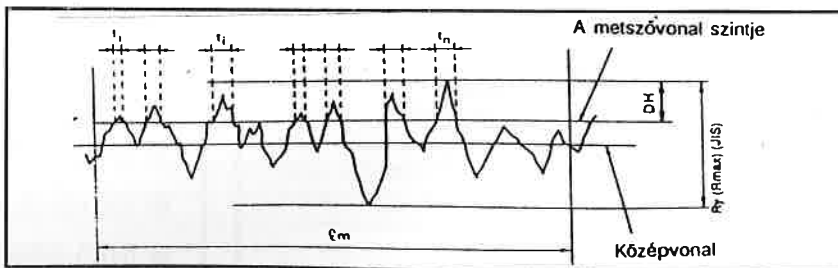
2. ábra.



3. ábra.



4. ábra.

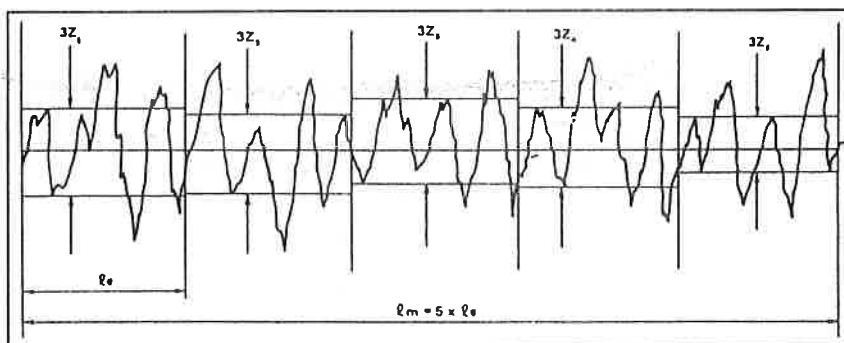


5. ábra.

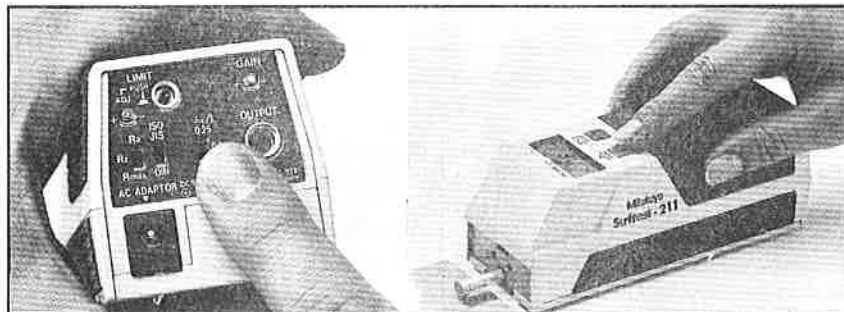
alsó vonalat (4. ábra). Így a csúcscsámot egy szorzótényezőként határozzák meg a kiértékelési szakaszra vonatkoztatva, ami megadja, hogy hány szelvénycsúcs található cm-enként vagy hüvelykenként.

tp – felfekvési hosszarány megadja a felfekvési hossz százalékos arányát az l_m kiértékelési hosszhoz képest. A felfekvési hosszat a legmagasabb csúcs alatt DH távolságban húzott, a közép vonallal párhuzamos referencia-

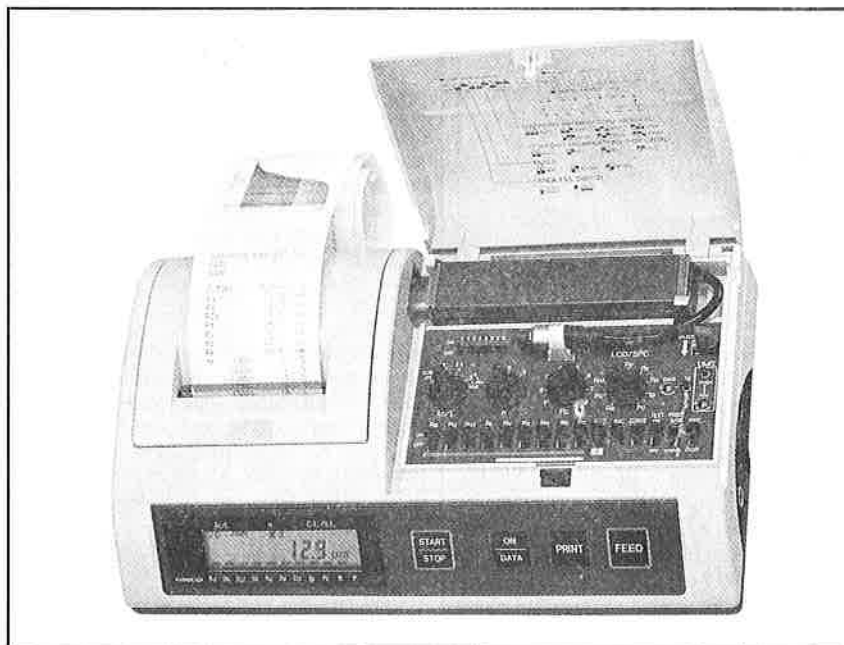
* Testor BT.



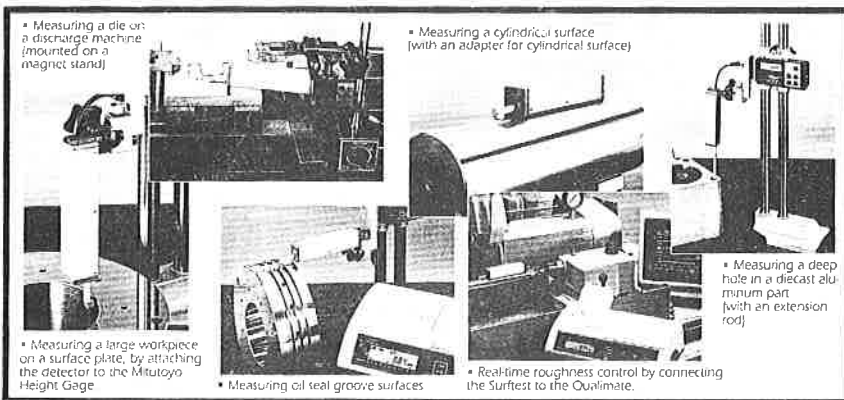
6. ábra



7. ábra



9. ábra



10. ábra

vonal metszi ki a szelvényből. (5. ábra) A felfekvési hosszarány azon szakaszok összegét viszonyítja az l_m kiértékelési hosszhoz, amely szakaszokon a szelvény a referenciavonal fölé nyúlik, és ez az arány százalékban van kifejezve.

$$tp = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{l_m} (\%) \quad (4)$$

R3z – átlagos csúcs-völgy távolság az egyes mintavételi szakaszokon tekintett harmadik legnagyobb csúcs-völgy távolságok átlaga az l_m kiértékelési szakaszokon vizsgálva, (6. ábra):

$$R_{3z} = \frac{(3Z_1 + 3Z_2 + 3Z_4 + 3Z_5)}{5} \quad (5)$$

ahol $3Z_i$ az adott mintavételi szakaszon a harmadik legnagyobb csúcs-völgy távolság.

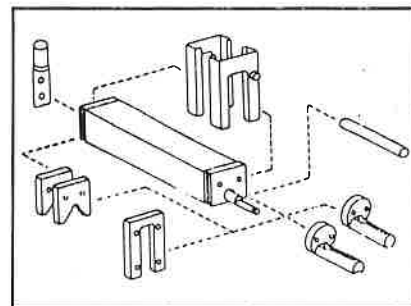
Érdességmérők

A Mitutoyo cég széles palettán kínál felületi érdességmérőket, az egyszerű hordozható készülékektől a laboratóriumokban használható, számítógépes kiértékelő szoftverrel rendelkező berendezésekig.

A Surftest 211

Ez a készülék egy régen bevált hordozható érdességmérő, amely három paraméter (R_a , R_y és R_z) azonnali kijelzésére képes egy LCD-kijelzőn keresztül. A mért paramétert a másik kettőbe azonnal át tudja számolni. Be lehet állítani egy határértéket, amit átlépve a műszer jelzést ad. Áramellátása történhet hálózatról vagy a beépített akkumulátorról is, (7. ábra).

Kis mérete és egyszerű kezelhetősége révén elsősorban üzemen, helyszíni mérésekre alkalmas; azonban nem egy példát láttam arra, hogy egy mérőkészülékbe integrálva adott mérőhelyen használják. A vonszoló egység a készülékből egy mozdulattal kivehető, így bővül az alkalmazhatósága: például mérés furatban. Különböző feltételeket, lábakat, bakokat és felfogókat lehet a vonszolóegységhez szerelni, így különböző alakos felületeken is lehet mérni, (8. ábra). A standard mérőékezőlő (fej) ki lehet cserélni speciális fejekre keskeny résekhez vagy pl. mély hornyokhoz.



8. ábra

Az akkumulátort védi, hogy 30 nyugalmi másodperc után automatikusan kikapcsol, azonban az utolsó mért értéket eltárolja.

A Surftest 211 DIGIMATIC kimenettel rendelkezik, így a Mitutoyo SPC-rendszeréhez csatlakoztatható. Fontos viszont, hogy a műszerrel profilgömböt semmilyen kiépítésben nem lehet rajzolni.

A Surftest 301

Ez a műszer is még hordozható, azonban lényegesen többet tud a kisebbik testvérénél. Elődje a Surftest 201 még elég lassú berendezés volt, főleg amiatt, hogy a mért értékekhez csak nyomtatás útján lehetett hozzájutni. A Surftest 301 készüléknek már beépített LCD kijelzője és nyomtatója is van, (9. ábra).

A készülék kilenc féle szűrt paramétert (Ra, Tq, R3z, Rt, Ry, Rz, Rp, tp, Pc) valamint öt féle szűrt paramétert (Ry, Rz, Rp, tp, Pc) képes kiértékelni.

A készülék azon paramétereket méri (és jelzi ki), amelyeket előzetesen a főkapcsoló soron beállítottunk. Ha időközben más paraméterekre is szükség van, mint amit előzetesen beállítottunk, a mérést ismételt el kell végezni. Az előzetesen beállított paramétereket azonban egy választó kapcsoló segítségével azonnal megtekinthetjük. Meg tudjuk választani, hogy a gép a mérés után rögtön autoamlikusan nyomtatasson, vagy ne. Ha a nem automatikus nyomtatást választottuk, ezt utólag is meg lehet tenni. Ezen kívül meg lehet választani, hogy csak a szöveget nyomtassa, csak a profilgörbét nyomtasson, vagy csak BAC-görbét nyomtasson, illetve mindent együttesen. A nyomtató sima papírra dolgozik (nem hőpapírt) szépen és gyorsan nyomtat. Határérték szintén beadható, amelyet átlépve jelzést ad.

Az akkumulátor védelme miatt ez a készülék is kikapcsol, ha 30 másodpercig semmilyen parancsot nem adunk neki.

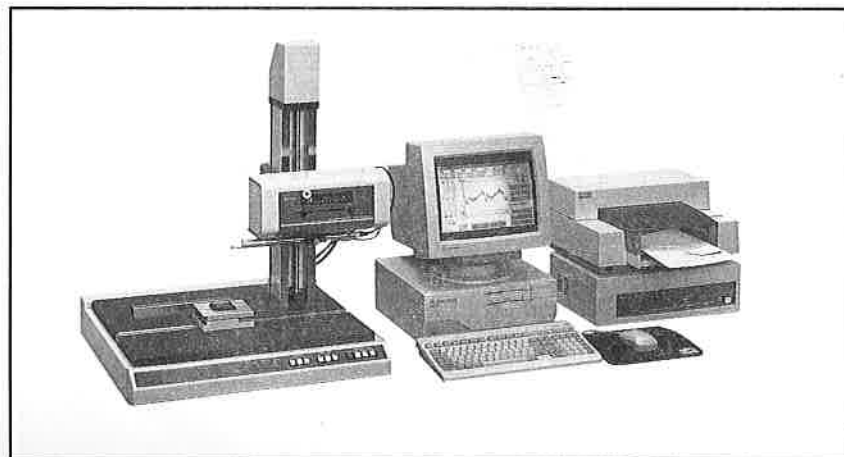
A Surftest 301 DIGIMATIC kimenettel rendelkezik az SPC-hez való adattovábbítás végett.

A vonszoló egység és a mérőfejek azonosak a Surftest 211-vel, így a műszer alkalmazhatósága is hasonló. Erre mutat néhány alkalmazási példát a 10. ábra.

A Surftest SV-402

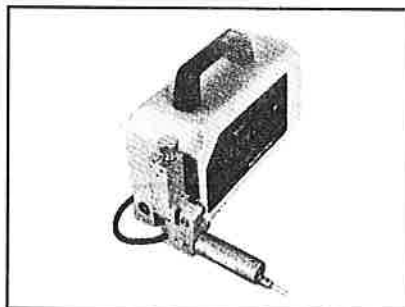
A Surftest SV-402 (a Surftest 402 továbbfejlesztett változata) egy sokfunkciós kompakt érdességmérő berendezés, amelyik mind a termelésben, mind a mérőszobában használható. (11. ábra) Mivel a műszer két fő részből áll, (vonszoló egység és analízátor), lehetőség van nagy méretű munkadarabok helyszíni mérésére is. Ha mérőlaborban akarjuk használni, akkor robusztus mérőállvány áll rendelkezésünkre sok irányban állítható befogószerkezettel.

A vonszolóegység nagy pontosságú referenciavezetéssel, valamint egy LED-lámpás kijelzővel rendelkezik a tapintó pozicionáláshoz. A tapintófej több irányban állítható, (12. ábra). Így pl. akár egy forgattyús tengelyen is tudunk érdességet mérni.



13. ábra.

Az analízátornak nagy méretű, hátsó megvilágítású, LCD-kijelzője, rendkívül gyors hőnyomtatója, RAM-memóriakártya-olvasója van, és csatlakozó hely egy bővítő ROM-kártya részére. RAM-kártya használatával max. 20 mérési eljárás valamint a mérési adatok (a mérési pontok számának függvényében) tárolhatók és előhívhatók. ROM-kártya használatával lehetőség van CNOMO szerinti kiegészítő paraméterek alkalmazására.



12. ábra.

A készülék a következő paramétereket ismeri alapkvitelben: Ra, Rq, Rz, Ry, D, Rt, S, Pc, Sm, HSC, tp1, tp2, tp3, BAC1, AVG1, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2, illetve ROM-kártyával Sk, Ku, BAC2, AVG2, δ_a , δ_q , λ_a , λ_q , Lo, Ir, R3z, Rp, Pv, Rpm, Rvm és Rc a CNOMO szerint. A nagyítás vertikális irányban 50–100.000 x-es, horizontális irányban 1–1000 x-es.

Az SV-402 alapkvitelben rendelkezik statisztikai számítási funkcióval. Három kimenete is van, úgymint DIGIMATIC, RS-232C és analóg. Ez a készülék már alkalmas arra, hogy számítógéppel összekötve egy bővebb, még több szolgáltatást nyújtó kiértékelést végezhesünk.

A Surftest SV-600

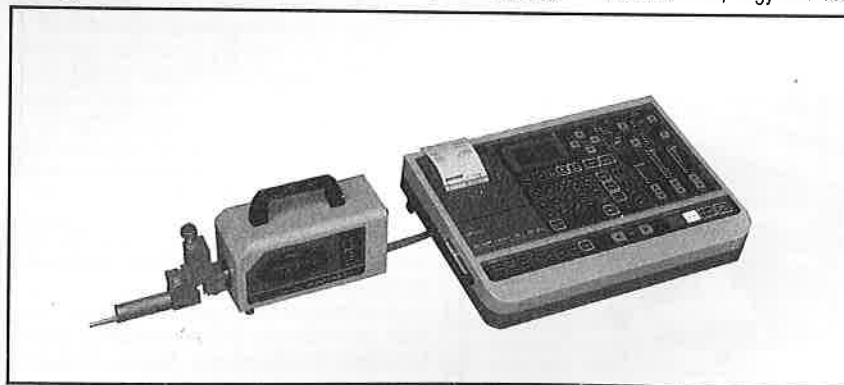
A Mitutoyo cég legnagyobb érdességmérő berendezése, amely a sokféle kiértékelési lehetősége miatt elsősorban a kutatási és a fejlesztési területeken alkalmazható. Az SV-600 egy mérő hardverből és egy Windows alatt futó mérő és kiértékelő szoftverből áll, (13. ábra).

A vonszolóegység robusztus állványra van szerelve, természetesen motorikusan mozgatható. A számítógépes támogatás igen tág határokat biztosít a kiértékeléshez. Minden időrabló feladatot, mint pl. a beállított mérési eljárások, a beadott és kezelt különböző vizsgálati lefolyások paramétereit, vagy éppen a mérési adatokat tárolni és újra előhívni lehet.

Igy a már egyszer felvett és eltárolt profil tetszőleges számban és annyi módon tudjuk kiértékelni, amennyire a gép csak képes. Hogy ez a képes mit is jelent, nézzünk egy rövid felsorolást arról, milyen érdességi és hullámosági paraméterek közül választhatunk: Ra, Rq, Rz (DIN), Ry (DIN), Rp, Rpm, Rpi, Rv, Rvm, Rvi, Rt, Rti, R3z, R3zi, R3y, Rc, S, Sm, HSC, δ_a , δ_q , λ_a , λ_q , Sk, Ku, Lo, Lr, tp1, tp2, tp3, tpr, Rk, Rpk, Rvk, AVG1, Mr1, Mr2, A1, A2, R, AR, RMX, PT, F, NR, NCRX, CPM, SR, SAR, W, AW, WMX, WTF, NW, SW, SAW.

Alapkiépítésben 2CR (fáziskorrigált és nem fáziskorrigált) és Gauss-szűrőkkel (DIN 4777-szerint) van felszerelve. Hengeres vagy gömb alakú alkatrészek mérésének megkönnyítésére rádiusz kompenzációs funkcióval rendelkezik. A nagyítás vertikális irányban 100–500.000x-es, horizontális irányban 1–10.000x-es, mely értékek fokozatmentesen állíthatók.

951 016 153



11. ábra.

Mitutoyo

hivatalos szervize

★
hivatalos kereskedője

TESTOR

Antimonos ólomrácsok szilárdságnövelése

Dobránszky János–Precskó József

Bevezetés

A savas-ólom akkumulátorok gyártása során nagyon lényeges, hogy az öntött rácsok szilárdsága elérjen egy olyan értéket, amely a gyártási folyamat egyes szakaszaiban biztosítja, hogy a rácsok a mechanikai terhelések ellenére ne deformálódjanak. Csak olyan megoldások jöhetnek számításba, amelyek a kész akkumulátor elektromos, elektrokémiai és felhasználói tulajdonságait – s korántsem mellékesen: az árát – nem befolyásolják kedvezőtlenül.

A Perion Rt. és a BME együttműködésében olyan célt fogalmaztunk meg, hogy a savas-ólom akkumulátorok hagyományos Pb-Sb rácsötvözetének szilárdságnövelési lehetőségeit feltárjuk. Az adott cél megvalósítására a szóbanforgó ötvözet (melynek kémiai összetétele súly%ban: Sb = 1,70, Se = 0,024, As = 0,110, Sn = 0,054, Cu = 0,010, Bi = 0,019 továbbá 2 ppm Cd, 5 ppm Ni és 10 ppm Zn) azon jellegzetességét használtuk ki, hogy kitűnően alkalmazható a kiválasztott keményedésen alapuló, klasszikusnak mondható szilárdságnövelési módszer, ugyanis az antimon oldhatósága az ólomban a 252°C-on lehetséges 3,5 súly% értékről a hőmérséklettel rohamosan csökken.

Az ólomrács szerepe az akkumulátorban

A kentlemezes ólomakkumulátorok rácsainak két alapvető funkciójáról kell beszélni. Az egyik az aktívanyag mechanikai megtartása, hordozása, a másik az áramvezetés.

Tartó-hordozó funkció

Az ólomvegyületekből álló aktívanyagot speciális célgépek segítségével kenik, préselik a rácsszalák közé. A kenéstechnikától függően különböző méretű ólomkeret övezi a rácsszalákat, ami megvezeti a kenőhengert és távtartóként meghatározza a rácsba kenhető aktívanyag térfogatát. Rendkívül fontosak az ólomrácsok szilárdsági jellemzői, mivel az akkumulátor működése során többféle mechanikai igénybevétellel kell számolni. Az egyik ilyen igénybevétel a rázás, amely végigkíséri a rácsokat „életük” során a gyártás közben végzett szereléstől és anyagmozgatástól a gépjárműben történő működésig. A rezgés csökkenthető ékeléssel, műanyag kiöntéssel, de teljes mértékben nem küszöbölhető ki. A másik igénybevétel az aktívanyag folyamatos térfogatváltozása, mely a működésre jellemző töltés-kisütés eredménye. E térfogatváltozások folyamatos hajlítógénybevételt jelentenek a rácsszalákra (egy targonca cellarácsánál akár 1000 fölötti ciklusszámmal is kalkulálhatunk). A harmadik igénybevétel csak a pozitív rácsokra jellemző, melyek esetében az akkumulátor működése folyamán, az üzemeltetési paraméterektől függően, a rács folyamatosan oxidálódik, változik a mérete, a térfogata. A méretnövekedés az előbb említett targonca cellánál az élettartam során több milliméter, amit a gyártók a póluscsonk kialakításánál vesznek figyelembe.

A mechanikai jellemzők javítására az általában 99,98% tisztaságú ólmot antimonnal (1,4–10%), arzénal, szelénal, ónnal (0,01–0,2%), illetve egy másik ötvöztési rendszer szerint kalciummal (0,02–0,2%), alumíniummal, ónnal (0,02–0,7%) ötvözik. Természetesen az ötvözők mennyiségének határt szab az akkumulátor egyik legfontosabb jellemzője, a vízfogyasztás, amely az ötvözőtartalommal fordítottan arányos.

Áramvezető funkció

Nem kisebb fontosságú az előbb ismertetettnél a rácsok áramvezető funkciója. Különösen a nagy áramerősségű terheléseknek alávetett konstrukciónál – a megfelelő aktívanyag-kihasználás érdekében – rendkívül fontos a megfelelő méretű és elrendezésű rácsszerkezet kialakítása. Itt is ki kell emelni a pozitív rácsokat, hiszen a kereszt-

metszet tervezésekor figyelembe kell venni a rácsszalák folyamatos oxidációját, és az élettartam utolsó szakaszában is biztosítani kell a megfelelő áramvezető keresztmetszetet.

A két itt említett rácsfunkció figyelembevételével, az akkumulátor méretétől és igénybevételétől függően, különböző méretű és konstrukciójú rácsokat alkalmaznak. Ezek megtervezésekor, mint már jeleztük, tekintettel kell lenni az akkumulátorok tömegének limitálására és a gazdaságossági tényezőkre is. A már említett két fő ötvöztési rendszerre visszautalva, a rácsötvözetek kiválasztásánál a jellemző tendencia az Sb-tartalom csökkentése, illetve a kalcium antimon helyettesítő alkalmazása. Ezek a tendenciák helyezették előtérbe a rácsok szilárdságának öregítéssel történő növelését, ui. a csökkenő Sb-tartalom növeli a rácsok természetes keményedésének idejét, ami rontja a termelés rugalmasságát, növeli a raktározási igényt. Az alacsony hőmérséklet – téli tárolás – ugyancsak ezeket a hátrányos tényezőket erősíti.

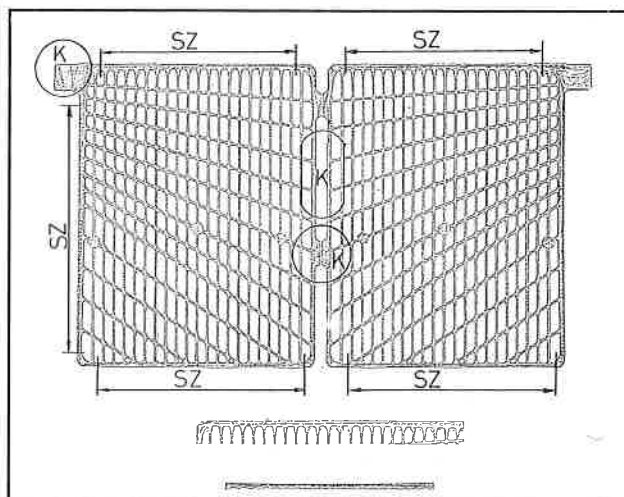
A vizsgálatok technikája

A témában közölt publikációk is alátámasztják, hogy az antimonos ötvözetben a kiválasztott képező zónák szubmikroszkópiusak, egyes ötvözetekben pedig, amennyiben az öntést nem mélyhűtés és alacsony hőmérsékletű tárolás követi, a kiválasztási folyamatok gyors előrehaladása csak azok kései szakaszának megfigyelését teszi lehetővé. Ez a körülmény is indokolta, hogy olyan vizsgálati technikát alkalmazzunk, amely egyszerű és megbízható módszert jelent a rácsok anyagában bekövetkező szilárdságnövekedés ellenőrzésére.

Szakítóvizsgálat

A szakítóvizsgálattal a rácsanyagok szakítószilárdságát (R_m) és egyezményes folyáshatárát ($R_{p0,2}$) határoztuk meg, mint szilárdsági mérőszámokat. A vizsgálat céljára használt próbatesteket az 1. ábra szerint munkáltuk ki közvetlenül az öntött rácsból (SZ). Tehát nem külön formába öntött próbatesteket vizsgáltunk – ami egyébként szokásos gyakorlat volt mindeddig –, hanem a rácsokból, mint szerkezetekből vettük ki a próbatesteket, mégpedig olyan helyről, ami a rács egészének szilárdságát illetően eleve a leglényegesebb összetevő. A szakítószilárdság és az egyezményes folyáshatár meghatározásához az alábbi formulával számítottuk az S_0 effektív keresztmetszetet:

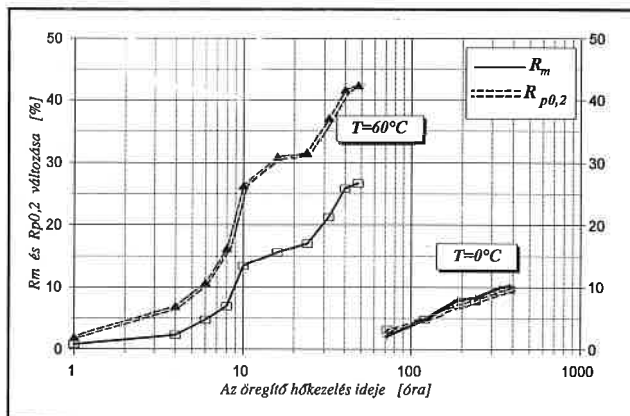
$$S_0 = \frac{D_N^2 \cdot \pi}{4}, (\text{mm}^2); \text{ és } D_N = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\rho \cdot \pi \cdot L_0}}, (\text{mm})$$



1. ábra. Mintavétel az öntött ólomrácsból

A képletekben D_n az „effektív átmérő”, M a próbatest tömege, ρ az ötvözet sűrűsége, L_0 pedig a próbatest hossza. A próbatestek hosszváltozásából a nyúlás is meghatározható, de jelen esetben számunkra ez érdektelen volt.

A rácsötvözet szakítószilárdsága az öntést követően 37,8 MPa, egyezményes folyáshatára 27,2 MPa értékű volt. Ennek a kiinduló szilárdságnak a változását vizsgáltuk különböző tárolási és mesterséges öregítési feltételek hatására, ílmódon modellezve a gyártási technológia adott körülményeit. A 2. ábra mutatja be a szilárdsági jellemzők változását két különböző hőmérsékleten végzett öregítés után.

