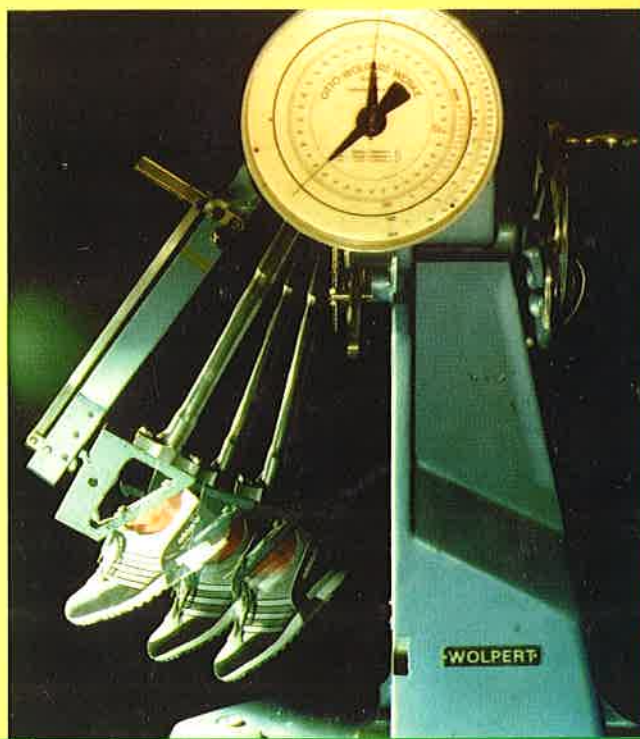
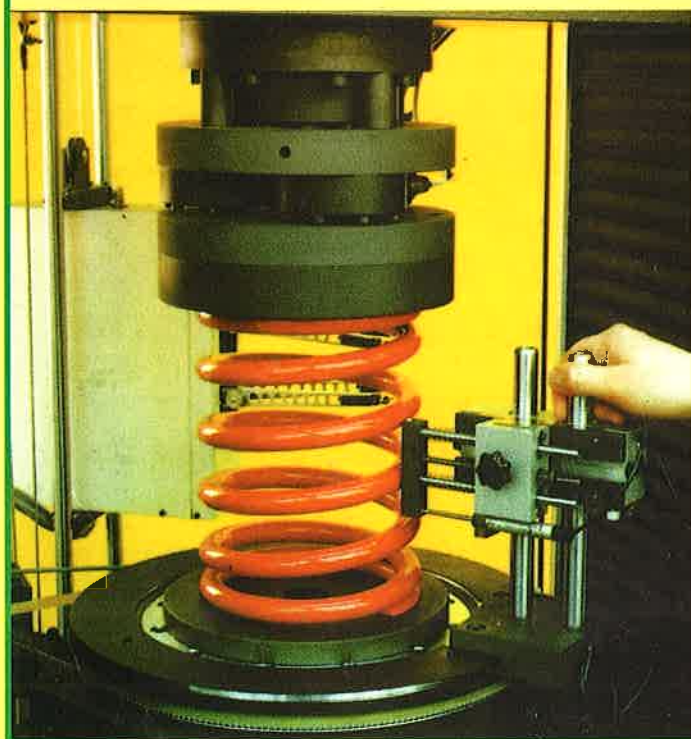


ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



**NEMZETKÖZI
SZAKKIÁLLÍTÁS
ÉS SZEMINÁRIUM**

1996. február 13–16.

**BUDAPEST
SPORTCSARNOK**



MAGYARREGULA



MAGYARENERGIA



MAGYARECOLOGIA

Jelentkezés és további információ:
CONGRESS Rendezvényszervező Kft.
1026 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 79.
Tel.: 212-0056 • Fax: 156-6581

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
Ruzicska György
dr. Pólos László
dr. Tóth László

Szerkesztő:

Nagy Éva

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szappanos György
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1996-ra

(1-4. szám): 1.800,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál, illetve postautalványon, vagy átutalással, az EKB 219-93569/102 65701 szla. számon, illetve 1995. december 4-e után az EKB 13-00-0017/102 65712 szla. számon. Az előfizető csekken a KÖZLEMÉNY rovatban kérjük írják be az előfizetésre vonatkozó időszakot.

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

Nyomda:

Felelős vezető: Szabó Lajos

Formakészítés: **PC-PRINT BT.**

FIGYELEM!

Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Anyagvizsgálók Lapja-fórum – előzetes

Ha február, akkor **Magyar Regula**, az ipari műszer- és vizsgálattechnika hagyományos és szakterületünket is átfogó nemzetközi seregszemléje. Így lesz ez 1996 februárjában is a Budapesti Sportszernakban, amelyhez kapcsolódva – már bizonyítottan – jó alkalom az újdonságokat bemutató és megvitató szakmai rendezvény, az **Anyagvizsgálók Lapja-fórum** megszervezése, amely kötetlen párbeszédre alkalmat adó író-olvasó-kiállító találkozó is.