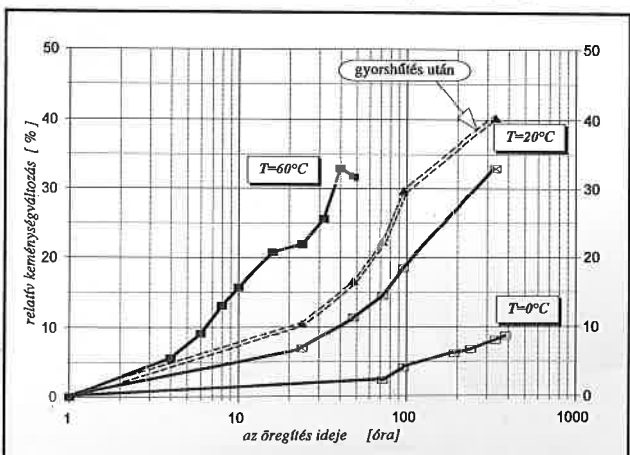


2. ábra. A szakítószilárdság (R_m) és az egyezményes folyáshatár ($R_{p0,2}$) százalékos változása az öregítő hőkezelés közben

A keménységmérés

A lágy ötvözetek keménységének méréséhez leginkább a Brinell-módszert alkalmazzák, így a témába vágó publikációk zöme is Brinell-keménység értékeket (HB) közöl. A vizsgálatokat 15,625 kp terheléssel, 2,5 mm átmérőjű golyóval, 15, illetve 30 s terhelési idővel végzik, általában 6–8 mm vastagságú próbatesteken.

A 0,8–1,5 mm vastagságú rácskereteken való mérésekhez mi a kisterhelésű Vickers-keménységmérést alkalmaztuk 500 g terheléssel ($HV_{0,5}$) 15 s terhelési idővel. A próbatesteket a méréshez az 1. ábra K jelű helyeiről vágtuk ki. Előkészítésük 800-as finomságú csiszolópapíron nedves kézi csiszolással történt, polírozást nem alkalmaztunk. Az ötvözetből öntött rácsok átlagos keménysége közvetlenül az öntést követően: $HV_{0,5} = 11,9$ értékű volt. Ennek változását mutatjuk be a különböző öregítési feltételek hatására a 3. ábrán. Ezen az ábrán, az előzőleg bemutatottak mellett, látható a 20°C-on tárolt ötvözet keménységének változása is, mégpedig két különböző hűtési sebességgel kombinálva. Látható, hogy a levegőn lehűtött rács keménysége elmarad a vízben gyorsított rácsétól. A keménységnövekedés eltérésnek mértéke a 15%-ot is eléri, a $HV_{0,5}$ keménység értékének



3. ábra. A relatív keménységváltozás az öregítő hőkezelés közben

eltérése pedig 10–12%. Azt az egyéb kísérleti tapasztalatok alapján tesszük hozzá, hogy a legmagasabb hőmérsékletre vízben lehűtött rácsra érhető el a legnagyobb keménységnövekedés.

A Pb-Sb kétalkotós ötvözetben az α -szilárdoldat maximális Sb-tartalma 252°C-on 3,5 súly%, a hőmérséklet csökkenésével pedig rohamosan csökken az oldható Sb-tartalom (korlátolt oldódás). 1,7% Sb-tartalomnál, tehát a vizsgált rácsokban, kb. 200°C-on indul meg az antimon kiválása, amely lassú hűtés esetén a csaknem tisztán Sb-tartalmú β -szilárdoldat nagy méretű, makroszkópikus csomóinak egyensúlyi második fázisként történő kiválását jelenti. Ellenben, ha a lehűtés gyors, az egyensúlyi kiválás nem tud végbemenni, az α -szilárdoldat nagymértékben túltelítetté válik, hiszen a szobahőmérsékleten egyensúlyi, néhány tizedszázalék Sb helyett 1,7%-ot tartalmaz. A keménységi folyamat ennek a nemegyensúlyi, metastabil állapotnak az újrendeződését jelenti, melynek során olyan atomcsoportok, zónák jönnek létre, amelyek nagyon finom, diszperz eloszlást mutatnak az ólom mátrixban. A kiválások mátrixszal alkotott határfelülete koherens, de a koherencia romolhat a kiválási zónák méretének növekedésével. A kiválások jelentősen akadályozzák a diszlokációknak a mozgását, ami a keménység növekedésében fejeződik ki (a diszlokációk mozgásához szükséges feszültség ugyanis jelentősen megnövekszik, ha azoknak a mátrixszal koherens határokat képező kiválásokon kell „átvágni” magukat). A kiválási folyamatok a metastabil állapotból természetes módon is végbemennek (természetes öregedés) – ezt tükrözik az előző ábrák is –, de hőkezeléssel jelentősen meggyorsíthatóak (mesterséges öregítés), lévén ezek is természetesen aktivált folyamatok.

Összegzés

Az olyan ólomötvözetekben, amelyeknek a kémiai összetétele olyan, hogy valamely ötvöző oldhatósága a hőmérséklettel csökken, sikeresen alkalmazható szilárdságnövelő módszer a kiválások keménysítés. A szakítóvizsgálatból meghatározott mechanikai tulajdonságok és a keménység relatív változását feltüntető 2. és 3. ábra világosan jelzi, hogy a vizsgált antimonos ólomötvözet esetén 10–12 órás hőkezeléssel számottevő szilárdságnövekedés érhető el, különösen az egyezményes folyáshatár növekedése jelentős, ami igen kedvező a feldolgozás során, ugyanakkor kb. 40 órán túl a hőtartási idő növelésének már nincs igazán kedvező hatása, sőt a túlóregítés veszélye léphet fel. Tapasztalataink és az előzőekben ismertetett alapján leszögezhető, hogy a lágy anyagok mechanikai tulajdonságainak vizsgálatára általunk alkalmazott metodika eredményes, alkalmazható. A Vickers-keménységmérés alkalmazása és a szerkezetből kimunkált próbatestekkel végzett szakítóvizsgálat szükséglettelenné teszi a vizsgálati próbatestek külön történő legyártását, tehát közvetlenül a gyártmány mechanikai tulajdonságai határozhatók meg a vizsgálatokból.

Felhasznált irodalom

- Prohászka János: A közepes hőmérsékleten igénybevett fémek szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságainak várható fejlődése, Műszaki Tudomány 44, 1971.
- W. F. Gillian–D. M. Rice: Grid-Alloy Age-Hardening and its Effect On Battery Manufacturing Processes, Journal of Power Sources, No. 38. 1992.
- D. Berndt: Stationary Lead-Acid Batteries With Selenium Alloys, VARTA, Spezial report, 1/1980.
- Lendvai János: Kiválások keménysége, Magyar Fizikai Folyóirat, XXIX. 3. 1981.
- Prohászka János–Répási Gellért: A szerkezeti acélok szilárdságnövelésének mechanizmusai, A szilárdságkutatás újabb eredményei, Akadémia Kiadó, Budapest, 1988.
- Binary Alloy Phase Diagrams, szerk.: T. B. Massalski, ASM International, 1990.

951 019 146/147

rapport

The latest news in applied Instron technology

- Getting hip at 65
- The great shake of 1755
- Hanging by a thread
- Going with the grain in Japan

Instron active

Instron is playing an essential role in helping older citizens feel young again. Our 8511 Biomechanic testing systems are proving the resilience of the artificial



hips, knees, shoulders and ankles that many people of mature years now benefit from.

More than half a million hip joints and 200,000 knee joints are replaced each year, thanks to

improvements in design by experts such as the AEA Biomedical Research Centre, and by the fatigue testing of prostheses carried out on Instron equipment.

At AEA, they are testing hip components using loading patterns

recorded from actual patients who have been fitted with artificial hips. The implants are tested by embedding the stem into a tube with cement and loading through the head of the implant, using the Instron system to reproduce the

precise loading patterns.

The aim is to double the typical life of these implants from 15 to 30 years, giving recipients of the artificial joints the welcome prospect of a much longer active, sporting life.



Satisfying the Sausage Standard

The Spanish know what makes a superior sausage. One of the key ingredients is an Instron 4301, specially imported to test meat products including lamb, cured ham and the "Longanizas" cured sausage which is so popular in Spain.

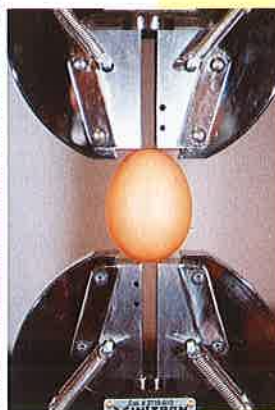
With Instron food-testing fixtures attached, the Facultad Veterinaria at the University of Zaragoza in Aragon can evaluate product quality and curing state of the product. Using Instron's Series IX V.5 software, they can measure and compare the all-important characteristics of puncture resistance, shear and compression strength for batch after batch of sausages.

Longanizas, like Salami, are air-cured products which take time to reach their best and are quite hard when fully cured. The puncture resistance is used to tell whether the process is complete, if the resistance falls as the probe progresses, the centre of the sausage is soft and not fully cured.

A good sausage is one that shows steady resistance throughout.



WHAT BREAKS NEW GROUND, BUT WON'T SMASH AN EGG?



Take one egg, place gently in a receptacle and suddenly release a heavy load above it at full speed. A recipe for a smashed egg? Not with the Instron 5500 series.

Without the aid of any form of magic trickery, the ground-breaking 5500 can handle any object with the gentlest of touches. Called Specimen Protect, the feature has benefits in applications such as ceramics testing, in which the slightest overload can ruin a specimen before the test has even begun. Specimen Protect detects an increase in load fast enough to ensure that the egg doesn't even crack.

Specimen Protect is just one of the many new features which have been incorporated into the 5500 Series as a result of a global survey which Instron carried out whilst developing the product. The others are detailed in a new brochure – ask your local Instron representative for details.



Read Any GoodBooks Lately?

So it may not top this summer's best-selling book lists, but there's a new book out now that people in many industries will find they just can't put down.

Packed with more than 1,000 of the latest and most popular accessory products from the Instron range, the "Instron Direct" catalogue is a 120-page production and is available to all decision makers and buyers throughout Europe, the Middle East and India.

Amongst the transducers, temperature cabinets, grips, software, plotters and furnaces are new releases such as our Video Extensometer, which measures strain and extension without making contact with the test specimen and without the errors inherent in line-scan laser-based systems. For the full story, put yourself on the mailing list by calling 0494 464646.



WHAT'S THE COST OF QUALITY?

It's probably less than you think, if you're considering Instron's latest innovation.

The new Instron 4411 Testing System has been developed to bring new levels of quality to the largest possible market by selling at a competitive price that ensures the best value for money.



Despite its bargain price, the 4411 delivers impressive and useful performance. With its 5kN load capacity, it's ideal for rigid plastics, composites and light metal tests. A maximum speed of 500mm/min means you can test all sorts of elastomers and it has a load weighing accuracy of 0.5%, all in all it's capable and versatile. It can also be linked directly to your computer and our hugely successful Series IX software package can be used for setting up and reporting materials



tests in tension, compression, flexure, peel, tear and friction. The cost of quality doesn't need to be high with the new 4411 - it's lots of testing for your money.

Instron make good, for wood testing



How to test 5 metre long, 40 cm diameter columns of Japanese Cedar was the task set by Japan's Kyoto University Wood Science Laboratory (above), a task taken up by Instron Ltd and Instron Japan as a joint venture.

The Japanese cedar poles are used as telegraph poles and in civil engineering projects and had to be accommodated in the 1MN servohydraulic system so they could be tested in compression at loads of up to 600kN, within the confines of the laboratory (below right).

The system, which is 9 metres wide and 5 metres high is sunk into the working area and incorporates a base which weighs approximately 10 tons. The machine was built in the High Wycombe, U.K., factory and the base was fabricated locally in Japan. An important factor in clinching the order was the requirement that the machine should be ready for the opening of the new Wood Science Laboratory building in April 1994.

To meet the deadline, the base design was sent to the Japanese manufacturer while work commenced in High Wycombe on the frame and control system.

Finally the frame and electronics, which comprised an Instron 8500 Series servohydraulic controller, were air-freighted to Kyoto where all the elements were assembled on-site. The installation was completed on time and to the client's satisfaction.

The four-point flexure fixture provided with the system, designed by Instron Japan, is immense - accommodating tests with a lower span of 8 metres and upper span of 3 metres, the laboratory are using this in the testing of fibreboard materials at loads of up to 300 kN.



'A tiger has been released in the Instron 8502,' says Vidar Granerød, Materials Testing Manager of Norway's Jotun Polymer, Europe's leading supplier of gelcoat and polyester resins. The 8502 has opened up a completely new world of materials testing for Jotun Polymer whose products are sold throughout the world. With its totally digital design and multiprocessing capability the Instron 8502 is not subject to the limitations imposed by analogue and hybrid systems, and virtually any test requirement can be met, including Jotun's tension, compression, torsion and long term fatigue tests. "Our investment in Instron's latest technology will strengthen our competence and knowledge, particularly with respect to advanced composite materials", says Mr Granerød.



BRIDGING THE SAFETY GAP



You'll find it in the Second Severn Crossing (one of Europe's biggest construction projects, providing an alternative link between England and Wales) and in countless other new concrete-based building structures around the world. We're talking about wire rope, one of the foundations of new building technology.



Yet is wire rope being stretched beyond its capabilities? Diameters of 250mm and loads of 4000 tonnes are now the norm, but it is the strength to weight ratio of these ropes that is becoming the limitation, and the race is now on to find alternative materials.

Instron is taking the strain with a variety of systems capable of testing both multistrand and reinforcing ropes, all available with a new

design of grip that can be used for both tensile quality assurance and high cyclic fatigue testing, and overcomes the risk of slippage or damage which is the major difficulty experienced in testing these ropes.

Instron have recently supplied two systems for testing wire ropes based on 8500 Series Servohydraulic systems to perform to two standards developed for wire rope testing - ASTM A416 and EN 138-79. They had to be capable of testing cables up to 15.7mm in diameter and 1.5 metres in length (to ensure that a representative number of twists in the wire are included in the rope), consequently the machines are 40 to 50% taller than standard models. To work with these systems Instron designed a new long travel extensometer with a gauge length of 500mm specifically for the purpose.

Taking wire rope of such strength to its limits is a demanding and potentially risky process. Instron has minimised the risk and made safety for bridges and modern structures more scientifically refined and reliable.

Generating more G's

Astounding forces are at work in the Formula One Grand Prix world. Not just the army of technicians, mechanics and pit crew, but the lateral, longitudinal and vertical forces that are generated by cars reaching speeds of around 200mph.



Recent tragic events at the San Marino Grand Prix and Imola have stimulated the drive for greater safety and controllable performance. Now Instron is making a major contribution by taking another potential risk out of the equation.

Testing for optimum suspension set-ups and making allowance for the 4g to 5g exerted on high-speed corners is a demanding business. Using a driver and hiring a circuit is unreliable (a driver can't be expected to complete every lap exactly the same) and expensive. There are also potentially catastrophic consequences should the component being tested fail.

That's why top-running teams such as McLaren now use Instron 8500 series simulation testing equipment, effectively bringing the test track into the laboratory. Now a minimum amount of work on the test track recording data is all that's needed, Instron's SPIDAR-2 software

then takes this data and produces drive signals for the rig which closely mimic the original test track effects, thus giving engineers the precise information they need to construct and test prototypes comprehensively and secretly.

Two main types of Instron installation provide this valuable data. The four-post ride simulator reproduces the track surface for lap after theoretical lap. A corner rig allows each wheel's reaction to be analysed separately, measuring its response to all the loads imposed on it.



In their quest for minimum weight, maximum performance and durability, it's likely that more F1 teams will make our expertise a central part of their testing programmes. In a world where every team is looking for the edge, we can help them find a safer margin.

THE BIKING JACKET'S TOUGHEST TRIAL



BMW's biker gear is as well-made as their bikes. That's the message their ad agency wanted to get across - and they relied on Instron to do it.

The idea was to prove the strength of the BMW suit's Kevlar panels and specially developed Schoeller K-300 fibre, by suspending a BMW bike from it. Not unnaturally the concept had to be tested first which is when Instron stepped in with a 5583 system to check the jacket and an extra-height

4505 to try out the trousers.

Using our Instron Merlin software, the jacket was put through a tensile test and easily withstood 281kg (the weight of the bike used in the ad). In fact, it survived loads equal to the weight of BMW's heaviest bike, although it lost a stitch or two in the process.



SCALING DOWN A 'QUAKE

The behaviour of a major earthquake is understandably difficult to predict. Now a significant step forward has been taken in Lisbon, Portugal, itself devastated by a catastrophic 'quake in recent history.

On All Saint's Day in 1755, "a strange and frightful noise underground" (as one survivor described it) presaged the first of three shocks that were to claim around 100,000 lives in what was then one of Europe's busiest ports.

Eighty-five per cent of Lisbon's stone houses were destroyed; the chandeliers rattled at Fahlun in Sweden, 2980 km away.

Until now, understanding how buildings behave in a 'quake of this magnitude has been restricted by

the lack of suitable testing facilities. Reproducing accurate results demands a rig big enough to accommodate a large scale model; necessary because scaled down building materials don't perform as they do in real life.

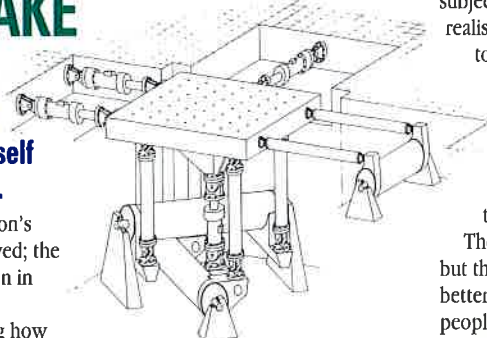
At the laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) in Lisbon, Portugal, they're using

Instron equipment to build one of the largest 3-axis shake tables in Europe. LNEC's Instron system overcomes one of the greatest difficulties encountered in earthquake simulation: achieving accurate reproduction of the short, violent motion in the vertical and both horizontal axes. With a payload of 30 tonnes, this table can subject large scale models to realistic shocks from minor tremors to the most violent earthquakes,

measuring their reactions with accelerometers and other transducers.

The acid test is whether the building survives its ordeal.

The model may end up as rubble, but the real buildings will have a better chance of standing firm and people in cities such as Lisbon, with a history of earthquakes, will sleep more safely in their beds.



Earthquake testing rig at LNEC Lisbon



Rawlplug is one of the construction industry's best known names in wall fixings and bolts. They've recently taken steps to cement their esteemed status by turning to Instron's technology to test the pull-out strength of their wall-bolts.

Rawlplug are using their 250kN capacity single-actuator rig, which includes an 8500 Series servohydraulic controller, to determine the relationship between the load that it takes to forcibly pull the Rawlbolt out, and the amount by which it moves. They are particularly interested in what

happens in the first stages of movement - less than 0.1mm. By examining a test plot of pull-out distance against load, important phenomena can be evaluated and parameters such as energy expended in extracting the fixture can be calculated.

The test is set up using Instron Series IX software, then an increasing tensile load is applied until pull-out occurs. It is not unusual for the concrete test block to fail before the fixture does! Rawlplug also carry out pull-out tests on pre-cracked concrete samples which are simultaneously subjected to cyclic loads.

This must be reassuring news for Rawlplug and all the companies who rely on their products to uphold their own reputations.

ENJOY THAT MAGIC CARPET RIDE

When Ford launched their new Anglia model in the early fifties, they advertised it as "the car with the magic carpet ride". We might scoff at the claim now, but that's because modern cars have made such great advances in ride comfort and refinement, and the biggest improvements of all have been in reducing NVH - Noise, Vibration and Harshness.

The Ford Motor Company Limited is getting ever closer to genuinely achieving those magic carpet qualities, by undertaking a massive NVH research programme. A large part of the programme is concerned with the quality and durability of their engine mountings. Mountings are becoming ever more sophisticated to improve car occupants' comfort and that means more accurate and comprehensive testing is needed to prove a design's viability.

Ford are one of the first customers for RS Plus, Instron's new

MS Windows-based software for test rig control. Used in conjunction with SPIDAR-2 simulation software, it reproduces the characteristics of Ford's prototypes as they're driven over their tortuous test tracks. Combined with an Instron test rig that uses nine servo-hydraulic actuators to shake the engine on its mountings and apply acceleration and braking loadings, the whole life cycle of a car can be tested in a fraction of the time it would normally take.



Saving time isn't the only RS Plus point for Ford. The system lets them pick up on any piece of data, at any time, for detailed analysis, or run unattended tests - overnight, for example. Any sequence of driving conditions can be simulated, with instant access to the results.

Instron's RS Plus software makes testing straightforward, yet remarkably sophisticated, precisely the image that Ford is striving for in their new cars.

EUROPE

Belgium, Netherlands and Denmark
Edgemoor Tel: (013) 454-4504 Fax: (013) 454-1244
France
Guyancourt/Paris Tel: 1-3057-2353 Fax: 1-3064-6711
Germany, Austria and Switzerland
Offenbach/Main Tel: 0621 6907-280 Fax: 0621 6907-165
Italy
Milano Tel: (02) 580 00 003 Fax: (02) 580 09 88
Spain and Portugal
Barcelona Tel: (93) 330-8858 Fax: (93) 490-4712
Sweden, Norway and Finland
Stockholm Tel: (08) 640 22 78 Fax: (08) 640 46 02
United Kingdom
High Wycombe Tel: (0494) 464646 Fax: (0494) 456123

USA

California
Los Angeles Tel: (310) 596-5771 Fax: (310) 430-0792
San Francisco Tel: (408) 732-0432 Fax: (408) 732-4239
Delaware
Wilmington Tel: (302) 478-2800 Fax: (302) 478-2804
District of Columbia
Washington Tel: (703) 860-2272 Fax: (703) 860-2591
Georgia
Atlanta Tel: (404) 457-4318 Fax: (404) 457-8859
Illinois
Chicago Tel: (708) 825-6611 Fax: (708) 825-7597
Massachusetts
Boston Tel: (617) 828-2500 Fax: (617) 575-5753
Michigan
Detroit Tel: (313) 522-3080 Fax: (313) 522-6242
Minnesota
Minneapolis Tel: (612) 831 6654 Fax: (612) 831 6689

New York

New York Tel: (201) 379-7676 Fax: (201) 379-5257

Ohio

Akron Tel: (216) 920-1463 Fax: (216) 920-0974

Dayton Tel: (513) 299-0796 Fax: (513) 299-7142

Texas

Dallas Tel: (214) 520-9200 Fax: (214) 520-0310

Houston Tel: (713) 449-9502 Fax: (713) 449-6512

Washington

Seattle Tel: (206) 251-0292 Fax: (206) 251-9502

CANADA

Toronto Tel: (905) 333-9123 Fax: (905) 639-8683

SOUTH AMERICA

Argentina

Buenos Aires Tel: 1-552-5130 (COASIN) Fax: 1-111-427

Brazil

São Paulo Tel: 11-284-4885 Fax: 11-284 9626

ASIA

China

Beijing Tel: 1-849-8103/8102 Fax: 1-849-8103

Japan

Tokyo Tel: 044-853-8520 Fax: 044-861-0411

Osaka Tel: 06-380-0306 Fax: 06-337-2390

Nagoya Tel: 052-201-4511 Fax: 052-201-4512

Korea

Seoul Tel: 2-552-2311/2312/2313 Fax: 2-555-9180

Singapore

Tel: 774-3188 Fax: 774 1837

Taiwan

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

AUSTRALIA

Victoria Tel: 3-720-3477/3478 Fax: 3-720-3728

New South Wales Tel: 2-878-6248 Fax: 2-878-6241

© Copyright Instron 1991

Dinamikus mechanikai anyagvizsgálatok mérés-technikai problémái

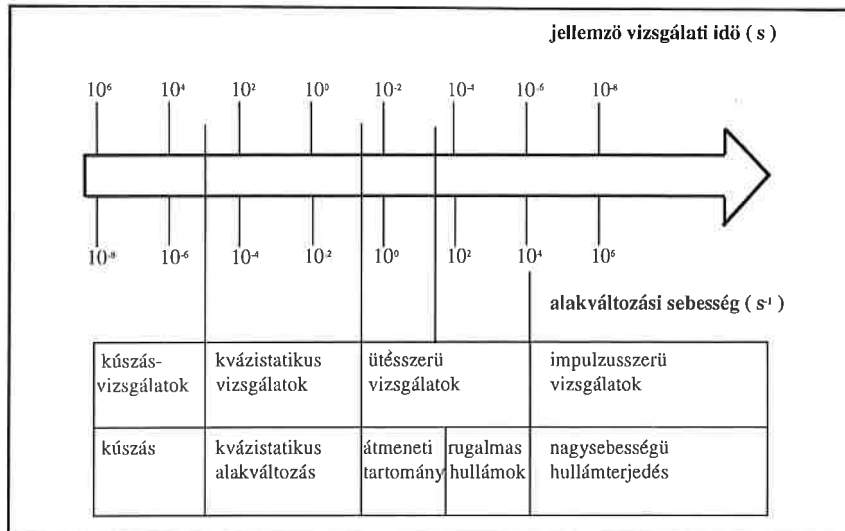
Major Zoltán

A mérés-technika, az elektronika és a számítástechnika fejlődése új lehetőségeket nyitott meg az anyagvizsgáló szakemberek számára az anyagok tulajdonságainak pontosabb megismeréséhez. Lehetővé vált a különböző szerkezeti anyagok, alkatrészek olyan terhelési, környezeti feltételek mellett történő vizsgálata is, amire korábban nem, vagy csak speciálisan felszerelt laboratóriumokban volt lehetőség. A számítástechnika, a CAMT (Computer Aided Material Testing) alkalmazása jelentősen lerövidítette a vizsgálatok elvégzéséhez, kiértékeléséhez szükséges időt, és megnövelte a vizsgálatok információ-tartalmát. Ezzel egyidejűleg jelentkeztek olyan mérés- és vizsgálat-technikai problémák, amelyekkel korábban nem találkozott az anyagvizsgáló. Ha a mechanikai anyagvizsgálatok felosztását tekintjük, hosszútávú kúszás, statikus-kvázistatikus, ismétlődő-fárasztó, dinamikus-ütésszerű vizsgálatok, akkor elmondható, hogy valamennyi területnek megvan a saját mérés-technikai problematikája. A cikkben az utóbbi időben egyre terjedő dinamikus, ütésszerű vizsgálatok mérés-technikai problémáival foglalkozom, ezeken belül is a már szabványosított, vagy a szabványosítás előtt álló vizsgálatokéval.

A vizsgálatok csoportosítása

Az ütésszerű igénybevétel egyáltalán nem olyan szokatlan, ritka jelenség a mérnöki gyakorlatban, amit a tervező, technológus mérnök figyelmen kívül hagyhat. Gondoljunk csak a különböző járművek ütközésére, a különböző anyagok nagy sebességű alakítására, egy sikítés egy védősisak terhelésére, vagy a repülőgépek és madarak ütközésére, hogy csak egészen különböző példákat említsünk. Ahhoz, hogy ezeket a jelenségeket elemezzük és az ütésszerű terhelésnek ellenálló anyagokat, szerkezeti elemeket tervezni, gyártani tudjuk, ismerni kell a dinamikus anyagjellemzőket is. Ezek meghatározásához megfelelő berendezésekre, mérőeszközökre, műszerekre, jelrögzítő és -feldolgozó eszközökre, valamint alkalmas mérés- és vizsgálat-technikára van szükség. Az alakváltozási, törési jellemzők a terhelési sebességgel lényegesen változnak. Különösen igaz ez a műanyagok, műanyag kompozitok esetében, de egyáltalán nem elhanyagolható a fémek anyagai területén sem.

Az 1. ábra mutatja be a jellemző vizsgálati időket és alakváltozási sebességeket a különböző vizsgálati típusokkal [1]. Általában ütésszerű terhelésről akkor beszélünk, ha az alakváltozási sebesség nagyobb mint 100 s^{-1} . Ezeket a nagy terhelési sebességeket különböző módon, különböző berendezésekkel tudjuk megvalósítani. A legfontosabb típusok a következők:



1. ábra

- ingás ütőmű, $E = 1 - 750 \text{ J}$; $v = 3 - 5.5 \text{ m/s}$,
- ejtő súlyos berendezés, $E = 10 - 1500 \text{ J}$; $v = 1 - 20 \text{ m/s}$,
- szervohidraulikus anyagvizsgáló gép, $F_{\max} = 250 \text{ kN}$; $v = 0.01 - 20 \text{ m/s}$,
- pneumatikus berendezések, $v = 1 - 50 \text{ m/s}$,
- portöltettel működő berendezések, $v = 10 - 100 \text{ m/s}$,
- ballisztikus szimulációs berendezések, $v = 100 - 500 \text{ m/s}$.

A mindennapi gyakorlat szempontjából az első háromnak van nagyobb jelentősége. A terhelés módja és az alakváltozási sebesség szerint az alábbi felosztást készíthetjük [2]:

- nyomóterhelés:
 - $< 0.1 \text{ s}^{-1}$ hagyományos szervohidraulikus berendezés,
 - $0.1 - 100 \text{ s}^{-1}$ speciális szervohidraulikus berendezés,
 - $200 - 10^4 \text{ s}^{-1}$ Hopkinson-rúd berendezés
- húzóterhelés:
 - $< 0.1 \text{ s}^{-1}$ hagyományos szervohidraulikus berendezés,
 - $0.1 - 100 \text{ s}^{-1}$ speciális szervohidraulikus berendezés,
 - $100 - 10^4 \text{ s}^{-1}$ Hopkinson-rúd berendezés
- hajlító-nyíróterhelés:
 - $0.1 - 100 \text{ s}^{-1}$ speciális szervohidraulikus berendezés,
 - $10 - 10^3 \text{ s}^{-1}$ torziós ütőgép,
 - $10^3 - 10^4 \text{ s}^{-1}$ lyukasztó (penetrációs) berendezések

- törési vizsgálatok, $[K, (\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1})]$:
 - $2 - 2 \cdot 10^5$ törésmechanikai vizsgálat,
 - 10^5 Charpy ütővizsgálat,
 - $10^5 - 10^6$ hajlítóvizsgálat,

- fáradás:

$0.1 - 100 \text{ s}^{-1}$ ultrahangos fárasztás

A felsorolt típusok közül a gyakorlati alkalmazás szempontjából érdekesebb szabványosított

vagy a szabványosítás előtt álló vizsgálatokat emelem ki. Ilyen pl. a

- ütvelyukasztó vizsgálat (DIN 53373, 53443, ASTM D 3763, ISO 6603-2),
- ütvehajlító vizsgálat:
 - Charpy, Izod (DIN 53453, ASTM 256, ISO 179, EN 45001),
 - Törésmechanikai vizsgálat három pontos hajlítópróbával (K_{Id} , J_{Id} ASTM E24, ESIS),
- ütve(dinamikus)szakító vizsgálat (ESIS, ASTM D1822).

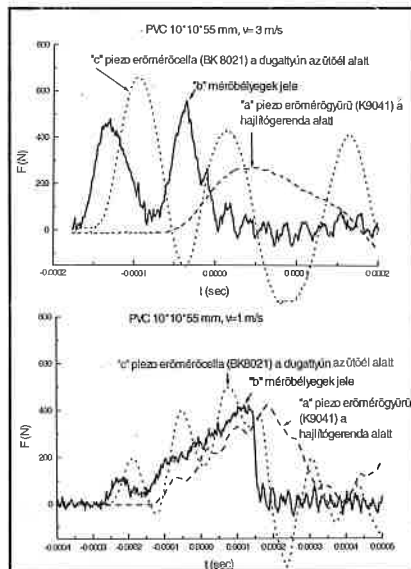
A hagyományos ütővizsgálatok információ-tartalma műszerezéssel jelentősen növelhető, illetve egyes vizsgálatokat már műszerezéssel együtt fejlesztettek ki. A műszerezéshez kapcsolódnak a bevezetőben már említett mérés-technikai problémák. A műszerezés célja alapvetően az alakváltozási törési folyamat során az erőalakváltozás kapcsolatának a meghatározása. Erre különféle módszerek, műszerek alkalmaznak, a következőkben ezek jellemzőit tekintjük át.

Mérés-technikai követelmények

Erőmérés

A gyakorlat szerint a nagyobb terhelési sebességeknél a piezoelektromos elven működő mérőelemek használata ajánlott. Ilyenek pl. a gyorsuláserzékelők, erőmérőcellák, vagy nyomásmérők. A különféle mérőcellák saját frekvenciája (f_0) a max. megengedett terheléstől és a kialakítástól függően $20 - 100 \text{ kHz}$ között változik. Speciális és igen drága indirekt erőmérőelemek (nyomás, nyúlás) esetén elérhető a $300 - 500 \text{ kHz}$. A beépítés, legyen a vizsgálószerszám

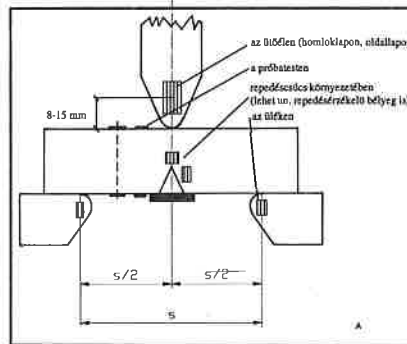
bármilyen célszerűen és átgondoltan is megtervezve, elkészítve jelentősen rontja ezeket az értékeket. Egy beépített piezo-erőmérőcella sajátfrekvenciája 8–12 kHz között mozog és 20 kHz fölé nem vihető. A sajátfrekvencia meghatározza azt, hogy milyen gyors jelet milyen mértékű lengésekkel tudunk mérni. A 2. ábra c görbéje mutat erre egy példát. A beépítésnél több esetben a hely jelent nagy problémát. A vizsgálószerszámok alakja, mérete többnyire pontosan meghatározott és ezekben kell megfelelő merevséggel, védetten beépíteni a mérőelemeket.



2. ábra

A másik erőmérési lehetőség valamilyen nyúlásmérőbéllyel ellátott mérőelem készítése. Számításba jöhet a félvezetős és a normál ellenállás mérőbéllyel is. A félvezetős bélyegek nagy előnye, hogy igen nagy jelet adnak kis terhelés esetén is, nem kell különleges erősítőt alkalmazni. Hátrányuk a magas ár és a hőmérsékletérzékenység. Az egyenáramú (DC) erősítők és a bélyegek gyártási és alkalmazási technikájának fejlődése lehetővé tette a normál ellenállásbélyegek dinamikus méréseknél való alkalmazását is. A mérőbéllyel a vizsgálati elrendezéstől függően egyidejűleg akár több helyen (ülék-befogó, próbatétel, ütőél) is elhelyezhető. A 3. ábra egy műszerezett ütvhajlító vizsgálati elrendezésnél mutatja be a lehetséges helyeket. A legjobb (legkisebb zavaró lengések) jelet a próbán elhelyezett bélyeg adja. Ez esetben a vizsgálatok költségei tetemesen megnövekednek (1000 Ft/béllyeg és előkészítési költség). A 2. ábra három különböző erőmérőelem jelének az összehasonlítását mutatja be. Az a jel egy $F_{max} = 90$ kN piezo-erőmérőgyűrű egy nagy tömegű hajlítogerenda alatt elhelyezve, a b jel egy titánötözetből készült ütőélre ragasztott 350 Ω -os bélyegek jele, míg a c jel egy $F_{max} = 5$ kN piezo-erőmérőcella jele, ami a Ti ütőél alatt a mozgó dugattyún van rögzítve. Az első jel egy teljesen túlcillapított lengés, a második esetben egy gyengén alulcillapított jelet kapunk, ahol az első csúcs az inerciaerőt mutatja, a

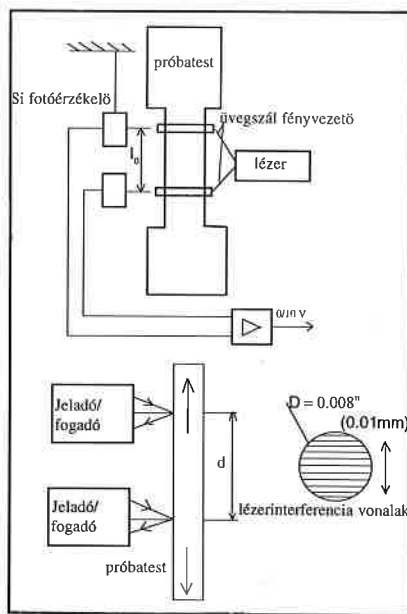
harmadik jel pedig egy gyakorlatilag csillapítatlan lengés, amiből az anyag viselkedése egyáltalán nem hámozható ki. A vizsgált próbatétel PA6 típusú műanyag volt.



3. ábra

Üt- és alakváltozás-mérés

Az egyes berendezéseknél, vizsgálati elrendezéseknél más-más technikát alkalmazhatunk. Az ingás ütőműveknél és az ejtő súlyos berendezéseknél érintkezés nélkül, szervohidraulikus berendezéseknél a dugattyúba beépített LVDT (induktív ütődő) alkalmazható. Ez 1 m/s feletti sebességek esetében többnyire lassú a közvetlen erő-alakváltozás diagram felvételéhez ($TF = 5 - 50$ kHz, amiből az $f_{gmax} = 12 - 13$ kHz), de a sebesség meghatározására alkalmas és így az energiák számításánál használható. A dinamikus szaktípusvizsgálatoknál a nyúlást a próbatétel elhelyezett mérőeszközzel célszerű mérni. A hagyományos felcsippenhető nyúlásmérők nem alkalmazhatók, (nagy tömeg, kis merevség). Rugalmas tartományban a próbatétel elhelyezett mérőbéllyel ($\epsilon < 3\%$), vagy valamilyen optikai elvű (lézeres) nyúlásmérő jöhet számításba. A képlékeny tartományban az optikai eszközök mellett az ún. post-yield mérőbéllyegekkel ($\epsilon = 20\%$) kaphatunk kielégítő eredményt. Ha valamilyen optikai elven működő



4. ábra

műszert választunk (video, lézeres vetítő, lézeres tükröző, lézér doppler), akkor figyelembe kell venni az egyes típusok sebesség (50 kHz), mérestartomány (1–100 mm) és felbontási korlátait (0.02–1 μ m), valamint jó mélyen kell a zsebünkbe nyúlunk. A 4. ábra két különböző lézeres nyúlásmérő elvi vázlatát mutatja be.

A mérési lánc

A teljes mérési lánc minimum a következő elemekből áll:

jeladó – kábel – erősítő – jelrögzítő.

Az 5. ábra egy dinamikus vizsgálatokra alkalmas mérőrendszer elemeit mutatja be a jellemző paraméterekkel együtt.

A dinamikus, nagy sebességű mérések szempontjából az egyik legfontosabb paraméter: milyen gyors a rendszer, milyen a viselkedése a frekvenciaátvitel szempontjából. Ez vagy a sávzélességgel [B, (Hz)], vagy pedig a jelfelfutási idővel [t_a , (s)] a jel 10 és 90% felfutása között eltelt idő jellemezhető. A teljes mérési lánc esetén ezek az alábbi összefüggésekkel számíthatók.

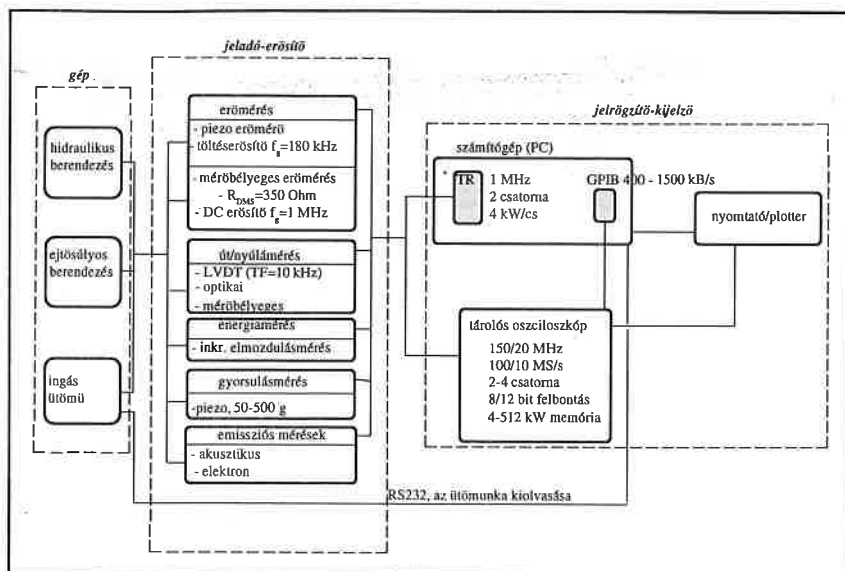
$$B_{tot} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{B_j^2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

$$t_{atol} = \sqrt{t_{a1}^2 + t_{a2}^2 + \dots + t_{an}^2} \quad (2)$$

A jeladó

Egy piezocella esetén a t_a értéke 1–10 μ s. Bélyeges erőmérő esetén $c = 6$ mm/ μ s rugalmas hullámterjedési sebességet feltételezve (acél) egy $L_0 = 6$ mm aktív mérőhosszúságú bélyegnél $t_a = L_0/c = 1$ μ s.

Itt rögtön feltehető a kérdés: a széles kínálatból milyen bélyeget is válasszunk? A válasz nem is olyan egyszerű. Ismernünk kell, hogy milyen anyagot, milyen környezeti feltételek mellett akarunk vizsgálni ($T_{min/max}$). Milyen anyagú az ütőél, vagy a próbatétel amire ragasztani akarunk. Milyen érzékenységet (N/V), milyen élettartamot várunk. A bélyeg érzékenységét a k (gauge faktor) megadja, a mérőelem érzékenységét azonban befolyásolni tudjuk. A fél vagy teljes Wheatstone-hídba kötött bélyegeket különböző tápfeszültségekkel táplálhatjuk meg. Ha nagyobb tápfeszültséggel dolgozunk azonos terhelés esetén nagyobb lesz a kapott jel. Túl nagy tápfeszültség esetén viszont a bélyegek melegszenek, a rendszer instabil lesz. A szokásos bélyegellenállás értékek 120, 350 ohm. Nagyobb ellenállású bélyeg esetén szintén növelhető a tápfeszültség, csökken a kábelek ellenállásának hatása. Milyen legyen az aktív bélyeghossz? Kiseb L_0 esetén a jelfelfutás gyorsabb, de ekkor kedvezőtlenebbek a melegedési viszonyok és a kis bélyegeket sem ragasztani, sem vezetkeznit nem egyszerű. Egy elfogadható kompromisszumot kell tehát találnunk. Ilyen pl. egy 350 ohmos, $L_0 = 6$ mm aktív hosszal rendelkező bélyeg (pl. MM WK 06 250BG-350). A mérőelem-érzékenység növelés másik módja a mérőelem anyagának változtatása. Ha kisebb rugalmassági modulusú anyagot választunk,



5. ábra

akkor a kapott jelet növelhetjük. Itt azonban figyelembe kell venni, hogy a szabványok acél anyagot adnak meg, és az élnek keménynek (keményebbnek mint a vizsgált anyag), valamint megfelelően kopásállónak kell lenni. Műanyagok vizsgálata esetén sikerrel alkalmazhatunk Ti ötvözetből vagy Aralditból készített ütőélt is. Ha az ütőél (erőmérőcella) érzékenyebb, akkor kisebb erősítési értékekkel dolgozhatunk és így javítani tudjuk a jel/zaj viszonyt, valamint, mivel az erősítő sávszélessége függ az erősítéstől, kedvezőbb frekvenciaátvitellel számolhatunk.

A kábelek

A kábelek villamos tulajdonságai is hatással vannak a rendszer sebességére. Általánosan elmondható: célszerű minél rövidebb kábellel összekötni a jeladót és az erősítőt. Ha feltételezünk egy 500 pF kapacitású kábelt, akkor a $\tau = 88$ ns az egyik ágba, tehát a hídban összesen $t = 2\tau$, ebből a $t_a = 2.2t$ összefüggéssel adódik, hogy a jelfelfutási idő 0.4 μ s/m, ami $f_g = 0.91$ MHz-nek felel meg. 2 m kábel esetén ezek az értékek 0.77 μ s, 455 kHz [13].

Az erősítők

A piezo-erőmérőkhöz töltés(csatolt) erősítőt használunk. Itt a mérésstartomány, az érzékenység beállítható. Az erősítő sávszélessége 100–200 kHz között változik. A mérőbázegekhez egyenáramú (DC) erősítőket használhatunk. Itt a sávszélesség max. az 1 MHz értéket is elérheti (a legtöbb gyári műszerezett ütőmű ilyen paraméterű erősítővel dolgozik). Jogos kérdés azonban: mi az a határ ami még elfogadható frekvenciaátviteli viszonyokat ad? Az [5] szabvány ajánlása és több elemzés szerint [6, 10, 11] a 100 kHz-es sávszélesség –3 dB csillapítás mellett elfogadható. Ez esetben a jelfelfutási idő az alábbi összefüggéssel határozható meg [5]:

$$t_a = \frac{0.35}{f_g} \quad (3)$$

100 kHz esetén tehát 3.5 μ s jelfelfutási idővel számolhatunk.

A jelrögzítők

Az erősítő kimenetén egy analóg jelet tudunk regisztrálni. A jelrögzítő eszköznek digitalizálni, rögzíteni, tárolni és lehetőleg ábrázolni kell tudni a jelet. Erre a célra digitális tárolós oszcilloszkóp (DSO), vagy tranziens rekorder használható (TR). Melyek a legfontosabb paraméterek? A DSO esetén a sávszélesség (MHz), a mintavételi sebesség (MS/s), az egy csatornán letárolható pontok száma (kW), és az analóg jel digitális ábrázolási pontossága (bit). Természetesen a DSO-k alkalmazhatóságát még számos egyéb paraméter is jellemzi (trigger típusok, képernyő minősége, mérete, csatornaszám, mérési szolgáltatások stb.). Az 1. táblázatban három, általam önkényesen kiválasztott típus adatai hasonlíthatók össze. A közös, hogy mind 12 bites felbontással rendelkezik és viszonylag nagy memóriával. Ennek megfelelően igen borsos az áruk is.

1. táblázat

Jellemzők	Gyártó, Típus		
	Nicolet Pro 42	Yokogawa DL 3100	Gould 8000
Függőleges felbontás, (bit)	12	12	12
Sávszélesség, (MHz)	10	10	20
Mintavételi sebesség (MS/s)	20	25	10
Mérési csatornák száma	4	2(4)	4
Memória (kW)	256	512	50
Matematikai funkciók	van	van	van
Kimenet RS232, GPIB, Floppy	van	van	van
Képernyő mérete, típusa	esz. z 7"	esz. s 9"	színes 6"

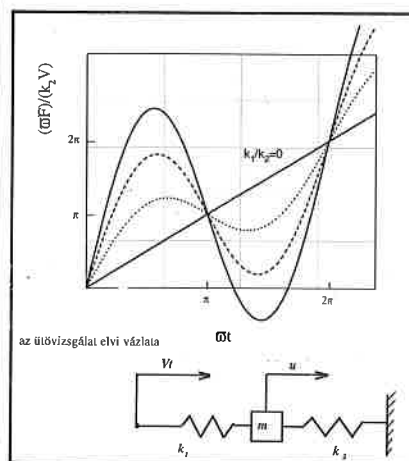
A tranziens rekorderek vagy külön műszer formában vagy PC-be beépíthető kártya alakban szerezhetők be. A jellemzők hasonlóak, mint a DSO-k esetén, itt azonban az adatok tárolásához és megjelenítéséhez szükség van a számítógépre. Az [8] munkában egy olyan magyar fejlesztésű és gyártású TR kártya adatai találhatók, mai több műszerezett ütőműben is jól működik. A TR-ek jól használhatók 1–2 csatorna esetén egy állandó telepített (pl. egy atomerőművi műszerezett ütőmű), vagy pedig sok – (16–128) – csatornás mérésekhez. Az [5] szabvány szerint a jelrögzítő eszközzel szemben minimális követelmény a 8 bites felbontás, legalább 250 kS/s mintavételi sebesség és csatornánként legalább 4000 (4 kW) adat tárolása. Méréstechnikai szempontból Shannon mintavételi törvénye szerint a mintavételi frekvenciának legalább kétszer akkornak kell lenni, mint a jelben előforduló legnagyobb frekvencia. A gyakorlati tapasztalat szerint a jelrögzítő mintavételi frekvenciája legalább 5–10-szerese legyen az erősítő sávszélességének. A DSO-k esetében ez soros RS232 vagy GPIB vonalon keresztül történik. Kereskedelmi forgalomban lévő, de saját fejlesztésű programok sokasága alkalmas az adott hardverek lekezelésére és a kapott jelek ábrázolására, értékelésére.

Mérési alkalmazások és speciális problémák

A jelek összetevői

A dinamikus vizsgálatoknál kapott jel több összetevőből áll [4, 10]. Ezek az alábbiak:

- Az anyag válasza a dinamikus igénybevételre. Ez az ideális jel a különböző anyagok, anyagtulajdonságok (rugalmas, viszkozusan rugalmas, rugalmas-képlékeny) esetén eltérő.
- Az inerciaerők hatása a próbatest gyorsítása következtében. A 2a. ábrán látható, hogy 3 m/s sebesség esetén egy PVC Charpy próbánál ez már milyen jelentős.
- A rezgőrendszer elemeinek érintkezéséből, merevségéből származó lengések. A 6. ábra szemlélteti, hogy a k_1 , k_2 aránya hogyan befolyásolja a lengések amplitúdóit [14]. A [4]



6. ábra

szerint a lengésidő az alábbi összefüggéssel számítható:

$$\tau = 1.68 \frac{S}{c_0} \left(\frac{W}{S} \right)^{1/2} (EBC_s)^{1/2} \quad (4)$$

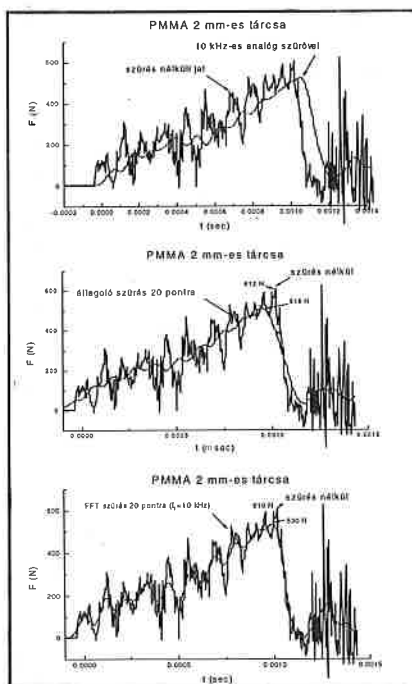
ahol S a támaszköz, c_0 a hangsebesség, W , B a próba geometriai méretei, c_s compliance. Acél esetén az értéke 30–33 μ s.

— A villamos rendszer nagyfrekvenciás rezgése (erősítő zaja, kábel).

Csillapítás, szűrés

Mit tehetünk annak érdekében, hogy az anyagjelre superponálódott lengések hatását csökkenteni tudjuk? Csökkenthetjük a terhelési, alakváltozási sebességet. Ez egyrészt körülményesen megvalósítható (pl. ingás ütművek), másrészt így információt veszünk. Változtatjuk az érintkezési viszonyokat, puhább anyagú üttől (pl. Araldit a műanyagoknál), vagy csillapítóanyagot teszünk az üttől és a próbatest közé. A csillapítóanyag lehet közönséges ablakgitt, gumipoliuretán réteg, vagy pl. szakítóbefogók esetén Ti-Al ötvözet. Acélműanyagoknál nem javasolt csillapítóanyag alkalmazása.

A mért jelek szűrésére analóg, vagy digitális szűrőket alkalmazhatunk. Az analóg szűrők többnyire az erősítőbe be vannak építve. Ezek alkalmazását azonban a szabványok, szabványajánlások nem javasolják. A digitális szűrést egy számítógépi program segítségével könnyen elvégezhetjük. A szűrés lehet valamilyen algoritmus szerinti átlagolás, vagy közvetlen frekvenciaszűrés. A 7. ábra három típusra mutat be példát. Viszonylag kedvező eredményeket kaphatunk egy FFT típusú szűrővel. (7c. ábra)



7. ábra

Kalibrálás

Alapvetően statikus vagy dinamikus kalibrálást különböztethetünk meg. A piezocellák kalibráltak, a megfelelő érték beállításával (N/V) a mérést elvégezhetjük. A statikus kalibrálásra „long” üzemmódban pontos súlyterheléssel van lehetőség. Speciális berendezésekkel dinamikus kalibrálás is elvégezhető. A mérőbéllyeges cellákat minden esetben kalibrálnunk kell. Ezt statikusan egy szervohidraulikus gépen egy ismert jellemzőjű erőmérőcellával összehasonlítva tehetjük meg, vagy az ütműbe beépítetten hasonló módon. A dinamikus kalibrálás történhet az ütmű energiámérőjével való összehasonlítással, az ún. „low-blow” (lassú ütés) technikával, amikor a rugalmas deformációhoz tartozó energiából számítjuk ki a kalibrálási állandót, vagy kalibráló anyag alkalmazásával.

A 2. táblázat egy adott üttől esetén mutatja be a különböző értékeket [9].

2. táblázat

Statikus kalibrálás	Dinamikus kalibrálás		
C_s (N/V)	C_{d1} (N/V)	C_{d2} (N/V)	C_{d3} (N/V)
9480	10880	9746	10042

Az alkalmazott ragasztó és a ragasztás minősége jelentősen befolyásolja ezeket az értékeket.

Mérésindítás, triggerelés

A mérésadatgyűjtés, különösen a nagy sebességű mérés fontos kérdése: hol induljon a mérési adatok gyűjtése, tárolása? A triggerelés történhet belső, vagy külső jelle. Belső jel az analóg jel felfutása, ennek megfelelően lehet pozitív/negatív. Meg kell határozni a trigger szintet, milyen feszültség elérése esetén induljon a mérés. A korszerű eszközök: TR, DSO rendelkeznek ún. pre- és posztrigger lehetőséggel és a különböző trigger típusok „ÉS” kapcsolatba is hozhatók, azaz egyidejűleg több módon triggerelhetünk, ezzel növelve a mérésindítás biztonságát. A külső jel legtöbb esetben valamilyen optikai eszköz (optikai rács), amit az előtte elhaladó üttől hoz működésbe és ez ad egy impulzust a mérés indításhoz. Ez különösen kis jelek mérésekor, viszonylag rossz jel/zaj viszony esetén előnyös.

A berendezés merevségének a meghatározása

Ha a terhelőrendszer (üttől, befogó(ülék), terhelőkeret, inga stb.) merevsége nem elhanyagolható a próbatest merevségéhez képest, akkor ezt meg kell határozni. A mérőrendszer merevsége, vagy ennek reciproka a „compliance” többféle módon is számítható

$$C_l = C_m + C_s \quad (5)$$

a C_m a gép compliance, a C_s a próbatest compliance értéke. Ez utóbbi számítható pl. az alábbi összefüggéssel [7]:

$$C_{s,0} = 20.1 EB \quad (6)$$

A gép compliance meghatározható egy statikus, vagy az ún. low-blow vizsgálatból:

$$C_m = \frac{v_0}{dF/dt_{mij}} - C_{s,0} \quad (7)$$

ahol a dF/dt_{mij} az erő határvonalában mért jelelfutás meredeksége.

★

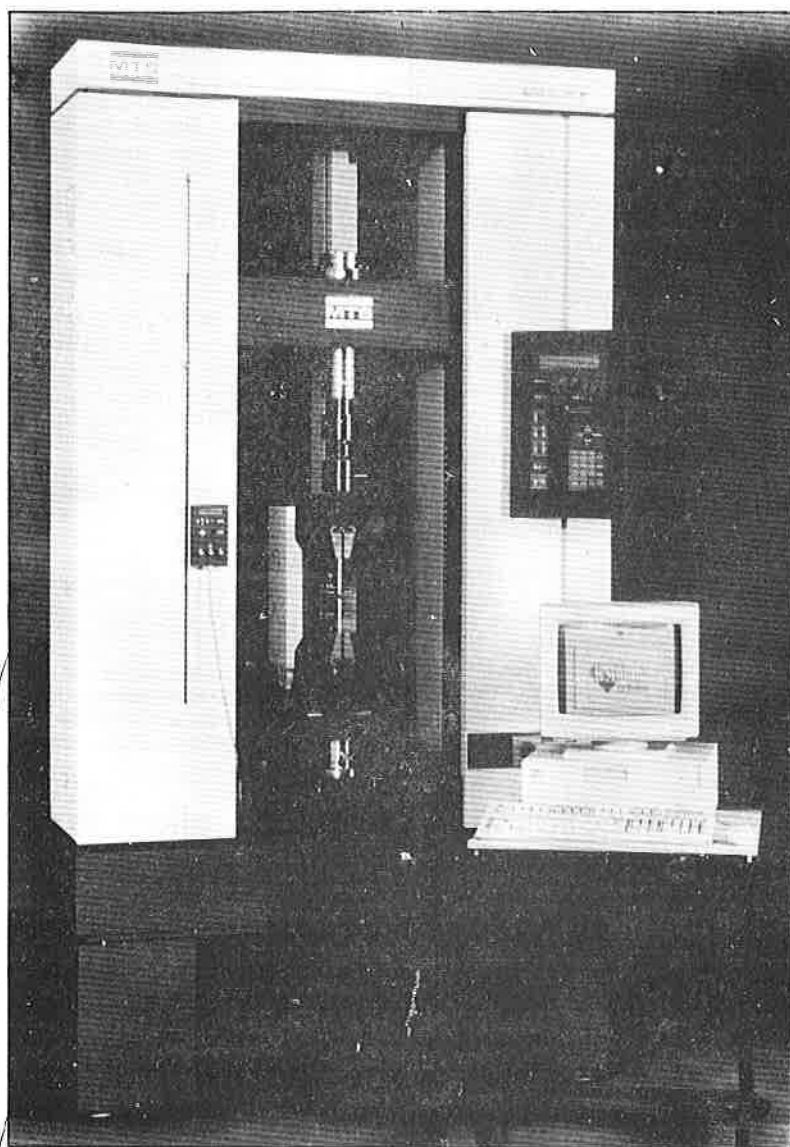
Talán a leírtakban sikerült azt bemutatni, hogy megbízható eredményeket minden anyagvizsgálati módszer esetében csak alapos, körültekintő előkészítés, végrehajtás és kiértékelés után kaphatunk; de a dinamikus, ütésszerű vizsgálatoknál talán még egy picivel körültekintőbben kell eljárni.

Irodalom

- [1] R. Bardheim: Servohidraulische Mehrzweckprüfmaschinen-eine Herausforderung, Materialprüfung 35 (1993) 5 148–152.
- [2] M. R. Staken: High Strain Rate Testing, ASM Metals Handbook Vol. 8. Mechanical Testing
- [3] P. Profos, T. Pfeifer: Handbuch der Industriellen Meßtechnik, 6. Auflage, Oldenburg Verlag, München 1993.
- [4] A. Savadori: Impact Testing of Plastics: Present knowledge, Polymer Testing 5 (1985) 209–241.
- [5] Proposed Standard Method for the Instrumented Charpy-V Impact Test on Metallic Materials, ESIS TC4 Draft 10. 1994. January.
- [6] Proposed Standard Method of Test for Instrumented Impact Testing of Precracked Charpy Specimens of Metallic Materials, ASTM E 24 03. 03.
- [7] W. Böhme: Application Method of Dynamic Key Curves to the Determination of Impact Fracture Toughness K_{Id}, ESIS TC5, Fh-IWM, Freiburg 1992.
- [8] Lenkeyné Bíró Gy., Major Z., Tóth L.: Műszerezett ütmű kifejlesztésének kezdeti tapasztalatai, Anyagvizsgálók Lapja, 1991. I. 2. 64–66.
- [9] Lenkeyné Bíró Gy., Major Z., R. Viehrig: Dynamic Calibration Problem in Instrumented Impact Test, ECF 9. Várna, 1992.
- [10] D. R. Ireland: Procedures and Problems Associated with Reliable Control of the Instrumented Impact Test. Instrumented Impact testing, ASTM STP 563
- [11] S. L. Kessler (Ed.): Instrumented Impact Testing of Plastics and Composite Materials, ASTM STP 936
- [12] Rawinder Chona (Ed.): Rapid Load Fracture Testing, ASTM STP 1130
- [13] S. Winkler: Anlage zu Angebot für IWPK MU Leoben (nem publikált közlemény), 1994. Freiburg
- [14] J. G. Williams: Fracture Mechanics of Polymers, Vol. 8. Impact testing and dynamic effects, Ellis-Harwood London 1989.

MTS SYSTEMS GMBH

Hohentwielsteig 3.
14163 Berlin Zehlendorf
Tel.: 30 810020 Fax: 30 81002-100



Az MTS cég a világszerte ismert elektrohidraulikus
anyagvizsgáló berendezései mellett, a leglátványosabb
igényeket kielégítő

ELEKTROMECHANIKUS

vizsgálóberendezésekkel bővítette gyártmányválasztékát.

Kérje gyártmányismertetőnket!

Képviselő és szerviz:

MTA-MMSZ Kft.
1119 Budapest, Etele út 59-61.
Tel.: 1869-589 Fax: 1611-021

Gondolatok a tömörségvizsgálatokról

Amikor meglelt a 11/1994 (III.25.) IKM rendelet az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályairól, azok állapotának ellenőrzéséről és értékeléséről, azt tanulmányozva meglehetősen pesszimista kérdések merültek fel annak végrehajtásával kapcsolatban. Példázza ezt az 1994. november 30-án a GTE szervezésében megtartott konferencia is ahol – meglepően nagy érdeklődés mellett – kérdések sokasága merült fel annak értelmezésével kapcsolatban. Egyéb, a tartálygazdák és a rendelet végrehajtására készülők (tartályvizsgálók, tisztítók, javítók) kérdései mellett felmerültek a rendelet végrehajtásából fakadó anyagvizsgálati feladatokkal kapcsolatos kérdések is.

A felmerülő feladatokról

A tartályok tömörtelenségének felderítésére az MSZ 9909 szabvány ír elő gázzal és/vagy folyadékkal végezhető nyomáspróba módszereket, illetve az Anyagvizsgálók Lapja 1994. évi 3. számában megjelent dr. Balikó Sándor cikke a „Föld alatti tárolótartályok tömörségi vizsgálata” címmel ismerteti egy nagy pontosságú szintmérő alapú módszert, amely alkalmas a tömörtelenség tényének és az ebből eredő elfolyás mértékének megállapítására, a szerző által is említett korlátok között.

De, ha megállapítást nyert a tömörtelenség és mértéke, mi történik ezután? Nincsenek a tömörtelenség mértékére, nagyságára vonatkozó kritériumok meghatározva. Mi az a határ, amely még elviselhető kockázatvállalást tesz lehetővé és nem követeli a tartály javítását?

Feltehetően, ha nem is megfelelően tömör a tartály, a felhasználó akkor sem tekint el annak további használatától, hanem meg kívánja javítani és újból használatba veszi azt. Hogyan kerül megállapításra a tömörtelenség pontos helye?

A felsorolt kérdésekre a válaszokat a leendő tömörségvizsgálóknak kell majd megadniuk a felhasználóknak.

Tudomásunk van róla, hogy egyes szervezetek már felkészültek a tartályok fenti rendelettel kapcsolatos teendőikre az ellátására; de itt is felmerül a kérdés, kik fogják elvégezni a tömörségvizsgálatokat? Figyelembe véve a rendelet hatálya alá tartozó mintegy 30 000 (becsült érték) tartályt, úgy vélhető, hogy még sokan másoknak is be kell kapcsolódniuk ebbe a munkába, melyben nagy szerepet kapnak a leendő tömörségvizsgálati szakemberek.

Természetesen több kérdés is felmerül az előttünk álló feladattal kapcsolatban, de remélem e néhány gondolat cselekvésre készteti a fenti problémákkal hivatásszerűen foglalkozókat.

A tömörségvizsgálók képzéséről

A már jártas roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek (ultrahang, radiográfia, penetráció, mágnes) elvégzésével kapcsolatban nem merülnek fel problémák, mert saját erőből vagy bérvizsgálókkal megoldhatók a feladatok. Az említett területen kellő számú és képesítésű szakember áll rendelkezésre, nem úgy a tömörségvizsgálóknál.

Meg kell állapítani: ezen a területen igen nagy az elmaradásunk. Tudni lehet, hogy egyes területeken a már említett és más módszerekkel is végeznek tömörségvizsgálatokat. Bizonyára megfelelő a vizsgálók ismerete az általuk alkalmazott módszerről, de – szemben a többi roncsolásmentes eljárással – nincsenek képzett tömörségvizsgálóink.

A képzéssel foglalkozó intézmények (GTE, Oktáv) sem hirdetnek képesítő tanfolyamokat. A SZTÁV ugyan hirdetett 1994-re és hirdet 1995-re is, de az elmúlt évi ismeretlen okok miatt elmaradt és az 1995-re hirdetett tanfolyam megrendezésének feltételei sem látszanak biztatóknak.

Az MSZ EN 473 (1994.márc.1.) szabvány (Roncsolásmentes anyagvizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása.) megjelenése már előírja és szabályozza a tömörségvizsgálók képzését és annak tanúsítását, de nem tudunk a tanúsító szervezet megalakulásáról sem, melynek megfelelőségét az MSZ EN 45013 (1991.júl.1.) szabvány szabályozza.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy egy megfelelő képességű, II. fokozatú anyagvizsgálónak 3–5 év gyakorlódást kell eltöltenie a képzettségének megfelelő területen ahhoz, hogy a módszert „profí” módon alkalmazza. E megállapítás is indokolja, hogy sürgősen meg kell tenni a kezdő lépéseket a tömörségvizsgálók képzésében.

Domak Gábor

A szóban forgó rendelet hatálya alá tartozó tartályok időszakos szerkezet- és tömörségvizsgálatára jogosult tartályvizsgáló szakemberek képzése 1994. júniusában már megkezdődött az Oktáv és a Tartályszövetség szervezésében. Közel félszázán már képesítést szereztek. Ugyanakkor tény, hogy tömörségvizsgálatot a rendelet hatálya alá nem tartozó tartályokon és más zárt szerkezeteken is kell végezni. Vagyis termékre irányuló képzés van, de általános képzés még nincs. A roncsolásmentes anyagvizsgálók képzési rendszerének egészét tekintve is időszerű feladat az MSZ EN 473 szerinti általános és speciális képzési formák összehangjának a megteremtése.

(A szerkesztő megjegyzése)

A tartályszövetség céljairól

Az éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályaira vonatkozó miniszteri rendelet megjelenését követően 1994. áprilisában megalakult a **Magyar Tartálytechnikai Szövetség**, mint önkéntes és autonóm közösség, hogy tevékenységével elősegítse a jogszabályok helyes alkalmazását, a bennük foglaltak pontos, szakszerű végrehajtását. Az alakuló közgyűlés által elfogadott nyilatkozat és alapszabály figyelembevételével megtörtént a szövetség cégbírási bejegyzése.

Szövetségünknek ma már több mint 70 tagja van. A különféle gazdasági társaságok (rt., kft., bt. stb.) mellett számos egyéni vállalkozó szakember is tagja szövetségünknek.

A szövetség alapszabályában is megfogalmazott céljai közül a legfontosabbak a következők:

- a hazai tartálygyártás, telepítés, átalakítás, felújítás, javítás, karbantartás, valamint a felülvizsgálatok szakmai minőségének biztosítása, a szaktevékenységek elismerésének előmozdítása;
- műszaki és jogi előírások, szabványalkotások kezdeményezése;
- szakterületi képzések, továbbképzések elősegítése és ellenőrzése.

A szövetség egyeztetési és összehangolja a szakterületen tevékenykedő gazdasági társaságok és szakemberek érdekeit, valamint ellátja a szakképviselőket. Mindezek mellett szaktanácsadó szolgáltatást is nyújt, továbbá kapcsolatot tart a hazai és külföldi társaságokkal.

A szövetség munkabizottságai, mint például a minőségbiztosítási és környezetvédelmi, az etikai és érdekvédelmi, valamint az oktatási munkabizottság tevékenysége már felmérhető. Eddig már több szakképesítő tanfolyam lebonyolítására került sor.

A Magyar Tartálytechnikai Szövetség az Oktáv Ipari Továbbképző Rt. székhelyén, Esztergom-kertvárosban működik.

Szövetségünk feladatkörébe tartozó tevékenységéről készséggel adok felvilágosítást. (Címünk: 2509 Esztergom-kertváros, Wesselényi út 35–39. Telefon: 33/313-256, 311-755, 311-046. Fax: 33/311-087)

Holl Józsefné
elnök

Kötelező alkalmazású szabványok

A 30/1994. XI.8., IKM számú, Egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló rendelet szakterületünket is érintően tételesen felsorolja mindazokat a szabványokat, amelyeket a rendelet hatálybalépésétől – 1994. november 8-ától – számított ötödik év elteltéig kötelezően alkalmazni kell. Azonban ez a rendelet nem érinti a más érvényes jogszabályok által kötelezővé tett szabványok hatályát!

A terjedelmes felsorolásból néhány, szakterületünket érintő jellemző példát említnék.

C05 Hegesztés. Forrasztás.

MSZ-EN 287-1 és 2: Hegesztők minősítése ömlesztőhegesztésre
MSZ-EN 26520: Fémelek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseiben lévő eltérések besorolása

MSZ 4362: Üzemek alkalmassága hegesztett termékek gyártására

C09 Anyagvizsgálat

MSZ 14-01052: A bányahatóság felügyelete alá tartozó acél csővezetékek hegesztett körvarrataival szemben támasztott radiográfiai követelmények

C30 Anyagminőségek

MSZ 1741: Acélok kazánokhoz és nyomástartó edényekhez

MSZ 05-33.3036: Gázpalackacél. Minőség. Követelmények

D07 Biztonsági technika

MSZ 1740-1...10 és 12...16: Kazánok és nyomástartó edények gyártására felhasználható szerkezeti anyagok

MSZ 13833-1...11: Kazánok és nyomástartó edények gyártása és vizsgálata.

(Megjegyzés: az ezekben hivatkozásra felsorolt szabványok is természetesen kötelezőek! Például az MSZ 13833-4-ben a hegesztett kötések vizsgálata repedésekre: MSZ 7879, MSZ 17733, szemrevételezés, ultrahangos és radiográfiai vizsgálat: MSZ 4310/2 és 5.)

L09/a Vízügyvizsgálat, vízminőség, vízvédelem

MSZ 12660-2...11, 14...19, 25, 26, 32...34, 36...38: Hőerőművek víz- és gőzrendszerének kémiai vizsgálata

W Atomtechnika, W 69 és W79 fejezeteiből:

MSZ 14343: Radioaktív anyagok csomagolása

MSZ 14341: Külső röntgen- és gammaugrázások dozimetriája

MSZ 14344-1 és 2: Radioaktív hulladékok

Érdemes figyelmesen átnézni a rendeletet!

-ferko-

Tárolótartályok: jogszabályi háttér és műszaki követelmények

Somogyi Sándor*

Az elmúlt évben hatálybalépett, az **éghető folyadékok és olvadékok tárolótartályaira vonatkozó 11/1994 (III.25) IKM sz. rendelet** a miniszteri szintű jogszabályok sorában az első között határozott meg olyan, az Európai Unióban is korszerűnek tekinthető eljárásrendet, amely a jövőben mintaként szolgálhat a műszaki biztonságtechnikai tevékenység szabályozásához.

A rendelet az ún. bizalmi elvet alkalmazza valamennyi, a jogszabály alkalmazásában érdekelt féllel szemben. Ehhez az alapot egyrészt a termékfelelősségről szóló törvény hatálybalépése teremtette meg, azonban legalább ilyen jelentőségű volt a minőségbiztosítás szerepének felerősödése, a minőségbiztosítási rendszerek fokozatos bevezetése és független harmadik fél által végzett minősítése és tanúsítása.

Sajnálatos tény, hogy a hazai biztosítási rendszerek egyelőre nem jelentenek olyan biztos hátteret a gyártók, szolgáltatók és nem utolsósorban a fogyasztók számára, mint ezt a bizalmi elv alkalmazása indokolná, illetve amint az a fejlett ipari országokban kialakult. Főleg a felelősségbiztosítás intézményének hiánya jelent vagy jeleníhet majd gondot egy-egy káreset kapcsán a vizsgáló és tanúsító intézmények számára, hiszen az új szabályozási rendszerben ezek az intézmények lényegesen nagyobb hatáskörhöz jutottak, ami értelemszerűen vonja maga után a nagyobb felelősséget. A jogszabályok korszerűsítése kapcsán rendszeresen visszatérő kérdés a felelősségbiztosítási rendszer iránti igény.

További gondot jelent, hogy sajnálatos módon a mai napig nem jött létre a vizsgáló-tanúsító tevékenység keretét meghatározó Nemzeti Akkreditációs Rendszer, pedig az elmúlt években egymás után, szinte már sorozatban készültek a javaslatok, tárcaközi bizottság működött a jogszabályi háttér létrehozása érdekében. Az akkreditált vizsgáló laboratóriumok és a kijelölt tanúsító intézmények hálózatának létrehozása és összehangolt működése ugyancsak elengedhetetlen feltétele a műszaki – biztonságtechnikai felügyeleti rendszer további korszerűsítésének.

A rendelet lényeges előírásai

Az alábbiakban a hivatkozott rendelet azon részeit ismertetem, ahol az Energiafelügyelet más hatályos jogszabályok alapján végzett tevékenységéhez képest eltérő eljárásrend jött létre, vagy más szervezetek jutottak korábban hatóságának tekintett jogkörökhöz illetve hatáskörhöz.

A bizonyítottan működőképes, dokumentált minőségbiztosítási rendszerrel rendelkező gazdálkodó szervezetek ún. alkalmassági tanúsítványért folyamodhatnak a kijelölt tanúsító intézményhez. Az alkalmassági tanúsítvány birtokában a tartályok gyártását (szerelését, átalakítását vagy javítását) végző gazdálkodó szervezet jogosultságot szerez arra, hogy az általa előállított termékek megfelelőségét maga tanúsítsa.

A szervezet minőségbiztosítási rendszerét tanúsító intézmény (ÁEEF Minősítési Osztály) és a létesítést engedélyező elsőfokú hatóság (ÁEEF Körzet) egyaránt jogosult arra, hogy szűrőpróbaszerű gyártásközi ellenőrzést végezzen a gyártóműben, vagy a szerelés helyszínén. Hiányságok esetén soronkívüli auditra kerül sor, s nagyobb gondok esetén a tanúsítvány visszavonásával a gyártó elveszti a vonatkozó jogosultságát.

A tartályok gyártásához gyártási engedély nem szükséges. A gyártó (vagy megbízottja) a dokumentációt jóváhagyásra nyújtja be egy kijelölt tanúsító intézményhez (jelenleg ez az ÁEEF Anyagvizsgáló Laboratórium), s a jóváhagyott dokumentáció alapján végezhető a gyártás.

Hatósági tevékenység a tartályok létesítésekor kezdődik, a tulajdonosnak az illetékes ÁEEF körzetnél először létesítési engedélyt kell kérnie, majd használatbavétel előtt ún. használatbavételi engedélyt.

Ezen a területen az időszakos vizsgálatok sem hatósági jogkörben történnek. A rendelet által előírt ötvenkénti tömörségi próbát és tízévenkénti szerkezeti vizsgálatot erre kijelölt tanúsító intézmény által alkalmasság minősített, olyan gazdálkodó szervezetek végezhetik, amelyeknek tagja vagy alkalmazottja tartályvizsgáló szakember. A tömörségi próba és

szerkezeti vizsgálat tanúsítására ugyanis tartályvizsgáló szakember jogosult. A szükséges képesítést szervezett formában lehet megszerezni, az erre vonatkozó vizsgát vizsgabizottság előtt kell letenni, melynek elnöke a hatóság képviselője. A rendelet értelmében a vizsgabizonyítványt a hatóság adja ki.

Az elvégzett tömörségi próba és szerkezeti vizsgálat jegyzőkönyveit a hatósághoz el kell juttatni. A tartályokról nyilvántartást a hatóság vezet.

Ugyancsak hatósági jogkörben maradt a korábban telepített tartályok fennmaradásának engedélyezése, valamint a káresetek, havariák, környezetszennyezések kivizsgálása. Ezeket a tulajdonos köteles a rendeletben meghatározott módon a hatóságnak bejelenteni.

A fentiekből világosan látható, hogy a minőségbiztosítási rendszerek bevezetése nem öncélú feladat. A jogilag szabályozott területen is lehetőség van a vizsgálati, tanúsítási, engedélyezési és felügyeleti tevékenység egyértelmű szétválasztásával a gazdálkodó szervezetek jogosultságainak bővítésére, amennyiben rendelkeznek a szükséges tárgyi, személyi és szervezeti feltételekkel.

Az engedélyező és felügyeleti hatóságok számára a biztosítékot erre a minőségbiztosítási rendszerek megléte nyújtja.

Módosítási javaslatok

A rendelet hatálybalépése óta eltelt időszakban szerzett tapasztalatok alapján a rendelet kisebb módosítását tartom szükségesnek, melynek lényege a rendelet hatályának kiterjesztése:

- a mérgező, maró, öngyulladó és vízzel érintkezve éghető gázokat képező anyagok tartályaira,
- a 0,7 bar-nál kisebb üzemi nyomású gáztartályokra, melyek nem számítanak nyomástartó edényeknek és nem tartoznak a NYEBSZ hatálya alá.

A rendelet új, a műszaki biztonságtechnikai eljárások között eddig nem alkalmazott fennmaradási engedélyezést is bevezetett. Ennek feltétel-rendszere nem eléggé egyértelműen lett megfogalmazva, a vonatkozó szövegrészt ki kell egészíteni az alábbiakkal:

- a fennmaradási engedély iránti kérelemhez csatolni kell:
 - az időszakos ellenőrző vizsgálat jegyzőkönyvét,
 - az általános elrendezési rajzokat,
 - műszaki leírást és tervrajzokat,
 - a szakhatósági véleményeket.
- az engedély megadása előtt helyszíni szemlélt kell tartani;
- az engedélyező hatóságnak a fennmaradási engedély megadását meg kell tagadnia, ha:
 - azt bármely szakhatóság szükségesnek tartja;
 - a berendezések műszaki állapota nem felelt meg a rendeletben illetve a vonatkozó szabványokban meghatározott követelményeknek, és/vagy az engedélyező hatóság által megállapított határidőn belül nem hozható megfelelő állapotba.
- a fennmaradási engedély a berendezés állapotától függően megadható meghatározott időre, visszavonásig vagy meghatározatlan ideig;
- a fennmaradási engedély feltételül az engedélyező hatóság előírhatja a tartály illetve berendezés átalakítását.

A módosítással egyidejűleg célszerűnek látszik a rendelet címének kiegészítése, illetve megváltoztatása is, javaslatom: „**Veszélyes folyadékok, olvadékok és gázok tárolótartályai**”.

A rendelet alkalmazása óta eltelt rövid idő alatt számos egyeztető tárgyalást tartottunk, beindult és folyamatosan történik a tartályvizsgáló szakemberek képzése, új létesítményeket helyeztek üzembe, és lényegében megtörtént a tartályok bejelentése. A körzeteinkben készül a tartályok számítógépes nyilvántartási rendszere, melynek jelentőségét bizonyára a fennmaradási engedélyek kiadásakor fogjuk értékelni.

Remélem, hogy amint azt az előadásom bevezető részében említettem, ez a rendelet mintaként szolgál majd a jövőben kiadásra kerülő, hasonló tárgyú és hatályú jogszabályok készítéséhez.

* ÁEEF, műszaki igazgatóhelyettes

III. Magyar Minőségi Hét

A Magyar Minőség Társaság – az alapszabályában foglaltaknak megfelelően – fontos feladatának tekinti a termékek és szolgáltatások minőségével kapcsolatos információk széleskörű terjesztését és általában a minőség javításának propagandáját. Ebben a szellemben már harmadszor szervezte meg az EOQ Magyar Nemzeti Bizottságával és „A Minőségért” Alapítvánnyal együttműködve a Minőségi Hetet, mely gazdag programot kínált az érdeklődőknek.

A Minőségi Hét – hagyományainknak megfelelően – három részből áll: konferencia, Minőségügyi Világnap és kiállítás.

A konferencia koncepciója

A Minőségi Hét első három napján (november 7–9.) rendezett konferencia célja az volt, hogy minél színvonalasabban tárgyalja a világviszonylatban időszerű minőségügyi kérdéseket, kiváló bel- és külföldi szakemberek tolmácsolásában. Ma már nem számít újdonságnak a nemzetközi szabványoknak megfelelő minőségbiztosítás és -tanúsítás, ez az iparilag fejlettebb országokban rutinfeladattá vált. Ebben a szellemben fontosnak tartottuk, hogy a vállalatok minőségközpontú fejlődése és gazdaságos működése közötti összefüggéseket, tehát lényegében a minőségügyi feladatok integrálódását állítsuk a konferencia tengelyébe.

A hazai fejlődés ismeretében annak megvitatás is időszerűnek látszott, hogy a tanúsítás megszerzése hogyan hat a vállalat belső életére, hatékonyságára és piaci megítélésére, és milyen irányban fejlődnek a vállalatok a tanúsítás megszerzése után.

A világban kibontakozó tendenciákból világosan kirajzolódik, hogy a fejlődés fő vonala olyan vezetési filozófiának és a hozzá kapcsolódó technikáknak elsajátítása, melyek egyre inkább nélkülözhetetlenek az erősödő piaci versenyben helytállni és pozíciójukat erősíteni kívánó cégek-nél. Ilyen az átfogó minőségirányítási rendszer (TQM).

A konferencia természetesen tárgyalta a minőséggel összefüggő, nálunk aktuális más kérdéseket is, pl. a szolgáltatások minőségbiztosítását, a kisvállalkozások sajátos minőségügyi gondjait, valamint a minőségi kultúrát létrehozó emberek fejlődésének indítékait.

Külön örömmre szolgált, hogy az Európai Unióból érkezett előadók mellett ez évben először, néhány szomszédos ország szakemberei is elfogadták meghívásunkat. Előadásait már csak azért is hallgattuk különös figyelemmel, mert – mint kiderült – gondjaik jelentősen rokonok a mieinkkel.

Az elhangzott kb. 45 előadás és hozzászólás egyenkénti ismertetésére nincs szükség, mert a Magyar Minőség Társaság rövidesen kiadja az előadások gyűjteményét és így az minden érdeklődő rendelkezésére áll. Inkább – a teljesség igénye nélkül – a konferencián elhangzottakat három témakörbe csoportosítva tárgyaljuk. Ezek: a hazai ipar minőségpolitikája, a minőségbiztosítási rendszerek bevezetésének tapasztalatai valamint a minőségközpontú fejlesztés hatása a gazdasági pozícióra.

Az ipar minőségpolitikája

Mint azt Dányi István, az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium főosztály-vezetője kifejtette, a magyar termékeknek mind a kül-, mind a belpiacokon egyre erősödő versennyel kell szembenézni.

A magyar ipari termékek mintegy 21%-a éri el, 42%-a megközelíti és 37%-a távolról követi a nyugati konkurens termékek minőségét. Iparunk versenyképességének növeléséhez szükség van hatékony minőségpolitikára, amely az állami és a gazdasági szféra összehangolt erőfeszítéseinek mutat irányt. Az export csak a termékek és szolgáltatások minőségének fejlesztése révén lesz növelhető, ennek eredményeképpen teremthető majd több munkahely, a gazdaság jövedelemtermelő képességének növekedése pedig az egész magyar társadalom életminősége javulásának feltétele.

Az állam minőségüggyel kapcsolatos szerepe a piacgazdaságban lényegesen megváltozik a korábbi tervutasításos rendszerhez képest, egyre több területről kivonulhat, mivel a szabályozó funkciót a piac veszi át. A minőség ugyanis elsősorban piaci és nem államigazgatási kategória,

mégis az állam segítő, támogató szerepvállalására a szemléletformálás, az oktatás, a képzés és az infrastruktúra biztosítása területén feltétlenül szükség van. A minőség javítása elsősorban vállalkozásoktól követel meg új szemléletet, a vevő a legfontosabb elv tudatos megvalósítását. A minőségverseny kialakulása a piacon mind a gyártók, mind a fogyasztók érdekét szolgálja.

A minőségügyben vannak olyan elemek, amelyek elsődlegesen az állam felelősi körébe tartoznak, mert a fejlett piacgazdaságokban is az állam az alapvető fogyasztói és felhasználói érdekekből kiindulva avatkozik bele a termékek és szolgáltatások forgalmába, vagyis az élet-, egészség-, vagyon-, munka-, környezetvédelem, a biztonság tekintetében hoz jogszabályokat, állít fel követelményeket. A jelenlegi hazai viszonyok között az ipar minőségpolitikájának fő céljai:

- korszerű minőségügyi jogrendszer kialakítása,
- piacokonform minőségügyi infrastruktúra intézményi kereteinek kiépítése,
- az Európai Unióhoz való integrációnk elősegítése,
- a magyar ipar versenyképességének növelése,
- támogatási rendszer kidolgozása.

A fő célokat a következő részfeladatok szolgálják:

- EK-direktívák bevezetése,
- a szabványosítás, akkreditálás szervezeteinek átalakítása, létrehozása,
- tanúsítási rendszer kialakítása,
- vizsgáló-tanúsító intézmények átalakítása,
- a fogyasztóvédelem szabályozása,
- Magyar Minőségi Díj alapítása,
- minőségügyi ismeretek elterjesztését szolgáló oktatási és képzési programok megvalósítása,
- a társadalmi, szakmai szervezetek és a hatóságok közötti együttműködés elősegítése, támogatása.

A támogatási politika tekintetében – a fejlett piacgazdasággal rendelkező országokhoz hasonlóan – szükség van célpályázati rendszerre, olcsó felkészülési lehetőségekre, külföldi források nagyobb bevonására.

Néhány kiemelt cél az ISO 9000 bevezetésének elősegítése, különös tekintettel a kis és közepes vállalkozásokra, beszállítói hálózatokra, valamint a TQM-módszerek és technikák alkalmazására.

Az ipar minőségpolitikájáról számos előadás hangzott el a Minőségügyi Világnapon, melyeket élénk vita követett.

Minőségbiztosítási rendszerek

Szinte minden egyes előadó, aki e témakörrel foglalkozott, rámutatott arra, hogy a minőségbiztosítási rendszereket (Q.A.) nem elég létrehozni és bevezetni. A siker előfeltétele a koncepció elfogadatlása, a dolgozók egyetértő magatartása, valamint a vezetők „involverációja”, vagyis elkötelezettsége és példamutató magatartása. (Megjegyzendő, hogy ez utóbbi meghatározó jellegét már az I. és II. Minőségi Héten is több előadó kiemelte.)

A rendszerek bevezetését célszerű összekapcsolni TQM-rendszerek oktatásával is, mert ha a Q.A.-rendszert nem fejlesztik tovább, fennáll az a veszély, hogy idővel összeomlik.

34 hazai vállalat tapasztalatait és tanulságait tárta fel az a kutatás, amely az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium Innovációs Főosztálya megbízásából 1994. közepén Bodor Pál és Mátyási Sándor készített. Az elvégzett munka választ kíván adni nem csak a minta statisztikailag is feldolgozható folyamatleírásokra, hanem a szervezet sikerrel végzett változásainak elemeire is. A kutatás fő megállapításai a következők:

A hazai környezetben az ISO 9000 (MSZ EN 29000) szerinti minőségbiztosítási rendszerek kialakítás több előnnyel jár, mint pusztán a tanúsítás megszerzéséhez kapcsolódó vélt vagy valós előnyök. A kutatásban résztvevő szervezetek értékes tapasztalata, hogy a tanúsítás a szervezeti – és ezen belül – a termelési kultúra gazdagításának is hatásos eszköze lehet. A rendszer révén javul a szervezet működésének (pénzügyileg is kimutatható) hatékonysága, részben közvetlenül, részben a korszerű vezetési

módszerek (pl. TQM), irányítási technikák bevezetésével. Ezek gyors alkalmazásba vétele megteremti annak (szükséges) feltételét, hogy a magyar gazdasági szereplők sikerrel vegyék a piac, mint állandóan változó élettér akadályait. Ennek elősegítésében a kormányzatnak is lehet szerepe.

Több külföldi előadó azt mutatta be, hogy hogyan alakul a vállalatok helyzete az ISO 9000 bevezetése után különböző kultúrájú és szakmai igényű országokban. Például *P.E. Broadbent*, a TQM International szakértője, felmérést végzett többek között az Egyesült Királyságban, az USA-ban, Kanadában, Japánban. A felmérés felőli számos iparág vállalatait és megvizsgálja az ISO 9001 és 9002 szerint tanúsított vállalatok tapasztalatait.

Sok paramétert vizsgáltak meg, és számos kulcsfontosságú területen hasonlóságokat állapítottak meg. Ezek a következők voltak:

- a meglévő minőségügyi gyakorlat,
- indok az ISO 9000 szerinti tanúsítás megszerzésére vagy elutasítására,
- nehézségek a kialakítás és megvalósítás során,
- a tanúsítás előnye,
- a minőségorientált gyakorlatra vonatkozó jövőbeli vállalati tervek,
- az ország kultúrájának és szakmai magatartásának hatásai.

A felmérés következtetéseit arra használták, hogy tevéleges és gyakorlati segítséget adjanak azoknak a vállalatoknak, amelyekben az ISO 9000 kialakítási és megvalósítási tapasztalatok korlátozottak.

Igen tanulságos számunkra *H. J. Thomann*, egy jelentős német cég, a Qualitec Ebasco ügyvezető igazgatójának előadása, mely az ISO 9000 szerinti tanúsított vállalatok kérdőíves véleménykutatását dolgozta fel. Azt vizsgálta, hogy az ISO 9000 elemeinek megvalósítása megfelelő eszköz-e tényleges javulás elérésére, vagyis egy, az ISO 9000 követelményeinek megfelelő, átalakított vállalati szervezet hozzájárult-e a gazdasági előnyökhöz?

450 céget kértek fel, hogy közölje tapasztalatait a minőségirányítás bevezetése folytán bekövetkezett lényeges vonatkozásokat illetően:

- a fogyasztók elégedettségének javulása a jótállási igények csökkenő száma következtében, beleértve a beszerzett anyagok meg nem engedhető késéseit,
- előnyök a beszerzésben,
- az ügyfelek számának következetes növekedése,
- a megrendelő által végzett felülvizsgálatok (audítok) csökkentése,
- a minőségirányítási rendszer jelentősége a hibás termékek jogi felelősségét illetően,
- pontosan meghatározott szervezeti struktúra biztosítása a vállalatban belül,
- az ISO 9000 tanúsítás elismerése, mint a jövőendő átfogó minőségirányítási rendszer (TQM) eleme.

A 141 választ adó vállalat nagy többsége, 83%-a kifejtette, hogy az ISO 9000 tanúsításukat alapul tekintik az átfogó minőségirányítási rendszer bevezetéséhez. A vállalatok 63%-a még aláhúzta, hogy szervezeti struktúrájuk áttekinthetőbbé vált az ISO 9000 elemeinek bevezetése után.

A pillanatnyi minőségszintet mutató, kiegészítő jelzőszámok fontosabbá váltak a véleménykutatásban résztvevő vállalatok kb. 67%-a számára.

A különböző ágazatokat elemezve, a hibás termékek által okozott termékfelelősség különösen fontosnak tűnik a gépgyártási ágazatban. Ezzel szemben a vegyi vállalatok alig 18%-a tekinti ezt a kérdést fontosnak.

A termék minőségjavulását illető eredmény szintén nem homogén, különösen a villamosiparban, ahol a vállalatok 42%-a figyelt meg pozitív elmozdulást.

Az ISO 9000 tanúsítványt általában nem tekintik az értékesítés nagyhatású eszközének. Sok vállalat szembetűnően különbséget kíván tenni az ISO 9000, mint belső újraszervezési eszköz és más közönségkapcsolati tevékenységek között.

A vizsgálat végeredményeként azt állapították meg, hogy a vállalatoknak talán nincs elég tapasztalata a minőségügyi rendszerek helyes értékelését illetően, lehetnek kifogások a vizsgálat módját illetően is, mégis az alábbi válaszok biztосak:

- tanúsítást követően jobbak a minőségi jelzőszámok,
- egy minőségbiztosítási rendszer világosan struktúráltá tesz egy vállalatot,

— a vállalat a minőségtanúsítást az extenzív (kifelé irányuló) minőségstratégia részének tekinti.

Különösen kedvező a vállalatokba való bepillantás abból a szempontból, hogy a minőségügyi rendszerek és tanúsítások a vállalati stratégiához tartoznak és ezért a vállalatvezetés lényeges részét jelentik.

Minőség és gazdaságosság

Az előadók közül többen is hangsúlyozták a minőség és a gazdaságosság kapcsolatát. *Dr. Papp László* az előadásában abból indult ki, hogy a gyártók és szolgáltatók elsődleges célja a gazdasági haszon szerzése. Ennek egyik módja, hogy olyan terméket vagy szolgáltatást nyújtanak, amely elégedetté teszi a vevőt, s mindezt olyan költségráfordítással, amely kedvezőbb a versenytársakénál. A minőség sosem lehet öncélú kategória, mindig együtt értelmezendő a gazdaságossággal. A minőség, az ár és a költség mindig együtt, egymással szoros kapcsolatban értelmezendő fogalmak. A minőséggel kapcsolatos problémák okozhatnak elmaradó árbevételt, elmaradó hasznot, és/vagy költségnövekedést.

A veszteségelemzés alapvető feltétele, hogy a felsorolt hatások mértéke számszerűsített formában álljon a cégvezetés rendelkezésére. Az utóbbi évek felerősödő törekvése a minőségköltségek nyilvántartására és elemzésére alkalmas rendszerek kialakítása. E költségfigyelő rendszerek lehetővé teszik a minőségköltségek csoportosítását megelőzési, ellenőrzési és elhárítási költségekre, és e költségcsoportok abszolút értékének és egymáshoz viszonyított arányának nyomon követését.

A minőség és költségek szoros összefüggése állította a figyelem középpontjába a minőségközpontú vállalati stratégia szükségességét. Ez vezetett ahhoz a fejlesztési filozófiához, melyet *Tunkli Gábor* ismertetett.

Már ma is egyre több tanúsított cég felsővezetője teszi fel magának a kérdést – ha pillanatnyi megnyugvás után, hogy ezt a feladatot is teljesítettük –, hogy mi következik az ISO tanúsítás után? E kérdésekre tipikus válasz: a TQM, azaz a Total Quality Management, mert a TQM az, amely a legsokoldalúbb, legkevésbé zárt rendszer, vevő- és probléma-orientált, amely képes integrálni és alkalmazni az egyes megközelítések módszertanát, mindig azt, amelyre az adott pillanatban az adott szervezetnek a legnagyobb szüksége van. Az összes megközelítés közül a TQM az, amely önmagában hordozza a rendszer állandó fejlesztésének, javításának a kényszerét. A TQM nem egy metodika, hanem filozófiai megközelítés, amelynek alkalmazásával előbb-utóbb eljutunk mindazon technikák alkalmazásához, amelyek szükségesek az adott szervezet hatékony és sikeres működtetéséhez. (Egyes angol előadók ezt így fejezték ki: „TQM is a way of life.”)

A TQM szerepét *R. B. Hellard* (TQM Polycon) az alábbiak szerint fogalmazta meg:

- világszintű versenyképesség kialakítása,
- vevőszolgálat, mely hosszú távon is elégedetté teszi a vevőt,
- folyamatos minőségjavítás,
- az élet minőségének javítása a vállalat és ügyfelei számára.

A minőség és a vállalatvezetés progresszív filozófiája közötti összefüggést *B. Plowmann*, a Develin and Partners igazgatója fejtette ki. Szerinte a szállító részére kulcskérdés, hogy terméke vagy szolgáltatása érték legyen a vevő életmódja vagy üzleti tevékenysége számára. Ez valami más, mint terméket eladni, mert ez a vevő valódi igényének megértését, sőt előrejelzését feltételezi a teljes bizalom légkörében. Ez az állapot nagyon törekény és valószínűleg felborul, ha a vállalat bármiben megkérdőjelezhető gyakorlatot folytat. Az ehhez vezető út a vállalat átalakítása „testreszabott” ajánlatok készítése útján. Ez a vállalat olyan képességének kifejlesztése, amely kihasználja a vállalat belső képességeit és kielégíti a valós piaci igényeket. A versenytársakkal való lépéstartás céljából szükséges, hogy folyamatosan vizsgálják a vállalat jövőbeni helyzetét a piacon és gyártóképeségét ennek megfelelően fejlesszék. A vezetőség elsőrendű feladata, hogy a két tényező összhangjával foglalkozzék. Ezt a szerepet nem lehet átruházni és nem maradhat egy funkcionális vezetőnek sem kizárólagos területe.

A „testreszabott” ajánlat készítése az egész vállalatot és összes folyamatait magában foglalja. A legalacsonyabb fajlagos költségű vállalatban dolgozni igazi örömet jelent. Mindenek előtt a totalitás, a teljesség kell, hogy mindezt létrehozza. A vállalatok működésének és szervezetének hagyományos módja ebben akadályt jelent. A vállalatoknak el kell hagy-

niuk sok korábbi korlátozást, amelyet a hagyományos struktúrák kényszerítenek rájuk. Ezeket el kell törölni és a vevővel való kapcsolódási pontról elindulva csak olyan tevékenységeket létrehozni, melyek hozzáadott értéket termelnek, minimális hierarchiával. A siker mértéke a legkisebb fajlagos költség és ezzel együtt a versenyképes ár, továbbá a vállalat képessége, hogy állandóan megújuljon a piac követelményeinek megfelelően.

A III. Magyar Minőségi Konferencia résztvevői – élénk vita után – az elfogadott Ajánlásban igyekeztek megfogalmazni a rendezvény tanulságait.

A III. Magyar Minőségi Hét ajánlása

Az utóbbi években Magyarországon is fejlődött a minőségkultúra és – ha igen nagy lemaradással is – követjük az iparilag fejlett országokban érvényesülő tendenciákat. (Lemaradásunkat bizonyítja pl. az is, hogy a harmadik fél által tanúsított minőségbiztosítási rendszerek száma nálunk alig közelít a 100-hoz, szemben az iparilag fejlett országokkal, ahol a rendszerek működése az exportáló vállalatoknál már szinte minimum követelmény.) Kedvező jelenség, hogy a kis és közepes vállalatok egyre jobban felismerték a minőség jelentőségét a piaci versenyben és ezért érdeklődésük folyamatosan nőtt a minőségügy iránt.

Az első és a második Minőségi Hét plénuma által megfogalmazott és közzétett, a minőség fejlesztése érdekében szükséges teendők nagy része még ma is időszerű. Ezek figyelembevételével a konferencia az alábbiakban foglalja össze az időszerű teendőket:

1. Az ország minőségkultúrájának további fejlesztéséhez **szükség van kormányzati minőségpolitika és -program megfogalmazására** és széleskörű ismertetésére. Ez szolgálhat keretül a hazai gazdálkodók, társadalmi szervek stb. minőségüggyel kapcsolatos akcióihoz. E politika és program épüljön az Európai Unió által kidolgozott alapelvekre és attól csak különösen indokolt esetben térjen el. Ez előfeltétele annak, hogy a hazai termékek és szolgáltatások a fejlett iparú országok piacain versenyképesek legyenek.

2. A múlt év folyamán számos magyarországi vállalat vezetett be korszerű minőségbiztosítási rendszereket és szerezte meg nemzetközileg elismert hazai és külföldi szervezetek tanúsítását. További vállalatoknál ráébredtek ennek a fontosságára és megkezdtek az ilyen irányú felkészülést. Mindamellelt a konferencia felkéri a termelőket és a szolgáltatókat, hogy ezen a téren tegyenek további erőfeszítéseket.

3. Az ISO 9000-es szabványsorozat nagy segítség a minőség és a vállalati szervezet közötti összefüggések felismerésében. Az ezeken alapuló minőségbiztosítási rendszer bevezetése és tanúsítása azonban ma már nem elég a sikerhez. A piacon helytálló és terjeszkedő vállalatok ma már annak köszönhetik pozíciójukat, hogy felismerték a teljes körű minőségszabályozás (TQM) kulcsfontosságú szerepét, vagyis azt, hogy a vezetők és a dolgozók minden tevékenysége kihat a minőségre. Ez a szemlélet új lehetőségeket tár fel és nemcsak a minőségre hat, hanem a vállalat átfogó eredményességét javítja.

A minőségbiztosítási rendszerek bevezetése és tanúsítása tehát nem cél, csak egy közbenső mértőldkő, amelytől kiindulva tovább kell lépni a teljes körű minőségszabályozás irányába.

4. A nemzeti tanúsítási és elismerési (akkreditálási) rendszer kiépítése tekintetében az elmúlt évben adminisztratív lépések történtek, további igyekezetre van szükség, hogy a rendszerek **végleges formája** mielőbb kialakuljon és életbe lépjen.

5. A konferencián elhangzott előadások felhívják a figyelmet arra is, hogy az Európai Unió országaiban **egyre szorosabb a kapcsolat a minőségbiztosítás és a környezetvédelem között**. Erre nézve új szabványokat is készítenek. Szükséges, hogy a hazai műszaki szabályozás is felfigyeljen erre és a biztonságtechnika, egészség-, környezet- és munkavédelem is beleépüljön a minőségbiztosítási rendszerekbe. Mindez a kutatási-fejlesztési munkánkban is kellő súlyt kell, hogy kapjon.

6. A konferencia különös jelentőséget tulajdonít a **minőségkultúra** fejlődése szempontjából az ismeretek elterjesztésének és a **minőségügy** fejlesztésének. Ebben a vonatkozásban kiemelkedő szerepük van az oktatási intézményeknek, műszaki egyetemeknek, főiskoláknak és középiskoláknak, de nem utolsósorban a tömegkommunikációnak, az újságírásnak, beleértve az elektronikus médiát is. A konferencia nyomatékosan utal a minőségügyi ismeretek elterjesztésének fontosságára. Ebből a munkából a minőségügyi társadalmi szervezeteknek is jelentős részt kell vállalniuk.

7. Végezetül a konferencia felhívja a figyelmet arra, hogy a **minőségügy fejlesztése a teljes társadalom érdeke és egyúttal feladata is**. Ebből következik, hogy a társadalmi szervezetek kezdeményezzenek öntevékeny akciókat, a pénzügyi források felett rendelkező alapítványok, bankok pedig segítsék, támogassák e mozgalmak kibontakozását.

Minőségügyi Világnap

„Hagyományainknak” megfelelően a Minőségi Hét utolsó két napját az EOQ által ajánlott Minőségügyi Világnap szerepének szenteltük.

A **hazai járműipar** kiemelkedően fontos termékkörre minőségi kérdéseit tárgyaltuk november 10-én.

A gépjármű- és alkatrészgyártás évtizedek óta fontos szerepet tölt be a hazai iparban, az Ikarus, a Rába, a Csepel Autógyár, a Bakony Művek jelentősége már a gépipar korábbi struktúrájában is meghatározó volt.

A rendszerváltás óta az ágazat jelentősége tovább nőtt, létrejöttek a nagy külföldi autógyárakkal (Suzuki, Ford, General Motors, Audi) közös vállalatok, melyek részben járműalkatrészeket és -szerkezeteket gyártanak, részben kész autók kibocsátói is és érdekük, hogy a járműalkatrészek minél nagyobb hányadát hazai beszállítóktól szerezzék be. Mindez azzal jár, hogy részben folyamatosan bővül a beszállítók köre, részben pedig a beszállított termékek minőségi színvonalát kell a nemzetközi autóipar közismerten magas követelményeihez igazítani. Az alkatrészgyártás fejlesztése tehát a hazai ipar egyik központi kérdésévé vált.

Az elhangzott nyolc előadásból megismerhettük a járműgyártók és -értékesítők adta helyzetképet és a követelményrendszerüket, illetve tájékozódhattunk a beszállítók gondjairól és eredményeiről.

A **nemzeti minőségpolitika** legfontosabb kérdéseit vitattuk meg november 11-én. Az itt elhangzott előadások tárgya a többi között az állam szerepvállalása, a minőségügy kormányzati támogatása, a minőségügy hazai jogi szabályozása, a tanúsítás és akkreditálás helyzete, a minőség oktatása, a társadalmi szervek szerepe a minőségpolitikában volt. Az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium minőségpolitikáját **Dányi István** főosztályvezető előadása alapján – mely a konferencia plenáris ülésén hangzott el – már korábban ismertettük. **Dr. Vass Ilona**, a minisztérium főosztályvezető-helyettese további részletekkel is szolgált.

Merre tovább?

Úgy tűnik, hogy a Minőségi Hetek sorozata véglegesen polgárjogot nyert a hazai szakmai társadalomban. Ezt a konferenciák és a kiállítások növekvő látogatottsága bizonyítja. Ennek jelentőségét romló gazdasági körülményeink között nem lehet eléggé értékelni.

A sorozat folytatása mellett szól az is, hogy bár az 1995. évi kiállítás szervezését még meg sem kezdtük, máris tömegesen érkeznek jelentkezők, akik minél kedvezőbb elhelyezést igyekeznek maguknak biztosítani.

Az 1995. évi konferencia koncepciójának kidolgozását, egyeztetését is éppen csak elkezdjük. A szervezőbizottság szívesen fogadja a szakmai közvélemény tematikai javaslatait, sőt előadók jelentkezését is.

Pákh Miklós–Dr. Róth András

Spektrofotometria és spektrofluorimetria alkalmazása a gyógyszeranalitikában

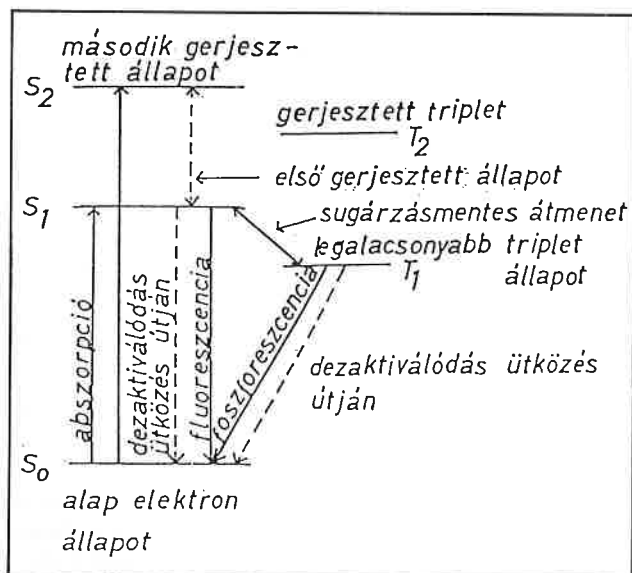
Dr. Milch György

Az ultraibolya és látható tartományú spektrofotometria és spektrofluorimetria történetének áttekintése számos érdekességet tartalmaz, részletes visszatekintésnek azonban itt most sajnos nincs helye. Az századforduló táján indult jelentős fejlődésnek azoknak az optikai műszereknek a kifejlesztése, amelyek a mai korszerű spektrofotométerek és spektrofluoriméterek őseinek tekinthetők. E rövid összefoglaló áttekintésben az ultraibolya és a látható spektrofotometria és spektrofluorimetria gyógyszeranalitikai alkalmazásáról kívánunk képet adni.

Ismeretes, hogy a gyógyszeranyagok nagy többsége csaknem színtelen, vagy fehér kristályos por, kevés köztük a színes anyag. Az a törvényszerűség, hogy valamely színes anyag alkalmas oldószerrel készült oldatának színintenzitása, rétegvastagsága és koncentrációja között egyenes arányú összefüggés áll fenn, már viszonylag régóta ismert. A *Bouguer-Lambert-Beer* féle törvény értelmében (a három kutató ezt egymástól függetlenül állapította meg) a mért oldat koncentrációja, a rétegvastagság és a fényáteresztésből levezethető abszorbancia értéke között egyenes arányú összefüggés áll fenn. Színes oldatok fotometriás mérésére lényegesen hosszabb ideje van lehetőség, mint ultraibolya spektrofotometriás mérésekre és ezek korántsem korlátozódtak eleve színes anyagokra. Alkalmazásuk köre színes származékok képzésével és e származékok fényabszorpciójának mérésével jelentősen kibővült.

Megállapíthatjuk azonban, hogy a spektrofotometriás mérések ultraibolya tartományra való kiterjesztése hozta e területen a valóban nagy fejlődést.

Csupán egészen vázlatos áttekintést mutatunk be az elektromágneses sugárzás tartományairól, amelyből ezúttal tulajdonképpen csak egy kis részzel, az ultraibolya és látható spektrumtartománnyal foglalkozunk. Az ábrával is csak vázlatos formában szemléltetjük a spektrofotometria és a spektrofluorimetria energiaszintjeit, az elektrogerjesztési (abszorpció) és a lumineszcenciás (fluoreszcenciás és foszforeszcenciás) emissziós spektrumok létrejöttét.



Spektrofotometriai elemzések

A spektrofotometriát a gyógyszeranalitikában többféle célra alkalmazzák. Így azonossági vizsgálóként, szennyezés(ek) vizsgálatára, tartalmi meghatározásként, stabilitási vizsgálathoz, szerkezetfelfedező módszerként.

Lássuk először is az **azonossági vizsgálat**ként történő alkalmazást. Ha a spektrum csupán egyetlen fényelnyelési maximumot mutat, kevésbé alkalmas biztos azonosításra. Ha két, vagy több maximummal rendelkezik,

erre már sokkal alkalmasabbá válik, hiszen az abszorpciós maximumok, minimumok hullámhossza és a maximumok és minimumok abszorbancia értékeinek hányadosai már megbízható felvilágosítást adhatnak az anyag azonosítására. Segítségét jelenthetnek egyes színreakciók is, ezek azonban ritkán jellemzőek egyetlen gyógyszermolekulára, inkább egy-egy molekulacsoportra; egyéb reakciókkal, vizsgálati módszerekkel társítva azonban jó szolgálatot tehetnek.

Tisztasági vizsgálatok céljára a spektrofotometriás vizsgálatok ma már ritkán jelentenek egymagukban megfelelő megoldást. Egyre jobban előtérbe kerültek a *kromatográfiás elválasztáson* alapuló módszerek, amelyek detektálásra gyakran alkalmaznak mind spektrofotometriás, mind spektrofluorimetriás módszereket. Az utóbbi években ezek a kapcsolt módszerek, amelyeket az angolszász nomenklatúra *hyphenated technics* néven ismer, egyre kiterjedtebb alkalmazást nyernek. Ezek az uralkodóak a szerkezetfelfedési és stabilitásvizsgálati módszerek során is, amelyek céljára a spektrofotometriás és spektrofluorimetriás módszerek egymagukban csak ritkán alkalmasak.

Tartalmi meghatározás céljára is gyakran alkalmaznak spektrofotometriás módszereket, mivel elég egyszerűen kivitelezhetők és pontosságuk is megfelelő. Jól beváltak nemcsak gyógyszeranyagok, hanem adagolási formák hatóanyagtartalmának illetve hatóanyagai tartalmának meghatározására is, bár itt gyakran kell számolni a kioldódó segédanyagok zavaró matrixhatásával, vagy éppen a hatóanyagok egymás jelenlétében történő meghatározásának feladatával. Ez utóbbiak érdekes és fontos feladatot jelentenek az analitikus számára. Az említett zavaró matrixhatás általában úgy jelentkezik, hogy az ezt okozó anyagok megnövelik a hatóanyagtartalomhoz rendelhető abszorbancia értéket (és ezzel a reálisnál magasabb hatóanyagtartalmat mutatnak), mégpedig úgy, hogy az alacsonyabb hullámhosszak felé haladva a háttérabszorpció értéke – bár nem nagy mértékben – de többé-kevésbé egyenletesen növekvő értékeket mutat. Ide tartozik az a körülmény is, hogy a tablettából készített oldószeres (pl. vizes, 0,1 N sósav, metanolos, etanolos stb.) kivonatot meg kell szűrni. Analitikai szempontból tekintve erre a legalkalmasabb az üvegszűrő alkalmazása, viszont közismert, hogy a üvegszűrő tisztítása (gondoljunk sorozatvizsgálatokra) idő- és munkaigényes feladat. Kvantitatív analitikai célokra szolgáló szűrőpapírok alkalmazása azért zavaró, mert az alacsonyabb hullámhosszak felé haladva 260 nm alatti hullámhossztartományban megnő a szűrőpapírból kioldódó ligninek fényelnyelést növelő hatása. Ennek kiküszöbölése, hasonlóan a kioldódó segédanyagok hatásához, annál bonyolultabb feladat, minél magasabb a zavaró fényelnyelés értéke. Tapasztalataink szerint igen jól beváltak e célra az üvegszűrő szűrőpapírok, mert egyrészt megfelelő tisztaságú oldatot biztosítanak, másrészt a kioldódó zavaró hatás lényegesen alacsonyabb, pontosabban kiküszöbölhető, mint a kvantitatív analitikai szűrőpapír által okozott, lényegesen nagyobb mértékű zavaró hatás.

A zavaró hatások csökkentése

Ennek kiküszöbölésére többféle módszer is ismeretes. Ilyenek: a háttérabszorpció kiküszöbölése több hullámhosszon való méréssel, oldószerhatásra, illetőleg pH-változtatásra érzékeny spektrumú anyagok esetében a *différenca spektrofotometria* és különösen az utóbbi két évtized eredményei alapján a *derivatív spektrofotometria*.

A többkomponensű rendszerek esetében is több lehetőség áll rendelkezésre az alkotórészek meghatározására. Ilyenek: a két és/vagy több hullámhosszon való mérés, ortogónális polinómok alkalmazása, derivatív spektrofotometria, számítógéppel támogatott spektrofotometria. E módszerek elvileg több (négy-, öt-, sőt még több) komponensű rendszerek alkotórészeinek meghatározására is alkalmasak, a valóságban azonban 2-3 alkotórésznel több meghatározására csak a számítógéppel támogatott spektrofotometria alkalmazása javasolható. Különösen nagymértékű vonalkozik ez azokra az esetekre, amikor az alkotórészek spektrumai nemcsak átlapolják egymást kisebb-nagyobb mértékben, hanem – legálábbis esetenként –, teljesen átfedik egymást. Ilyen esetekben csak a

számítógéppel támogatott spektrofotometria nyújthat előzetes elválasztás nélkül is elfogadható eredményt.

A derivatív spektrofotometria egyik tipikus esete annak, hogy nagyrészt az elektronika rohamos fejlődésének köszönheti gyors elterjedését, egyre kiterjedtebb alkalmazását, bár az is igaz, hogy eredete ennél jóval korábbi időkre tehető. Már sok évtizeddel ezelőtt tanították az egyetemeken és alkalmazták a gyakorlatban a matematikai deriválást nehezen kiértékelhető analitikai jelek pl. elhúzódozó potenciometriás titrálási görbék egyenértékponjtjának kiértékelésére. Az első derivatív spektrofotometriás próbálkozások két monokromátoros rendszeren, tehát optikai megoldáson alapultak, amellyel első derivált spektrumot lehetett képezni. Ezt azonban csakhamar kiszorították az első, második, harmadik, negyedik, n-edik derivált spektrum generálására alkalmas algoritmusok, amelyekkel egyszerűsített típusú matrixhatásokat küszöböltek ki eredményesen, másrészt két-három-komponensű rendszerek alkotórészeit határozták meg eredményesen.

Az elválasztási technika szerepe

Az utóbbi évtizedekben a spektrofotometria alkalmazási köre jelentős változáson ment át. Az említett gyógyszeranalitikai alkalmazási területek továbbra is fennállnak, de egyre fokozottabb mértékben előtérbe kerülnek az elválasztási technikákkal, így a *vékonyréteg-kromatográfiával*, a nagy hatékonyságú *foliadék-kromatográfiával* és legújabbán már a *kapillár elektroforézissel* kapcsolatos módszerek, amelyekben a spektrofotometria és a spektrofotometria egyaránt a kimutatás és igen gyakran a mennyiségi meghatározás alapját jelentik. Külön hangsúlyt érdemel a diódasor-dektoros spektrofotométerek kereskedelmi forgalomba kerülése, amely pl. a nagy hatékonyságú foliadék-kromatográfiával kapcsolva és kombinálva óriási lehetőségeket kínál az analitikusnak és a szerkezet-felderítőnek egyaránt.

Külön szólnunk azokról a fontos molekulacsoportokról, amelyek nem rendelkeznek saját fényelnyeléssel. Ilyenek pl. az alifás aminok, aminosavak, cukrok. Ezek és számos egyéb molekula kimutatására, tartalmi meghatározására származékképzéssel alapuló módszereket alkalmaznak. E származékképző reagensek egy része „lombik-reakcióban” is alkalmazható, mások viszont, mivel a reagensek egymagukban fényelnyelő és esetenként fluoreszkáló sajátosságuk, csak elválasztástechnikai módszerrel kombinálva alkalmazhatók, hiszen a származékképző feleslegét a képződött származéktól el kell választani, mert enélkül zavarná a célvegyület meghatározását.

Spektrofluorimetriás módszerek

A spektrofotometriás eljárásokhoz elengedhetetlen a π -elektronrendszer jelenléte, ez a gyógyszermolekulák széles körében megtalálható, vagy kialakítható. Amíg a spektrofotometriás elektrongerjesztési rendszer fényáteresztésen, illetve az abból leszármaztatható fényabszorpció, illetve a vékonyréteg-kromatográfia értékelése során fényreflexión alapulnak, addig a spektrofotometriás módszerek alapját az képezi, hogy a gerjesztett állapotba jutott elektronok fénykibocsátás (emisszió) alakjában térnek vissza alapállapotukba, amint az a *vázlatos ábrán* is látható. Ez azonban egyáltalán nem az egyetlen módja az alapállapotba való visszatérésnek, márpedig lumineszcenciás, ezen belül pedig fluoreszcenciás jelenség csak akkor észlelhető, ha az alapállapotba visszatérés fénykibocsátással megy végbe.

Így a spektrofotometria alkalmazási köre természetesen szűkebb, mint a spektrofotometriáé, hiszen egyszerűen nincs olyan molekula, amely fluoreszcenciát mutatna anélkül, hogy UV-spektrummal rendelkezne. Ezzel szemben nagyszámú olyan gyógyszermolekula létezik, amelynek UV-spektruma van, mérhető fluoreszcenciája azonban nincs. Természetesen származékképzéssel alapuló módszerekkel a fluoreszcens vegyületek köre jelentősen kiterjeszthető, de így is jóval szűkebb a fluoreszcenciás módszerrel mérhető vegyületek köre. A fluoreszcenciás mérések érzékenysége az esetek nagy többségében jóval érzékenyebb, mint a spektrofotometriás módszereké. Bár ez alól vannak kivételek, a spektrofotometriás módszerek „átlagosan” 2–3 nagyságrenddel érzékenyebbek, mint a spektrofotometriás módszerek, de esetenként ennél nagyobb különbségek is észlelhetők. Ez szinte predesztinálja a spektrofotometriás módszert a spektrofotometriás módszerek tárgyalás során már említett kapcsolt módszerekben való alkalmazásra, hiszen az elválasztástechnikai módszerek gyakran eredményezik igen csekély mennyiségű anyagok elválasztását, amelyek kimutatásához, mennyiségi meghatározásához érzékeny eljárásra van szükség.

Egyes jól fluoreszkáló (kedvező kvantumhasznosítási tényezővel rendelkező) vegyületek (pl. a kinin-sók hig kénsavas oldatai) annyira intenzíven fluoreszkálnak, hogy ezek szinte közismerten kiválóan alkalmazhatók azonosítási vizsgálat céljára, de számos egyéb analitikai feladat megoldására is. Más vegyületek fluoreszcens sajátosságai ezeknél jóval szerényebbek. Hogy azonban ezek köre így sem elhanyagolható, azt jól mutatja az alábbi kis felsorolás, amely – talán kissé önkényesen kiragadva – felsorol néhány olyan, jól fluoreszkáló vegyületcsoportot, amelyhez számos gyógyszermolekula tartozik, mégpedig:

- fenol és származékai
- szalicilsav és származékai
- naftalin és származékai
- szulfonamidok
- antracén és származékai
- kinolin és származékai (kinin-sók, klorokin és származékai)
- izokinolin és származékai
- benzimidazol és származékai
- barbitursav származékai
- morfin és származékai
- tetraciklin és származékai
- vízoldható vitaminok (különös tekintettel a B-vitamin csoportra)
- zsírolható vitaminok

★

Ez a kis összefoglaló megkísérelt betekintést nyújtani e rendkívül hasznos és érdekes gyógyszeranalitikai módszerekbe. Remélem, e kísérlet nem maradt eredménytelen.

Irodalom

1. Görög Sándor: Spektrofotometriás gyógyszeranalízis. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993.
2. Szalay L.–Damjanovich S.: Lumineszcencia a biológiában és az orvostudományban. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1993.
3. Láng L.: Absorption Spectra in Ultraviolet and Visible Region I–XXIV. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959–1982.
4. Organic Electronic Spectral Data, Vol I–XXVII. Wiley – Interscience, New York, 1960–1991.
5. Dübbern H. W.: UV – und IR-spektrum wichtiger pharmazeutischer Werkstoffe. I–III. Edition Cantor. Aulendorf 1980.

951 031 155



AZ EUROLAB SZERKESZTÉSÉBEN ÉS KIADÁSÁBAN megjelent a *Directory of European testing and analytical laboratories 1994* című kiadvány, amely tartalmazza a nemzeti Eurolab szervezetekbe tömörült, mintegy 1000 laboratóriumra vonatkozó alapinformációkat, szervezeti felépítésükről, személyzetükről, tevékenységükről, mérési és vizsgálati módszerekről és azok alkalmazási köréről a legjellemzőbb tudnivalókat. A kiadvány ezzel segítséget nyújt a laboratóriumok közötti kapcsolatfelvételhez, a tapasztalatcseréhez és a kutatói együttműködés előkészítéséhez, az európai szabványok és irányelvek egységes értelmezéséhez és alkalmazásához. Közli továbbá az EU- és az EFTA-szervezetekre vonatkozó információkat, a rövidítések és betűszavak jelentését. Tartalmazza a vizsgálatokban és az analitikában használatos terminológiákat és definíciókat.

Figyelmükbe ajánljuk még az Eurolab firenzei szemináriumán (1994. április 25–27.) elhangzott több, mint száz előadást tartalmazó kétkötetes kiadványt, amelynek címe:

Proceedings of the second Eurolab symposium: „Testing for the years 2000”



SPEKTROFLUOROMÉTER

A JOBIN YVON/SPEX bemutatja a FLUOROLOG-T2 fluoreszcencia időtartam és állandósult állapotot mérő spektrofotométert.

A FLUOROLOG-T2 egy teljes körű, minden igényt kielégítő mérő műszert valósít meg egyetlen, rugalmas műszeregyüttesben. Ezzel a rendszerrel a felhasználó picoszekundumos élettartamról állandósult állapotra való átmenetről kaphat információt másodpercek alatt.

A FLUOROLOG-T2-vel tanulmányozható a fluoreszcencia időbeli lecsengése a frekvencia függvényében. Ez a módszer garantálja:

- a folyamatos megvilágítás biztosította nagyfokú érzékenységet
- a kitűnő pontosságot (kereszt korrelációval széles frekvencia-tartományban)
- a könnyű használatot.

A JOBIN-YVON/SPEX ezen új rendszeren kívül gyártja még:

- a FLUOROLOG-2 kutatási szintű spektrofotométert. Ez modulokból álló rendszer, mely a kutatóknak lehetővé teszi, hogy a legnagyobb teljesítményt érje el érzékenységben, a szórt fény kiszűrésben és felbontásban.
- a FLUOROMAX kompakt spektrofotométert, amely analitikai és rutin mérésekre egyaránt alkalmazható.

A reflexiós optika és a fotonyszámoló érzékelő használatának köszönhetően a JOBIN-YVON/SPEX egy olyan műszert ajánl, mely olyan spektrumokat szolgáltat, amelyeket ebben az ártartományban semmilyen más rendszerrel nem lehet elérni.

SPEKTROFOTOMETRIA

A SECOMAM, több mint 40 éves szakmai tapasztalat birtokában bemutatja az új UV/VIS több-küvettás spektrofotométert (ANTHELIE) a következő mérési lehetőségekre:

abszorbanciára, T %-ra, koncentrációra, kinetikára, többlépéses kalibrálásra, pásztázásra, deriválásra, zoomra.

Lehetőség 50 módszer tárolására.

Akár 9 mintát is le tud olvasni 30 másodperc alatt.

Ezen műszerről további információt kaphat;
keresse fel, kérem a FRANCELAB Standját a MAGYAR REGULA Kiállításon, vagy
érdeklődjön: FRANCELAB,
213 rue de Versailles, 92410 VILLE D'AVRAY (France).
Fax: (1) 47095822

A nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) analitikai alkalmazása: biokromatográfia

Dr. Szepes László*

Az elválasztástechnika jelentősége a műszeres analitikában

A kémiai analízis jelentős változáson ment keresztül az utolsó évtizedekben. Az 50-es évektől kezdődően a műszeres analitikai módszerek fokozatosan kiszorították a klasszikus „nedves” módszereket. Az utolsó két évtizedben pedig a különböző elválasztástechnikai elveket alkalmazó műszeres analitikai módszerek gyors elterjedését és térnyerését figyelhetjük meg [1]. Az egyes bonyolultabb ipari gyártási folyamatok, főleg a biotechnológia iparági nyersanyagának, közbelső- és végtermékeinek minősítése, tisztaságának vizsgálata, továbbá a biológiai folyamatok és a környezet szennyezőinek ellenőrzése csak a nagy hatékonyságú elválasztástechnikai és a nagy érzékenységre specifikus detektálási módszerek együttes alkalmazásával végezhető el.

Az elválasztástechnikai módszerek a hajtóerő alapján három fő csoportba sorolhatók.

Kromatográfiában a két heterogén fázis közötti kémiai potenciál-különbség, míg elektroforézisnél a villamos feszültségkülönbség az elválasztás hajtóereje. A harmadik nagy csoport a téráramlásos frakcionálás (Field Flow Fractionation), ahol a térerősség változása (gravitáció, áramlás, villamos erő) a folyamat hajtóereje.

A kromatográfiás módszerek az áramló fázis halmazállapota szerint három csoportba sorolhatók: gázkromatográfia (GC), szuperkritikus fluid kromatográfia (SFC) és folyadékkromatográfia (LC).

Az áramló fázis fizikai jellemzői határozzák meg a módszer hatásosságát, gyorsaságát, teljesítményességét és alkalmazási területeit. A legnagyobb hatásosság és gyorsaság gázkromatográfiával érhető el, ahol a diffúziós állandó több nagyságrenddel nagyobb, mint a másik két módszerénél. Gázkromatográfiával (GC) azonban csak illékony, hőbomlásra nem érzékeny vegyületek vizsgálhatók, ami az összes ismert vegyületnek kevesebb mint 20%-a. A folyadékkromatográfia (LC) bármely folyékony vagy oldatba vihető anyag vizsgálatára alkalmas. A folyadékfázis nagy viszkozitása és sűrűsége következtében azonban a megfelelő áramlási sebesség csak nagy nyomással (100–400 bar) valósítható meg, a diffúziós állandó és ennek következtében a hatásosság lényegesen kisebb, mint a gázkromatográfiánál.

A szuperkritikus fluid kromatográfia (SFC), közbelső helyet foglal el a gáz- és folyadékkromatográfia között.

A különböző kromatográfiás és elektroforetikus módszerekkel a nemesgázoktól indulva a több millió dalton molekulatömegű polimerekig

bezárólag a legkülönbözőbb anyagrendszerek elválaszthatók illetve vizsgálhatók.

A modern analitikai kémia helyzetéről készített tudományterületi felmérések a kromatográfiás módszerek egyre növekvő elterjedését mutatják.

Az 1981–1988. évek közötti időszakban a szerves vegyületek műszeres analitikai vizsgálatában megjelent közlemények 60,8%-a ismert kromatográfiás módszereket [2]. A környezetvédelmi analitikában az 1986–89 közötti időszakban a kromatográfiás és kapcsolt technikák aránya a különböző típusú környezeti minták vizsgálatában 68–76% között van [3]. A fejlődési trendek a 90-es években a kromatográfiás és rokon módszerek további térhódítását mutatják. A fejlett ipari országokban az összes műszeres analitikai elemzés több mint 60%-át kromatográfiás módszerrel végzik. A gyógyszeriparban és a biotechnológia-iparokban ez az arány 70–80% [4].

A kromatográfiás analitikai módszerek még vázlatos ismertetése is messze meghaladja egy tanulmány kereteit. Ezért itt csak a nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia módszereinek általános ismertetésével és egyik legjelentősebb analitikai alkalmazásával, gyógyszer- és biológiai anyagok vizsgálatával foglalkozunk.

A nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia módszerei

A HPLC készülékek fejlődése és a módszer elterjedése példa nélkül áll a műszeres analitika

történetében. Ez a módszer gyorsasága (5–30 min) és hatásossága ($N = 10^4$ – 10^5) mellett az alkalmazási lehetőségek széles választékával, az utóbbi években kifejlesztett töltetek és módszerek sokféleségével magyarázható.

A folyadékkromatográfiás módszerek csoportosítását a megoszlási folyamat szerint az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az egyes módszerek és a nagyszámú különböző típusú és rendeltetésű oszloptöltet ismeretisére itt nincs lehetőség. Az általános trendeket tekintve a 70-es években kifejlesztett és azóta folyamatosan javított minőségű, kémiaiilag kötött fázisú tölteteket (BP) használnak az elemzési feladatok több mint 90%-ában [5, 6]. Ezen belül a fordított fázisú töltetek aránya mintegy 70–80%. Az ioncserélő töltetek alkalmazása 10–15%. A legutóbbi felmérések szerint jelentősen nő a méret szerinti elválasztásra (SEC) és a királis elválasztásra kifejlesztett töltetek választéka és felhasználása.

A szilika-gél alapú töltetek mellett egyre növekvő arányban alkalmaznak különböző polimer alapú tölteteket (sztirol-divinil-benzol, poliakrilmetakrilát, poliéter, poliakrilamid stb.). Ezeknek a tölteteknek legnagyobb előnye, hogy a teljes pH-tartományban használhatók, míg a szilika-gél alapú töltetek pH 8 felett oldódnak.

Biomakromolekulák vagy más néven biopolimerek (polipeptidek, fehérjék, oligonukleotidok stb.) elválasztására ún. tágpórusú (WP) tölteteket fejlesztettek ki [6, 7]. Ezek általános jellemzője, hogy a pórusátmérő 30–100 (400) nm, a felület hidrofíll réteggel van borítva és ehhez kapcsolódnak a funkciócsoportokat tartalmazó ligandok. Az utolsó években kifejlesztett új bimo-

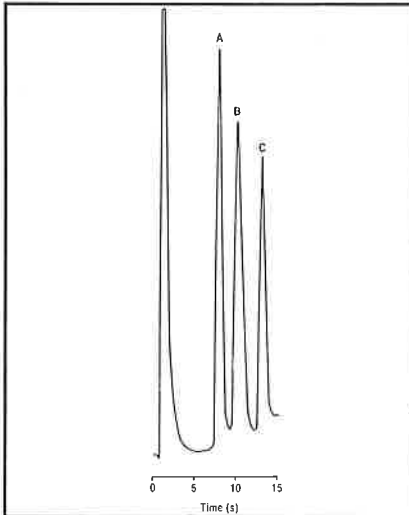
1. táblázat.

Folyadékkromatográfiás módszerek csoportosítása a megoszlási folyamat szerint

Megnevezés	Megoszlási folyamat	Stacioner fázis	Áramló fázis
Folyadék-szilárd kromatográfia (LSC)	Adszorpció	Adszorbens	Szerves
Folyadék-kötött fázisú kromatográfia (LBPC)	Szorpció	Kémiaiilag kötött fázis	Szerves, vizes
Normál fázis		Poláris	Szerves/apoláris
Fordított fázis		Apoláris	Vizes/poláris
Folyadék-folyadék kromatográfia (LLC)	Megoszlás (oldódás)	Folyadék-fázis (Szilárd hordozón)	Szerves
Kizárás (SEC) v. Gélkromatográfia (GPC)	Molekulaméret szerinti kizárás	Szabályos pórusszerkezetű szilárd anyag v. gél	Szerves, vizes
Ioncserés kromatográfia (IEC)	Ioncseré	Ioncserélő szorbens	Vizes
Affinitási kromatográfia (AC)	Biospecifikus kötődés	Biospecifikus ligand	Vizes
Fém kölcsönhatási kromatográfia (MHC)	Specifikus kötődés	Fémkelát ligand	Vizes
Immunaaffinitás kromatográfia (IAC)	Immun reakció	Antitest v. antigén	Vizes
Királis kromatográfia	Királis addukt képzés	Királis fázis	Szerves, vizes
		Akirális fázis	Vizes, szerves királis adalék

* Budapesti Műszaki Egyetem, Kémiai Technológiai Tanszék

dális (perfúzió), hidrogéllal töltött gigapórusú és kis szemcseméretű (1–2 µm) nem porózus töltetekkel [7, 8, 9] az elemzés gyorsasága jelentősen megnövelhető és a nagyságrendű elemzési idő érhető el. Ezek a módszerek már folyamatos üzemellenőrzésre (process kromatográfok) is alkalmasak. Az 1. ábrán fehérjék gyors elválasztását mutatjuk be perfúzió fordított fázisú tölteten.



1. ábra. Fehérjék gyors elemzése fordított fázisú kromatográfiával perfúzió tölteten
Oszlop: 3 cm × 2,1 mm POROS R/M
Eluens: A 0,1% TFA vízben, B 0,1% TFA acetonitrilben (ACN)
Grádiens: 20–60% B 0,2 min alatt
Áramlási sebesség: 5 ml/min
UV 220 nm
Csúcsok: A ribonukleáz, B cytochrom C, C β-laktoglobulin

Az elválasztás hatásosságának és gyorsaságának növelése mellett az utóbbi években jelentős előrehaladás történt a kromatográfiás csúcsok pozitív azonosítása és/vagy szerkezetének meghatározása területén. A detektálás érzékenysége és szelektivitásának növelésére számos új detektort fejlesztettek ki, úgymint diódasor (DAD), lézergyjártatású fluoreszcenciás (LIFD), kemilumineszcenciás (CL), új típusú elektrokémiai (EC) és tényezőrást mérő (LSD) detektorokat [10].

Biológiai anyagok, környezetszennyező vegyületek elemzésénél a detektálás érzékenysége és szelektivitása származékkészítéssel (pre-column, post-column) és különböző specifikus reakciók (enzimek, kötő fehérjék, antitestek stb.) segítségével növelhető [11].

A kromatográfiával összekapcsolt (hyphenated) spektrometriás technikák műszerei és módszerei is sokat fejlődtek és ma már elérhető áron hozzáférhetők. LC-MS technikával az újonnan kifejlesztett mintabeviteli és ionizációs módszerekkel (thermospray, electrospray, particle beam, FAB, API stb.) reprodukálható, pontos elemzés végezhető és lehetőség van nagy molekulatömegű biológiai anyagok vizsgálatára is [12]. Szerkezetvizsgálatra az LC-FTIR, LC-FTIR-MS és a legújabb kifejlesztett LC-NMR műszeregyüttesek adnak lehetőséget.

Biológiai anyagok elválasztása: biokromatográfia

A HPLC az utolsó évtizedben a modern biológiai tudományok legfontosabb eszközévé vált. Az élettudományok valamennyi ágában, a kutatás, fejlesztés és termelés minden területén nélkülözhetetlen. A biológiai folyamatok megismerése és leírása, számos új biológiai aktív termék kifejlesztése a HPLC alkalmazása nélkül nem lett volna lehetséges.

A 70-es években a gyógyszeripar egyre növekvő minőségi igényei jelentősen hozzájárultak a HPLC módszerek és töltetek sokrétű fejlesztéséhez. A 80-as években a biotechnológiai iparok kifejlődése jelentette a fő hajtóerőt és ez a fejlődés a 90-es években is töretlenül folytatódik.

Az angolszász irodalomban Biochromatography gyűjtőnévvel foglalják össze a biológiai anyagok és termékek elválasztására alkalmazott kromatográfiás módszereket.

A biokromatográfiás módszerek csoportosítására általános séma nem ismert és az egyes területek átlapolása következtében nem is igen képzelhető el. Az analitikai módszerek áttekintésének megkönnyítésére röviden az alábbi területekkel foglalkozunk:

- gyógyszeripari alkalmazás
- terápiás drogok vizsgálata
- biotechnológiai alkalmazás
- biokémiai és biológiai folyamatok vizsgálata

Mintaelőkészítés

Az elemzési módszerek ismertetése előtt röviden összefoglaljuk a mintaelőkészítés módszereit [13–15]. Minthogy mind a gyógyszeripari alapanyagok és termékek, mind pedig a biológiai és biotechnológiai minták nagyszámú, különböző típusú és méretű vegyületeket tartalmaznak, a kromatográfiás elemzés előtt a minták megfelelő tisztítására, adott esetben a kis koncentrációban lévő komponensek dúsítására van szükség. A nemkívánatos szennyezők eltávolításával jelentősen megnő az elemzés reprodukálhatósága és pontossága, az elválasztás szelektivitása, a kimutatási határ és nem utolsósorban a kolonna élettartama.

Az általánosan használt módszerek mellett a minta előkészítésére kromatográfiás elemzéshez főleg az alábbi módszereket használják.

Szilárd halmazállapotú minták előkészítésére:

- folyadék extrakciót (Soxhlet, Soxtec, ultrahang, mikrohullám) és
- szuperkritikus fluid extrakciót (SFE) használnak.

Folyadék minták előkészítésére:

- kicsapást (só, oldószer, polimer),
- centrifugálást,
- ultraszűrést,
- dialízist,
- folyadék-folyadék extrakciót (LLE),
- gél szűrést,
- szilárd fázisú extrakciót (SPE),
- gél elektroforézist és
- izoelektromos fókuszálást stb. használnak.

Az utóbbi években a szakaszos mintaelőkészítési módszerek helyett egyre jobban terjednek a folyamatos, automatizálható módszerek, pl. SFE, SPE alkalmazása. A kereskedelmi for-

galomban kapható nagyszámú különböző típusú tölteten a mintaelegy komponensei méretük, illetve polaritásuk és szerkezetük alapján elválaszthatók, illetve dúsíthatók.

Gyógyszeripari alkalmazás

A gyógyszeripar területén egyre nő a HPLC módszerek jelentősége és elterjedése a különböző analitikai feladatok megoldására. A széles körű elterjedést jelentősen segítették különböző nemzeti és nemzetközi szervezetek (FDA, EPA, WHO, FAO), majd ezekhez kapcsolódóan a gyógyszerkönyvek és szabványtervezetek előírásai és ajánlásai.

A gyógyszeranalitikai feladatok rendkívül sokrétűek, a gyógyszeralapanyag-gyártás kiindulási anyagainak (növényi extraktok, állatszerv-kivonatok stb.) vizsgálatától kezdve az alapanyagok, intermedierek, végtermékek és készített gyógyszerkészítmények vizsgálatáig terjednek [16–18]. Új gyógyszerkészítmények fejlesztésénél ehhez járulnak még a farmakokinetikai és metabolizmus vizsgálatok.

Az elemzési feladatok célja is jelentősen eltérő igényt támaszt a módszerrel szemben. Ez a hatóanyagtartalom meghatározása mellett tisztaságvizsgálatot, a szennyező vegyületek minőségének és mennyiségének meghatározását, stabilitás-vizsgálatot és a bomlástermékek meghatározását jelenti.

Az utóbbi években új követelményként jelentkezik az optikai tisztaság bizonyítása, ami az optikai izomerek elválasztását teszi szükségessé. A farmakokinetikai és metabolizmus vizsgálatokkal a terápiás drogokhoz kapcsolódóan foglalkozunk.

A HPLC gyógyszeranalitikai alkalmazása még felsorolásszerűen is meghaladja egy tanulmány kereteit.

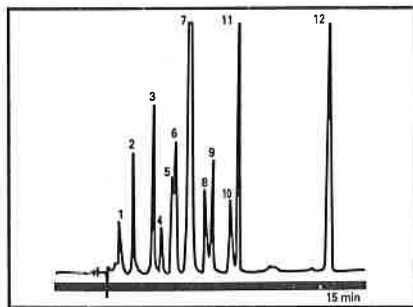
Az Analytical Chemistry két évenként megjelenő összefoglaló közleményeiben (Pharmaceuticals and Related Drugs) 700–800 hivatkozás található [19–21]. Külön összefoglaló jelenik meg a peptidok és a fehérjék vizsgálati módszereiről [22].

Minthogy a biológiai anyagok és gyógyszerkészítmények túlnyomó részben poláris, vizes közegben oldható vegyületek, az analitikai módszerek döntő többsége fordított fázisú (RP) rendszert használ. Ionos vegyületek elválasztására az ioncserés kromatográfia (IEC) mellett jelentős mértékben ionpár kromatográfiát (IPC) alkalmaznak fordított fázisú rendszerben. A komponensek detektálását túlnyomórészt UV(DAD) detektorokkal, néhány módszerrel elektrokémiai detektorokkal, illetve kapcsolt technikával (LC-MS) végzik.

Az alábbiakban felsoroljuk a legfontosabb vegyületcsoportokat és néhány általános irodalmi hivatkozást [19–21, 23–34].

- Alkaloidok (tropán, ergot, opium, cinchona, xantin stb.).
- Antibiotikumok (Cefalosporinok, penicillinek, sztreptomicinek, tetraciklinek, szulfonamidok, króramfenikol stb.).
- Fájdalomcsillapítók, lázcsillapítók (aszpirin, amidopirin, phenazon, acetaminofen stb.).
- Gyulladásgátlók (indometacin, fenilbutazon, fenacetin stb.).
- Antihiisztaminok
- Prostaglandinok

- β -blokkolók
- Szteroidok
- Vitaminok (vízoldható, zsírolható)



2. ábra. Gyógyszerkészítmény hatóanyagainak elválasztása fordított fázisú kromatográfiával.
Oszlop: 25 cm $\times$ 0,46 mm Vydac C18
Eluens: A 0,05 M KH_2PO_4 , pH 4
B ACN
Grádiens: 20–100% B 15 min alatt
Csúcsok: 1 oldószér, 2 barbital, 3 primidon, 4 fenacetamid, 5 szennyezős, 6 fenobarbital, 7 fensuximid, 8 mefenitoin, 9 etotoin, 10 metsuximid, 11 acetaxolamid, 12 diazepam

A 2. ábrán példaként bemutatjuk görcsoldók elválasztásának kromatogramját C18 oszlopon.

Terápiás drogok vizsgálata

A HPLC különösen alkalmas biológiai mátrixokban terápiás gyógyszerek és metabolitjaik elválasztására és mennyiségi meghatározására. Új gyógyszerek fejlesztésénél és tesztelésénél a farmakokinetikai vizsgálatok és összeférhetőségi tesztek a legtöbb esetben csak HPLC-vel végezhetők.

Klinikai vizsgálatokban a gyógyszerek lebomlásának és kiürülésének ellenőrzése a kis mintamennyiség és a vegyületek igen alacsony koncentrációja miatt csak megfelelő mintaelőkészítési és nagy hatékonyságú elválasztás együttes alkalmazásával érhető el. A HPLC módszer nagy előnye, hogy megfelelően automatizálható mintaelőkészítési módszerrel (SPE), automatikus mintaadagolással nagyszámú minta folyamatos analízisére használható. Az elemzési adatok pontossága és megbízhatósága megfelelő kalibrációs görbék felvételével és az adatok folyamatos statisztikai értékelésével biztosítható.

Az irodalomban rutin módszereket ismertettek asztmaellenes (teofilin, koffein stb.) antiepileptikus (primidon, fenobarbital, karbamazepim stb.) antiaritmiás (quinidin, dizopyramid, procainamid stb.) szerek és metabolitjaik mennyiségi meghatározására [35–39].

Biotechnológiai alkalmazás

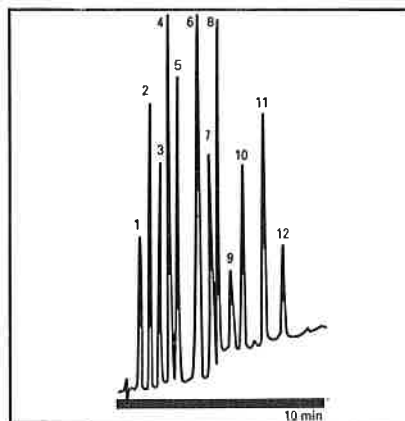
Az utolsó három évtizedben a biológiai tudományok forradalmi fejlődése ment végbe a molekuláris biológia és biokémia területén. A 70-es években egy új iparág fejlődött ki a biotechnológia, mely biológiai organizmusok, rendszerek és folyamatok alkalmazása a termelő és szolgáltató iparokban. Mind a biológiai tudományok, mind a biotechnológia fejlődése szempontjából alapvető és meghatározó jelentőségű a korszerű elválasztástechnikai módszerek, elsősorban a nagy hatékonyságú kromatográfiai és elektroforitikus módszerek kifejlesztése és alkalmazása.

Ma már általánosan elfogadott az a felismerés, hogy a biológiai kutatás és fejlesztés szelteni és költségfordításának mintegy 80–90%-a az elválasztási (downstream) és azonosítási problémákra fordítódik.

A DNA felfedezése és a korszerű biotechnológia kialakulása, jelentős hatással volt a HPLC fejlődésére. Ez a hatás kölcsönös volt, mert a 70-es években alkalmazott elválasztástechnikai módszerek nem voltak alkalmasak a különböző biológiai folyamatokban keletkező nagyszámú, hasonló szerkezetű, sok esetben igen kis mennyiségben jelenlévő vegyület elválasztására és mennyiségi meghatározására.

A biotechnológiai eljárások során a termékek tisztításán túlmenően a terméktisztaságot és a jelenlévő szennyezések mennyiségét validált módszerekkel kell bizonyítani. Biotechnológiával előállított drogok hatásosságát, toxicitását és a metabolizmus termékeit ugyancsak vizsgálni kell. A HPLC különböző módszereivel lehetőséget nyújt ezen elemzési feladatok hatáson, gyors és jól reprodukálható megoldására. A HPLC-t rutinszerűen használják aminosavak, peptidok és fehérjék meghatározására [22, 40–43]. Nukleinsavak, nukleotidok, oligonukleotidok, nukleosidok ezek bázisainak és adduktjainak vizsgálatára is számos módszert fejlesztettek ki, [41].

Nukleotidok elválasztása és meghatározása anioncserélő töltetű kolonnán végezhető el, mint azt a 3. ábra mutatja.



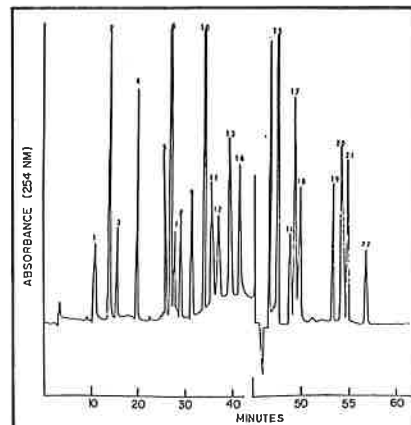
3. ábra. Nukleotidok elválasztása ioncserélő kromatográfiával
Oszlop: 5 cm $\times$ 0,46 mm Vydac 303 NT anioncserélő
Eluens: A 0,045 M NH_4COOH , pH 4,6
B 0,5 M NaH_2PO_4 , pH 2,7
Áramlási sebesség: 2 ml/min
Csúcsok: 1 CMF, 2 UMF, 3 AMF, 4 GMF, 5 CDF, 6 ADF, 7 UDF, 8 CTF, 9 GDF, 10 ATF, 11 UTF, 12 GTF

Komplex elegyek elválasztására kombinált kolonnákat javasolnak, mint az a 4. ábrán látható, [44].

A különböző termékek elemzése mellett fehérjék, nukleinsavak stb. szerkezetvizsgálatnál is nélkülözhetetlenek a HPLC módszerek. Így például fehérjék szerkezetének vizsgálatában kémiai vagy enzim bontás után a peptid összetétel (peptid mapping), majd az aminosav sorrend (szekvencia) meghatározása HPLC-vel történik.

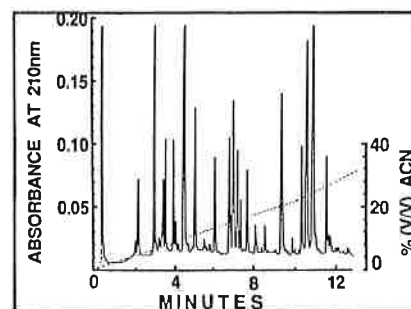
A nagyszámú bomlástermék elválasztása fordított fázisú rendszerben, porózus tölteten

40–80 min. Rövid, nemporózus töltetű oszlopon az elemzés 10–15 min alatt elvégezhető, [9]. β -lactoglobulin tripszines bontásával kapott termékek elválasztását az 5. ábra mutatja.



4. ábra. Nukleotidok, nukleozidok és bázisok elválasztása fordított fázisú és ioncserélő kromatográfia kombinálásával.
Oszlop: I. Partisil SAX anioncserélő
II. Partisil ODS 3 fordított fázisú
Csúcsok: 1 CMF, 2 TMF, 3 AMF, 4 GMF, 5 XMF, 6 TDF, 7 CDF, 8 ADF, 9 GDF, 10 TTF, 11 CTF, 12 ATF, 13 GTF, 14 XTF, 15 uracil, 16 citozin, 17 hipoxantin, 18 xantin, 19 xantozin, 20 inozin, 21 quanozin, 22 adenozin

A nukleotidok (1–14) elválasztása ioncserélő, a nukleozidok és a bázisok (15–22) elválasztása fordított fázisú oszlopon.



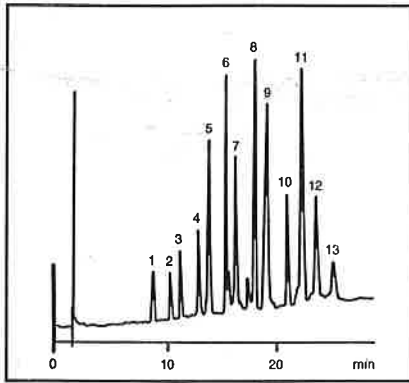
5. ábra. β -lactoglobulin tripszines bontásánál képződő termékek elválasztása porózus felületű C18 tölteten.
Oszlop: 7,5 cm $\times$ 4,6 mm C18, micropellicular
Eluens: A 5 mM oktil nátrium-szulfát és 50 mM NaH_2PO_4 , pH 2,8
B 50 mM NaH_2PO_4 60% acetonnitrilben (ACN), pH 2,8
Áramlási sebesség: 1,8 ml/min, T = 80°C

A fordított fázisú (RP) elválasztás igen gyors és hatáson, de sok esetben az erős hidrofób kölcsönhatás és az alkalmazott szerves oldószert követően a biopolimérek szerkezete megváltozik és részben vagy egészben elvesz biológiai aktivitásuk.

Fehérjék fordított fázisú elválasztásának kromatogramja a 6. ábrán látható.

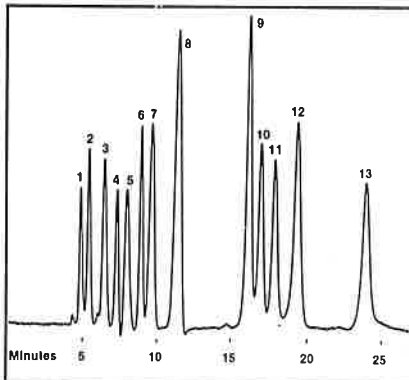
A hidrofób kölcsönhatású kromatográfiában (HIC) az elválasztást ugyancsak a hidrofobicitás szerint végzik, de lényegesen gyengébb hidrofobicitású tölteten sóoldat jelenlétében a biológiai aktivitás megtartásával, [45].

Az ioncserés kromatográfiában (IEC) az elektrosztatikus kölcsönhatás erőssége szabja



6. ábra. Peptidek és fehérjék elválasztása fordított fázisú oszlopon.

Oszlop: Zorbax Protein Plus
Eluens: A 0,1% TFA vízben
B 0,1% TFA acetonitrilben
Grádiens: 0–60% B 25 min alatt
Áramlási sebesség: 2 ml/min
Csúcsok: 1 metionin enkefalin, 2 leucin enkefalin, 3 angiotenzin II., 4 angiotenzin I., 5 ribonukleáz A, 6 inzulin (BS), 7 citokrom c, 8 lizozim, 9 albumin (BS), 10 melittin, 11 karboanhidráz, 12 β -amiláz, 13 ovalbumin



7. ábra. Szénhidrátok és aminosavak elválasztása ioncserélő oszlopon

Oszlop: 30 cm $\times$ 7,8 mm Aminex HPX-87 C (Bio Rad)
Eluens: 0,01 M CaSO₄, pH 5,5
Áramlási sebesség: 1 ml/min
Hőmérséklet: 85°C, Detektor: RI
Csúcsok: 1 melezitóz, 2 maltoz, 3 glükóz, 4 mannoz, 5 fruktoz, 6 ribitol, 7 glutamin-sav, 8 aszparagin-sav, 9 treonin, 10 szerin, 11 alanin, 12 glutamin, 13 prolin

meg a visszatartást, a biológiai aktivitás itt is kevésbé változik. A 7. ábrán példaként bemutatjuk szénhidrátok és aminosavak elválasztásának kromatogramját ioncserélő töltetű kolonnán.

A méret szerinti kizárásos kromatográfia (SEC) biopolimérek molekulaméret szerinti elválasztása mellett aggregációs folyamatok és konformáció változás vizsgálatára is alkalmas, [46, 47].

Az affinitási kromatográfia különböző változataival (lásd 1. táblázat) biológiai anyagok elválasztásának és tisztításának legszelektívebb módszere, [48–50]. A forgalomban lévő igen nagyszámú, különböző ligandokat tartalmazó stacionér fázis fejlesztése tovább folytatódik. Különösen jelentős a sztereo- és enancio-szelektív fázisok fejlesztése szerkezeti és optikai izomerek elválasztására.

Biopolimérek elválasztására az utóbbi néhány évben a kapilláris elektroforézis (CE) a

HPLC versenytársává vált, [51, 52]. Kapilláris elektroforézissel igen nagy hatásosság (10^6 – 10^7 N) és viszonylag gyors elválasztás érhető el a biológiai anyagok nagy részénél. Újabb vélemények szerint a két módszer nem konkurens, hanem jól kiegészítik egymást és maximális eredmény együttes alkalmazásukkal érhető el.

Biokémiai és biológiai folyamatok vizsgálata

Az ismertetett területek és vegyülettípusok vizsgálati módszerei természetesen ugyancsak alkalmazásra kerülnek a biokémiai és biológiai folyamatok vizsgálatában. A korszerű molekuláris biológiai kutatásokhoz a különböző HPLC módszerek (RPC, HIC, IEC, SEC, AC) ma már nélkülözhetetlenek és sok esetben csak kombinált alkalmazásuk vezet eredményhez. A biotechnológiában és a klinikai elemzésben vizsgált területek mellett a biokromatográfia valamennyi biológiailag aktív vegyület vizsgálatával foglalkozik.

Egyik fontos új terület a drog – fehérje kölcsönhatás vizsgálata, [53]. Stacionér fázisként kötött fehérjéket tartalmazó kolonnán a sztereo-szelektív kötődés, királis stacionér fázison az enancioszelektív kötődés is vizsgálható, [54].

A biológiai folyamatok megismerésének egyik fontos területe az enzimaktivitás mérése, [55]. A különböző HPLC módszerekkel lehetőség van az egyes enzimek aktivitásváltozásának nyomonkövetésére, a másodlagos reakciók hatásának vizsgálatára és a metabolitok változásának követésére egy többenzimes rendszerben. Végül, de nem utolsósorban új enzimek felismerésére is alkalmas nemvárt új reakciótermékek meghatározásával.

A klinikai orvostudományban is jelentős fejlődést hozott a HPLC módszerek bevezetése. Különböző testnedvek vizsgálatával megismerhetők az egészséges és a beteg szervezet anyagcsere folyamatai, a betegségek kialakulása, egyes betegségekre jellemző biokémiai változások és irányt mutatnak a kezelési lehetőségekre. Így például neurotranszmitterek és metabolitjaik (adrenalin, noradrenalin stb.), purin származékok, aszkorbinsav és antidepressziós gyógyszerek koncentrációjának és változásának vizsgálata jelentősen hozzájárult a neurológia fejlődéséhez, mind a diagnosztika, mind a gyógyszeres kezelés javításához, [56].

A felsorolt néhány példa csak szemlélteti a HPLC lehetőségeit a biológiai anyagok és folyamatok vizsgálatában és korántsem tekinthető teljesnek. Az elkövetkező években a HPLC töltetek és módszerek további fejlődése jelentősen hozzájárulhat a biológiai anyagok szerkezetének, retenciós viselkedésének és biológiai funkciójának jobb megismeréséhez és mennyiségi leírásához. Ez vezethet el a biológiai folyamatok egydimenziós „molekuláris biológiai” leírása helyett a biomolekulák háromdimenziós atomos kölcsönhatásának megismeréséhez és mennyiségi értelmezéséhez, [57].

Bár a HPLC módszerek fejlesztése az utolsó évtizedben leglátványosabb eredményeit a biokémiai, orvostudományi, biotechnológiai és gyógyszeripari kutatások területén érte el, ezek a területek a HPLC analitikai alkalmazásának csak mintegy, 50–60%-át jelentik. Az egyéb tu-

dományágak, a vegyipar és a rokon iparágak területén a kromatográfias és ezen belül döntő mértékben a HPLC módszerek nélkülözhetetlenek és különböző reakciók és gyártási folyamatok alapanyagainak, közbenő és végtermékeinek ellenőrzésében, tisztaság vizsgálatában és minősítésében. A legfontosabb alkalmazási területek: környezetvédelem, élelmiszeripar, kozmetikai iparok, műanyagipar, petrokémiai iparok és köolajipar.

A szerző köszönetét fejezi ki az OTKA 1989/91 téma keretében kapott pénzügyi támogatásért.

Irodalom

- [1] Szepes L.: Magy. Kém. Folyóirat 100 (8) 340 (1994)
- [2] T. Braun, S. Zsindely: TRAC. 11, 167 (1992)
- [3] T. Braun, S. Zsindely: Anal. Proc. 28, 283 (1991)
- [4] R. R. Jones: R. a. D. Magazine Jan. 54 (1991)
- [5] R. E. Majors: LC-GC Intl. 6 (4) 196 (1993)
- [6] R. E. Majors: LC-GC Intl. 7 (6) 310 (1994)
- [7] N. B. Afeyan, S. P. Fulton, F. E. Regnier: J. Chromatogr. 544, 267 (1991)
- [8] K. K. Unger, R. Janzen, G. Jilge: Chromatographia 24, 144 (1987)
- [9] K. Kalghaji, Cs. Horváth: J. Chromatogr. 443, 343 (1988)
- [10] C. A. Bruckner, M. D. Foster et al.: Anal. Chem. 66, 1R–16R (1994)
- [11] H. Lingeman, W. J. Underberg (eds): Detection Oriented Derivatization Techniques in Liquid Chromatography, Marcel Dekker, New York, 1990.
- [12] K. Tomer in HPLC Detection, Patonay G. (Ed.) VCH, New York (1992)
- [13] R. E. Majors, D. Hardy: LC-GC Intl. 5 (6) 11 (1992)
- [14] R. D. McDowall: J. Chromatogr. 492, 3 (1989)
- [15] D. C. Turnell, J. D. H. Cooper: J. Chromatogr. 492, 59 (1989)
- [16] Szepes G.: Nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) és gyógyszeranalitikai alkalmazása, Magyar Gyógyszerészeti Társaság, Budapest, 1987.
- [17] J. A. Adamovics (Ed): Chromatographic Analysis of Pharmaceuticals, Marcel Dekker, New York, 1991.
- [18] F. Erni: J. Chromatogr. 507, 141 (1990)
- [19] R. K. Gilpin, L. A. Pachla: Anal. Chem. 61, 191 R (1989)
- [20] R. K. Gilpin, L. A. Pachla: Anal. Chem. 63, 130 R (1991)
- [21] R. K. Gilpin, L. A. Pachla: Anal. Chem. 65, 117 R (1993)
- [22] C. Schöneich, S. K. Kwork et al.: Anal. Chem. 65, 67 R (1993)
- [23] G. G. Gilbault, R. D. Schmid: Biotechnol. Appl. Biochem. 14 (2), 133 (1991)
- [24] A. Hermans-Lokkerbol, T. Van der Leer, R. Verpoorte: J. Chromatogr. 479, 39 (1989)
- [25] P. Salvadori et al.: Chirality, 4 (1), 43 (1992)
- [26] K. Holzhauser-Rieger, W. Zhou, K. Schugert: J. Chromatogr. 449, 609 (1990)
- [27] W. A. Korfmacher et al.: J. Chromatogr. Sci. 28 (5), 236 (1990)
- [28] R. J. Denchak, J. G. MacConnell: J. Chromatogr. 511, 353 (1990)
- [29] F. M. El Anwar et al.: Anal. Lett. 24 (5) 767 (1991)
- [30] G. Santoni et al.: Int. J. Pharm. 80 (2–3) 263 (1992)
- [31] J. E. Kountourellis et al.: J. Chromatogr. 502, 189 (1990)
- [32] B. Herényi, S. Görög: J. Chromatogr. 592, 297 (1992)

(Folytatás a 39. oldalon)

Infravörös spektroszkópia az analitikai gyakorlatban és a molekulaszervezet-vizsgálatban

Kissné Dr. Erőss Klára

Az infravörös spektroszkópia gyakorlati alkalmazásánál kedvező körülmény, hogy az anyag mindhárom halmazállapotában mérhető.

Az elméleti infravörös spektroszkópia az infravörös színek és más spektroszkópiai módszerek által szolgáltatott információk segítségével a molekulák szerkezetvizsgálatával foglalkozik, erőállandókat, kötésszögeket, kötéstávolságokat számol és következtet a molekula szimmetriájára, az egyensúlyi konformációra.

A gyakorlati spektroszkópia területéhez szintén hozzátartozik a molekulaszervezet vizsgálata, valamint a minőségi és mennyiségi analitika alkalmazása.

Az infravörös színeképből nyerhető információk a következők: az elnyelési sávok száma és helye, valamint az intenzitás.

Az említett adatok felhasználási módja a gyakorlati spektroszkópia területén a következő:

A kémiaiilag homogén azaz egykomponensű minta esetén az infravörös színek segítségével minőségileg azonosítható az anyag, illetve szerkezete meghatározható, mivel a spektrum az anyag ujjlenyomatának tekinthető. Legegyszerűbb eset az, ha valamilyen mintáról igazolni kell, hogy valóban egy feltételezett vegyület. Ez esetben, ha van összehasonlító színeképünk, akkor a színeképek azonossága teljes biztonsággal döntést nyújt az anyag minőségére vonatkozóan. Ha nincs összehasonlító színekép, akkor az elnyelési sávok helyéből megállapíthatók a molekulában lévő funkciós csoportok, mivel nagyon sok anyagi infravörös színeképének tanulmányozásából, valamint a normálkoordináta-analízis számítási módszeréből az adódott, hogy bizonyos kötéseknek (pl.: OH, NH, CH, C=C, C=O) és bizonyos csoportoknak (pl.: CH₃, CH₂, aromás-gyűrű, COOH, NO₂) jellemző elnyelési sávjaik vannak, közel függetlenül attól, hogy milyen molekulában fordulnak elő. E sávok helye elsősorban a kötésben vagy csoportban szereplő atomok minőségétől, valamint az atomok közötti kémiai kötés erősségétől függ és csak kisebb mértékben befolyásolja a molekula többi része. Az egyes kötésekre, illetve csoportokra jellemző elnyelési sávok maximumainak helyeit *jellemző frekvenciáknak* nevezzük, bár értéküket ma már mindig hullámszámban (cm⁻¹) adják meg. E frekvenciákat számos kézikönyv, táblázat, diagram tartalmazza és segítségükkel a színekép alapján elvégezhető a *funkciós csoportanalízis*. Ennek segítségével és az összegképlet ismeretében, vagy más spektroszkópiai módszerek adatainak birtokában a szerkezet meghatározható.

A karakterisztikus frekvenciájú normálrezgéseket aszerint lehet csoportosítani, hogy az atomcsoport atompjainak kitérése a kötés irányában vagy arra merőlegesen nagy-e. Az előzőeket *vegyértékrezgéseknek*, az utóbbiakat *deformációs rezgéseknek* nevezzük. Minthogy a vegyértékrezgésekben az erőállandók nagyobbak, a vegyértékrezgések frekvenciája általában nagyobb, mint a deformációs rezgéseké. A vegyértékrezgések kísérletileg mért frekvenciájából a vegyértékkötés erőállandójára következtethetünk, a deformációs rezgések frekvenciájából a vegyértékszög megváltozásához szükséges erőre (vagyis a vegyértékkötés „merevségére”) kapunk felvilágosítást. Különböző vegyületek azonos csoportjainak jellemző sávaiból a kémiai kötések erősségére lehet következtetni. A vegyértékkötések mint tengelyek körül torziós rezgések is felléphetnek (deformációs rezgések) és ezek, ha nincs gátló tényező (többszörös kötés, térbeli gátlás) szabad forgásba is átmehetnek. A rezgéstípusok jelölésére többféle szimbólumrendszer alkalmaznak.

Napjainkban már számítógépes programok vagy infravörös adatbankok segítségével is lehet szerkezetfelfedést végezni. A programok az elnyelési sávok helyeiből, valamint NMR és MS spektroszkópiás adatokból találják meg a csoportokat, az adatbankok pedig lehetővé teszik, hogy pár száz ezer, esetleg millió vegyület színeképét tárolják és rövid idő alatt kikeressék a kérdéses minta színeképével azonosat.

Kémiaiilag heterogén minta esetén csak előzetes elválasztás után szabad a szerkezetfelfedést, illetve azonosítás feladatát megoldani. Ha nem történik elválasztás, akkor az infravörös színek a komponensek együttes elnyeléséből adódik és segítségével a mintában előforduló funkciós csoportok ismerhetők fel.

Többkomponensű rendszert csak akkor lehet azonosítani, ha van standard, pl. egy többalkotójú növényvédőszerrel kell bebizonyítani, hogy egy adott készítmény, benne van minden komponens és azok koncentrációja megfelelő. Ha rendelkezésre áll az ismert minőségi és mennyiségi összetételű növényvédőszer és a vizsgálandó minta színeképe és azok megegyeznek az elnyelési sávok számában, helyében és intenzitásában, akkor ez esetben is kimondható az azonosság, elválasztás nélkül. Ilyen feladat pl. a különböző vegyigyárak termékeinek minősítése is.

Az infravörös színeképek segítségével a Lambert–Beer törvény alapján *mennyiségi elemzés* is végezhető. Az alkalmazás feltétele az, hogy az alkotók tiszta állapotban is rendelkezésre álljanak és ismerjük a minta minőségi összetételét. Ilyenkor kalibrációs sorozatok segítségével a meghatározandó alkotó egy olyan sávja abszorbanációjának koncentráció függését mérjük ki, melynek megjelenési intervallumában a kísérő alkotók elnyelése háttér jellegű, szürketeleszerű. Lehetséges egymás mellett több alkotó (2–10) mennyiségi meghatározása is.

A többkomponensű rendszerek mennyiségi elemzése többszöri elemzés egyenletrendszer segítségével is megoldható.

Az infravörös spektroszkópia alkalmazási területei

Az infravörös spektroszkópia két fő alkalmazási területe a szerkezetfelfedezés, illetve kvalitatív analízis.

A kvalitatív analízis során ismeretlen mintában kell ismert szerkezetű vegyület, vagy vegyületek jelenlétét megállapítani, azok infravörös spektruma, vagy egymásra szuperponálódott infravörös spektrumaik alapján.

A szerkezetfelfedezésnél valamilyen újonnan előállított, vagy eddig ismeretlen felépítésű molekula szerkezetét kell meghatározni. Ilyenkor az infravörös spektrum és más szerkezetvizsgáló módszerek információi alapján a jellemző funkciós csoportokat határozzuk meg, majd azok elrendeződését, a molekula szimmetriáját, a molekulát alkotó atomok egymástól való távolságát és a vegyértékszögeket, illetve az egyes kötéseknek megfelelő erőállandókat.

A kvalitatív analízis és szerkezetfelfedezés IR spektroszkópiás módszerére nem lehet szigorú szabályokat és sorrendet megadni. A megoldás menete a feladat jellegétől függ és sok egyéni vonást tartalmazhat. A két feladatkör megoldásának módja eltérő, bár sok közös vonással rendelkeznek.

Az alábbiakban a legáltalánosabb szabályokat foglaljuk össze az infravörös spektrumértékelés menetére kvalitatív analitikai szempontból, majd röviden utalunk a szerkezetfelfedezés problémáinak megoldási lehetőségeire.

A kvalitatív analitikai feladatok sokféleképpen lehetnek.

A legegyszerűbb esetben a feltételezett vegyület, vagy vegyületek spektrumai rendelkezésre állnak és egyszerű spektrum-összehasonlítással az egyes anyagok jelenléte megállapítható.

Sokkal gyakoribb eset azonban, hogy nem tudunk semmit a vizsgált mintáról. Ilyenkor célszerű, ha először kvalitatív és kvantitatív elemanalízist csináltatunk. Az összegképlet és az infravörös spektrumban megjelenő jellemző elnyelési sávok alapján meghatározzuk az egyes kötéstípusokat, illetve funkciós csoportokat, és azonosítjuk a mintát. Az így kapott eredmények közelítő jellegűek, bár általában helyesek. Célszerű mégis fellelőseinket kémiai vagy más módszerekkel is igazolni.

Végül néhány **ipari alkalmazási területet** említünk meg. Az infravörös spektroszkópia felhasználható közetek, üvegek, ércék, salakok, kerámiai anyagok, talajok, papír és papírpapír nyersanyagok, élelmiszerek (szénhidrátok, olajok, zsírok, lipidek, tej, liszt, tojás, csokoládé, kávé, tea stb.), gázok (CO₂, CO, acetilén, levegőszennyezők, SO₃, SO₂, HFR, NH₃ stb.), gyógyszerek, illóolajok, kozmetikai szerek, kócolaj és származékai, lakkok, színezékek, gyanták, műanyagok, gumik, illetve mindenféle polimer, mosószerek, növényvédőszer, műtrágyák, robbanóanyagok, textiliák, ros-

tok, szálal anyagok vizsgálatára. Ezekon kívül a módszer a szerves, a szervetlen és komplexkémiai kutatások nélkülözhetetlen eszköze. Segítségével a szerves szintézisek egyes lépéseinél a kívánt termék, vagy termékek keletkezése gyorsan bizonyítható. Felhasználják a módszert biológiai anyagok (pl. vér, csont, hormonok, enzimek stb.) vizsgálatára is. Az űrhajósok mérőberendezései között nélkülözhetetlen az IR spektrofotométer a bolygók légkörének és talajának, valamint a világűrben előforduló molekulák tanulmányozásához. A bűnüldözésnek is fontos eszköze a módszer a bizonyítékanyagok azonosításához.

Kvalitatív analízis és szerkezetfelfedezés az infravörös spektrumok alapján

A spektrumok értékelésének menete az alábbiakban foglalható össze:

A vizsgálatunkat először az intenzív és közepes intenzitású sávok értelmezésével kezdjük a jellemző frekvenciák táblázatainak segítségével (pl. a Colthup összeállítás).

Az értékelés első lépése az OH-, NH- és CH-vegyértékrezgések tartományának (3600–2800 cm⁻¹-ig) tanulmányozása. Ebben a tartományban már az OH- és NH-csoportok jelenléte, vagy hiánya biztosan eldönthető, (probléma csak akkor merül fel, ha erős H-híd képződés miatt az OH- vagy NH-sáv beleolvad az alapvonalba), és általában meg is különböztethetők egymástól. Az alifás és aromás CH-csoportok is a legtöbb esetben nagyon jól felismerhetők és megkülönböztethetők. Itt az aromás CH-vegyértékrezgések kis intenzitása jelent problémát, mert sok esetben ezek a sávok egybeolvadnak más, erősebb sávokkal. A telítetlen csoportok CH-vegyértékrezgéseit általában az aromás CH-vegyértékrezgéseivel tartományon, ezért a deformációs rezgések segítségével lehet a telített, telítetlen vagy aromás CH-csoportokat teljes biztonsággal definiálni.

2850–1850 cm⁻¹ között nem túl sok sáv jelentkezik a spektrumban. Ebben a tartományban a karboxilcsoportok, hidrokloridok, SH-csoportok, hármass és kumulált kettős kötések, valamint az alfa-aminosavak okoznak elnyelést. Néhány kombinációs sáv, vagy felhang is jelentkezhet ezeken kívül.

1850–1470 cm⁻¹ között a kettős kötések, aromás vázrezgések és NH-deformációs rezgések abszorbeálódnak. Az itt megjelenő sávok alapján feltételezett csoportok (pl. karbonil-, aromás-, amin-, nitrocsoportok stb.) kiegészítő sávjait a nagyobb, illetve kisebb hullámszámok tartományában nézzük meg.

1500–650 cm⁻¹ között a legbonyolultabb a spektrum. Az összes sáv azonosítása lehetetlen és nem is tanácsos, mert értelmezésük ügyis megbízhatatlan. Ebben a tartományban a vegyérték-, deformációs és csoportrezgések változatos sokasága jelentkezik. Ha sikerül közvetlen spektrumösszehasonlítást végezni, ennek a tartománynak az azonosítása már a két anyag azonosítását jelenti. Joggal nevezik ezt a tartományt az ún. „ujjlenyomat tartomány”-nak, melyben megjelenő sávok frekvenciáit a molekula többi része erősebben befolyásolja, tehát jobban jellemző az illető molekulára, mint a magasabb hullámszámok tartománya, melyekben megjelenő sávok általában tisztán valamilyen kötéshez rendelhetők és a molekula többi része csekély befolyással bír rájuk.

Amikor már az intenzív és közepes intenzitású sávok eredete többé-kevésbé ismert, akkor a kis intenzitású sávokat vizsgáljuk meg. Ez sokkal nehezebb feladat, mivel a kombinációs sávok és felhangok sokasága ilyen

intenzitással jelentkezik és nehezen vagy egyáltalán nem különböztethetők meg a hasonlóan gyenge alapsávoktól.

Vigyáznunk kell arra, hogy a sávok helyére a konjugáció, asszociációs szerkezetek kialakulása, felvételi körülmények stb. erős befolyást gyakorolhatnak.

Bizonyos, megfelelő helyen észlelhető sáv jelenléte nem mindig bizonyítja az illető csoport jelenlétét. Igazolásul a csoport más jellemző sávjait is meg kell keresni a spektrumban.

A sávok hiánya se mindig negatív bizonyíték, mert erős kölcsönhatások (pl. kelátképződés vagy más erős hidrogénhidás szerkezet) nagyon eltölthetnek vagy az alapvonalba olvaszthatnak bizonyos sávokat.

A spektrum alapján először különböző lehetséges szerkezeteket tételezünk fel, melyekből a tapasztalati képlet és esetleg egyéb más fizikai, kémiai módszerek segítségével kiválaszthatjuk a valódit, vagy azt legjobban megközelítőt. Spektrumatlásokból vett összehasonlító színeképek is lehetővé tehetik a szerkezet felderítését.

Jó segítség a szerkezet eldöntésében a különböző származékok vagy bomlástermékek vizsgálata. A hidrogénezés, deuterálás, észterezés, metilezés, sóképzés, acilezés stb. hatására egyes elnyelési sávok megváltoztatják helyzetüket, alakjukat, intenzitásukat és számukat. Ezekből a változásokból számos következtetés vonható le az illető csoportokra vonatkozólag.

Gyakran az is segítséget nyújt, ha egy anyag spektrumát többféle állapotban vizsgáljuk (szilárd vagy folyadék forma, különböző oldószerekkel és különböző koncentrációkból készített oldatok, nujolos (paraffinolajos) felvétel). A spektrum változásából az inter- és intramolekuláris kapcsolatok módjára következtethetünk. A különböző oldószerek alkalmazásakor bekövetkező frekvenciaeltolódás is támpontot nyújt az illető csoport természetére vonatkozóan.

A sávok intenzitásértékeit is tekintetbe kell venni az értelmezéskor. Az intenzitásértékek jól felhasználhatók egyes csoportok biztos felismerésére átlapolások esetén. Ilyenkor irodalmi adatokkal vagy standard modellvegyületek megfelelő sávjainak intenzitásmérésével dönthetünk.

Nagyon fontos, hogy a vizsgált anyag nagy tisztasággal álljon rendelkezésre, mert a szennyezések zavaró sávjai az asszignációt (hozzárendelést) meghamisítják.

Irodalom

1. Kissné Erőss K.: Az infravörös spektroszkópia analitikai alkalmazása Bp. Műszaki Kiadó, 1974.
2. Holly S., Sohár P.: Infravörös spektroszkópia. Bp. Műszaki Kiadó, 1968.
3. The Aldrich Library of Infrared Spectra, 040 ul. St. Paul Ave. Milwaukee Wisconsin, Aldrich Chem. Comp. Inc. 1975.
4. ASTM Molecular Formula List of Compounds, Names and References to 92.000 Published Infrared Spectra. I–III. Philadelphia, 1963.
5. Dokumentation der Molekülspektroskopie (DMS-IR-Spektrenkartei) Weinheim, Verlag Chemie; London, Butterworths 1962-ig. DMS-Index S1 1963; S2 1965; S3 1967; DMS-Literaturdienst IR Raman Mikrowellen Vol I–V. 1963–1972.
6. Láng L. (ed.), Holly-Sohár: Absorption Spectra in the Infrared Region, Vol 1–4. Bp. Akadémiai Kiadó, 1974–1978.
7. Miller R. G. I., Willis H. A.: IRSCOT System, IR Struktur Correlation Tables, London, Heyden 1969.
8. Dolphin D., Wick A. E.: Tabulation of infrared spectral data, John Wiley–Sons, New York, 1977.
9. Pretsch–Clerc–Seibl–Simon: Tabellen zur Strukturaufklärung organischer Verbindungen mit spektroskopischen Methoden, Springer, Heidelberg, 1981.

951 038 157

(Folytatás a 37. oldalról)

- [33] S. Görög (Ed): Steroid Analysis in the Pharmaceutical Industry, Horwood, Chichester, UK. 1991.
- [34] K. Shimada, N. Kobayashi: TRAC, 10 (3) 103 (1991)
- [35] J. A. F. de Silva: J. Chromatogr. 340, 3 (1985)
- [36] A. Werner: J. Chromatogr. 618, 3 (1993)
- [37] K. K. Unger: Chromatographia, 31, 507 (1991)
- [38] V. Jürgens: J. Liq. Chromatogr. 10, 507 (1987)
- [39] M. Wrenger, M. Oelerich, E. Raude, M. Riedmann: Fresenius 2. Anal. Chem. 324 (1986)
- [40] K. M. Gooding, F. E. Regnier (Eds): HPLC of Biological Macromolecules, Marcel Dekker, New York, 1990.
- [41] M. T. W. Hearn (Ed): HPLC of Proteins, Peptides and Polynucleotides, VCH Press, New York, 1991.

- [42] C. T. Mant, R. S. Hodges (Eds.): HPLC of Peptides and Proteins, CRC Press, Boca Raton, 1991.
- [43] W. S. Hencock (Ed.): HPLC in Biotechnology, Wiley Int. New York, 1990.
- [44] A. P. Halfpenny, P. R. Brown: Chromatographia, 21, 317 (1986)
- [45] L. Szepes, G. Rippel: LC. GC Intl. 5(11) 24 (1992)
- [46] H. G. Barth, B. E. Boyes: Anal. Chem. 64, 428 R (1992)
- [47] M. C. Bano, L. Braco, C. Abad: Biochemistry, 30, 886 (1991)
- [48] S. Ostrove: Methods Enzymol. 182, 357 (1990)
- [49] W. H. Scouten: Curr. Opinion Biotechnol. 2, 37 (1991)
- [50] J. Porath: Protein Expression Purif. 3, 263 (1992)
- [51] K. G. Kuhr, C. A. Monnig: Anal. Chem. 64, 389 R (1992)

- [52] C. A. Monnig, R. T. Kennedy: Anal. Chem. 66, 280 R (1994)
- [53] A. F. Aubry, A. McGann: LC-GC Int. 7 (7) 389 (1994)
- [54] I. W. Wainer: J. Chromatogr. 666, 221 (1994)
- [55] E. F. Rossomando: J. Chromatogr. 566, 275 (1991)
- [56] Nagy E.: A neurotranszmitterek, a purin, az aszkorbinsav anyagcsere, valamint pszichofarmakok vizsgálatára kifejlesztett analitikai módszerek HPLC-vel. Kandidátusi értekezés, 1994.
- [57] M. T. W. Hearn: in HPLC of Peptides, Proteins and Polynucleotides, VCH Press, New York, 1991. Chapter

951 034 156

Tanfolyamok 1995-ben

MINŐSÉGÜGYI TANFOLYAMOK

TÜV Bayern – GTE közös tanfolyamok:

- Minőségügyi megbízott (QS Beauftragte /r)
Időtartam: 5 egész nap
- Mi, miért, hogyan a minőségügyben, Európában
Időtartam: 2 egész nap

TÜV Rheinland Hungaria – GTE közös tanfolyamok:

- Minőségbiztosítási alapok, az MB-rendszer felépítése
Időtartam: 5 nap
- Minőségügyi technikák
Időtartam: 5 nap
- Minőségügyi statisztika
Időtartam: 5 nap
- Mérésügy
Időtartam: 3 nap
- Belső auditor, beszállító auditor
Időtartam: 3 nap

A levizsgázottak német-magyar nyelvű bizonyítványt kapnak.

OKJ-szakképesítést adó tanfolyamok:

- Minőségellenőr tanfolyam
Időtartam: 150 óra
- Minőségügyi felülvizsgáló és tanúsító (auditor) tanfolyam
Időtartam: 120 óra

ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMOK:

- Radiológiai vizsgáló: RT1, RT2, RT3
- Ultrahangos vizsgáló: UT1, UT2, UT3, UT2T
- Mágneses, penetrációs, vizuális vizsgáló: MPVT1, MPVT2
- Örvényáramos vizsgáló: ET1, ET2
- Rezgéselemző: VAT1, VAT2
- Színképelemző: ST1, ST2
- Általános hegesztett terméket vizsgáló inspektor: INSP

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

A FERROETALON Kft.

*az atomspektrometria
legtöbb
alkalmazási területére
mintegy 8000 különféle
hiteles anyagmintát,
beállítómintát,
ellenőrzőmintát kínál mint
a
Breitländer GmbH
magyarországi képviselője.*

Címünk:

2400 Dunaújváros, Sport u. 5.
Tel./fax: 25/382-815

- NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK BIZTONSÁGTECHNIKÁJA továbbképző, 24 órás tanfolyam
- KOMPLEX EUROMÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ TANFOLYAM
Időtartam: 900 óra.

Regisztrált munkanélkülieknek díjtalan a részvétel!

JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS

GTE Oktatási Iroda, 1027 Budapest, Fő utca 68. III. em. 344.

Tel.: 202-1382 vagy 201-2011/422, 626

Fax: 201-7180

Nemzetközi rendezvények 1995-ben

microCAD Nemzetközi Informatikai Találkozó, 1995. február 21–24. Miskolc. Cím: Tudományszervezési és Nemzetközi Osztály, 3515 Miskolc-Egyetemváros, dr. Kalmár László

V. Országos Törésmechanikai szeminárium, 1995. április 3–5. Miskolc-tapolca. Cím: dr. Tóth László, Miskolci Egyetem, Mechanikai Technológiai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros.

Int. Conf. on Cumulative Damage under Variable Amplitude Loading, Sheffield, UK. 1995. április 3–7. Cím: SIRIUS, Univ. of Sheffield, Mappin Street, Sheffield S1 3JD, UK.

2nd Int. Conf. on Solidification and Gravity, Miskolc, 1995. április 25–28. Tájékoztató: dr. Roósz András, Miskolci Egyetem Fémtechnológiai Tanszék, 3515 Miskolc, Egyetemváros.

9. Rongcsolásmentes anyagvizsgálat, szeminárium és kiállítás, 1995. május 9–12. Eger.

XIV-th Int. Sc. Conf. on Advanced Materials and Technologies, Zakopane, Lengyelország, 1995. május 17–21. Cím: The Silesian Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Konarskiego 18a/277, 44–100 Gliwice, Poland.

7th Int. Conf. on Mechanical Behaviour of Metals, 1995. május 28–június 2. Hága, Hollandia. Cím: ICM7 Secretariat c/o Congress Office ASD, Asvest 22, POB 40, NL-2600 AA Delft, Tel.: (+31) 15–120234, fax: (+31) 15–120250

9. Nemzetközi Hőtechnikai és Termogrammetriai Konferencia, 1995. június 13–16. Budapest. Cím: dr. Benkő Imre, MATE, 1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 6–8.

Ultrasonic International '95, Edinburgh, UK. 1995. július 5–8. Cím: Ultrasonics, att. L. Clayton, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX28DP-UK.

AECM-5 Conf. Applications and Acoustic Emission Techniques, Sundsvall, Svédország, 1995. július 10–14. Cím: ASNT 1711 Arling Lane P.O. Box 28518, Columbus OH-43228-USA, fax: +1 614 276899

SPT-5 Int. Conf. Structural Failure, Product Liability and Technical Insurance, Bécs, 1995. július 10–14. Cím: Dr. H. P. Rossmanith, Inst. of Mechanics, TU Vienna, Wiedner Hauptstrasse 8–10/325, A–1040 Vienna, Austria.

TEFF-4, Teaching and Education in Fatigue and Fracture, Failure Analysis and Safety Engineering, Bécs, Ausztria, 1995. július 14–15. Cím: Dr. H. P. Rossmanith, Institute of Mechanics, Technical University Vienna, Wiedner Hauptstrasse 8–10/325, A–1040 Vienna, Austria.

6th Int. Symp. on Fracture Mechanics of Ceramics, Karlsruhe, Németország, 1995. július 18–20. Cím: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Materialforschung II, Postfach 3640, D–76021 Karlsruhe, Germany.

XXIX. CSI – Colloquium Spectroscopicum Internationale Lipcse, Németország. 1995. augusztus 27. – szeptember 1.

Fatigue Design, Helsinki, Finnország, 1995. szeptember 5–8. Cím: Gary Marquis, FD'95 Office, VTT Manufacturing Technology, P. O. Box 1704, FIN-02044 VTT, Finland, Tel.: (+358) 0–456 6866, fax: (+358) 0–456 7002

Int. Symp. Non-Destructive Testing in Civil Engineering, (NDT-CE), 1995. szeptember 26–28. Berlin, Németország. Jelentkezés angol nyelvű kivenettel 1995. február 28-ig. Cím: DGZIP, Unten den Eichen 87. D–12205 Berlin. Tel.: intl. + (0)30-8114001, fax: intl. + (0)30-8114003

XII. Duna-Adria Nemzetközi Szeminárium: kísérleti mechanika, 1995. október 5–7. Sopron. Cím: GTE rendezvény iroda, 1027 Budapest, Fő u. 68. Tel.: 131-5960, fax: 202-0252

Int. Symp. on Materials Ageing and Component Life Extension, Milánó, Olaszország, 1995. október 10–13. Cím: Mrs. A. Oriani, CISE SpA – Segrate P. O. Box 12081, Milano 20134, Italy, Tel.: (+39) 2 21672648, fax: (+39) 2 21672620

Schmidt-kalapácsok

A beton keménységének, szilárdságának helyszíni ellenőrzésére a legáltalánosabban alkalmazott, egyszerű vizsgálóeszköz. Segítségével a beton szilárdsági osztályba sorolása gyorsan elvégezhető. A készülék impakt energiájának változtatásával (ütőtest és rugóerő) széles mérési tartományban alkalmazható.

Az alapkivitel egyszerű skálaleolvasású, de kapható adatírós, mechanikus írószerkezettel ellátott kivitelben is.

A Digi-Schmidt elnevezésű változat a mérési adatok egyszerű feldolgozására és kinyomtatására, illetve adattárolásra alkalmas kivitelű és az RS 232 kimenetével PC-hez csatlakoztatva a teljes körű mérésiadat-feldolgozás is elvégezhető.



Dyna kihúzó- és tapadóerő-mérő

A készülék alapkivitelben a beton felületi rétegének, illetve különböző anyagú bevonatainak (habarcs, bitumen, szintetikus anyagok stb.) tapadószilárdságát – a réteg leválasztásához szükséges felületre merőleges erőt – méri.

Alkalmazható a kész beton szilárdsági osztályba sorolásra, az utólag, például karbantartáskor felvitt különböző célú rétegek tapadószilárdságának, továbbá a betonkorrozio felületi szilárdságcsökkentő hatásának gyors megállapítására.

A készülékhez külön vásárolható fúró adapter segítségével a beton belső rétegeinek szilárdsága is ellenőrizhető.

Az alapkészülékhez a megfelelő közdarabot csatlakoztatva mérhető a betonba ágyazott ipari célú lehorogonyzó elemek, (ún. dübelek), horgok, kampók kihúzásához, kiszakításához szükséges erő is.

A készülék alapkivitele mérőórás kijelzésű, de rendelhető erőmérőcellával és útdóval felszerelt és mérésiadat-tárolóval, RS 232 kimenettel ellátott kivitelben is.



Profometer 3 – betonvas-bemérő

A készülék alkalmas a betonba ágyazott vasháló – akár több szintű – mélységi, elhelyezkedésének, szerkezetének a feltérképezésére, a beton fedőréteg vastagságának (max. 20 cm) és a betonvas átmérőjének (max. 16 mm) mérésére, azaz a tervrajz szerinti kivétel ellenőrzésére, illetve az elveszett rájak pótlására, vagy a tényleges helyzet dokumentálására.



Canin korrózióelemző műszer

A műszerrel a vasbetonszerkezetek felületén mérhető és megjeleníthető az a villamos erőter, amely a betonba ágyazott vas elektrokémiai korróziójának a következménye. Segítségével nagy felületen, gyorsan és roncsolásmentesen feltérképezhető a vasháló korróziója, mielőtt az már látható és visszafordíthatatlan pusztítást okozna.

Előnye az egyszerű menütechnikával támogatott kezelés, a nagy méretű, jól olvasható folyadékkristályos megjelenítő, amelyen 240 mérési adatblokkokként, kilenc szűrkeségi fokozattal kódolt potenciáltérkép tájékoztat a vasbeton állapotáról. A 120 000 mérési adatot befogadó intelligens tároló lehetővé teszi a legfeljebb 8 db tapintó vagy gördülő elektródás mérőfej-együtessel a több mint 4000 m² mérési felület gyors áttekintését. A mérési adatok PC-re átvihetők és az EXCEL programmal feldolgozhatók, illetve a potenciáltérképek a készülékhez csatlakoztatható fekete-fehér vagy színes nyomtatóval sokszorosíthatók.



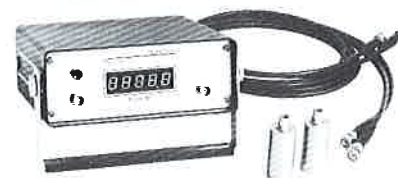
Concrete tester CCT-4 ultrahangkészülék

Az ultrahangkészülék egyaránt alkalmas a helyszínen épített betonszerkezet vagy az előregyártott betonelemek, szendvics-szerkezetek, sőt azbesztcement- és faszerkezetek roncsolásmentes vizsgálatára.

Meghatározható ezen anyagok dinamikus rugalmassági modulusza, a beton szilárdsága, a Schmidt-kalapácsos módszerrel összekapcsolva.

Megállapítható a repedések, az üregek és réteges kötészibák helyzete, a szerkezeti anyag inhomogén zónái, a fagy és a tűz okozta károsodások.

Megmérhető a szerkezeti elem vastagsága.



proceq



**betonszerkezetek helyszíni szilárdsági vizsgálata,
roncsolásmentes állapotellenőrzése**

Schmidt – kalapácsok



DYNA kihúzóerő – és tapadóerő – mérők



CANIN korrózióelemző

Profometer betonvas – bemérő



**A proceq korszerű, hordozható készülékek teljes
választékát kínálja:**

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT-MÉRÉSTECHNIKA

Budapest, Törpe u. 8., 1538 Bp. Pf. 528. • ☎ 155-9886 • Fax: 155-2618