Ehhez biztatást ad szerkesztőségünknek az eddigi fórumaink visszaigazolt elismerése mind a kiállítók mind a nagyszámú látogató részéről csakúgy, mint a lapunk rendszeres megjelenéséhez ily módon is nyújtott eszmei és anyagi támogatás, amit ezúton is megköszönünk és a soron következő fórumunktól is remélünk.

A háromnapos Anyagvizsgálók Lapja-fórum egy-egy napját egy-egy jól körülhatárolható témakörnek szenteljük.

1996. február 13-án a **műszeres analitika** eszközújdonságaira irányítjuk az érdeklődők figyelmét. Kiemelten a spektrofotometria, a spektrofotometria, az infravörös spektrometria és a kromatográfia élelmiszeripari és környezetvédelmi alkalmazására.

1996. február 14-e a **mechanikai anyagvizsgálatok** kiterjedt alkalmazását, a szerkezetépítés anyagai, a mezőgazdasági termények, a csomagoló eszközök, az egészségügyi protézisek jellemzőinek meghatározását szolgáló korszerű vizsgálógépek, eszközök és szoftverújdonságok közötti célszerű választást van hivatva elősegíteni.

1996. február 15-én a **roncsolásmentes anyagvizsgálatok** sokcélú, a minőségbiztosítás és az állapotellenőrzés feladataihoz egyaránt jól használható, kézbe fogható vagy hordozható, könnyen kezelhető, ám mikroszámítógépes: sített, intelligens vizsgáló- és mérőkészülékek gazdag kínálatában segítjük – terveink szerint – eligazodni az érdeklődőket. Kiemelten gondolunk a napjainkban széles körben jelentkező, a tárolótartályok, a nyomástartó edények és a hegesztett szerkezetek állapotellenőrzési feladatainak elvégzését segítő eszközök és módszerek bemutatására.

Érdeemes tehát előjegyezni az Anyagvizsgálók Lapja-fórum napjait, amelynek programját, a kiállító cégek visszajelzései alapján, kötött időrendben úgy állítjuk össze, hogy a Magyar Regula kiállításra ellátogatók előre megtervezhessék napjukat. Lapunk 1996/1. számát is a fórum szolgálatába állítjuk, és megjelenését január végére tervezzük úgy, hogy előfizetőink az Anyagvizsgálók Lapja-fórum részletes programjával együtt időben kézhez kaphassák. Ehhez kérjük a mellékelt *Előzetes jelentkezés* űrlapot kitöltve visszaküldeni – faxon vagy postán – szerkesztőségünknek.

Olvasóink érdeklődésére bizton számítva, **fórumunkra mindannyiukat, érdeklődő munkatársaikkal együtt, szeretettel várjuk!**

Tisztelettel:
Dr. Lehofer Kornél
felelős szerkesztő



Lapunk megjelenését az
Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány
is támogatta. Köszönjük!

A fém-, papír-, műanyag-, textil- és betonvizsgálatokhoz az
Instron, Wolpert/Amsler, Rockwell, Shore vállalatcsoport korszerű gépeit:
elektromechanikus és hidraulikus szakítógépeit, keménységmérőgépeit,
rugóvizsgáló-gépeit és ingás ütőműveit **hazánkban a TESTOR forgalmazza.**

RmV-HELYZETKÉP – NDT-REVIEW – ZfP-RUNDSCHAU

Tóth Ferenc:

Mágneses anyagvizsgálatok

Magnetic material testing

Magnetische Werkstoffprüfungen 101

Szűcs Pál, Wohlráb Zsuzsanna:

A vizuális vizsgálat és eszközei

Visual testing and their instruments

Visualische Prüfungen und ihre Instrumente 109

Rózsa Sándor:

Ultrahangos falvastagságmérés a többszörös visszhang módszerrel

Ultrasonic wall thickness measuring by means of multi echo method

Ultraschall-Wanddickenmessungen mit Multiecho-Methode 112

Fábián Pál:

Ultrahangos falvastagságmérés gyakorlata a Mol Rt. Tiszai Finomítóban

Practice of the ultrasonic wall thickness measuring at the Mol Co.

Praktik der Ultraschall-Wanddickenmessungen in Mol AG. 114

Fücsök Ferenc, Pintér László, Tarnai György:

Beszámoló a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumról

Report about the 9th NDT-seminar

Bericht über der IX. ZfP-Seminar 115

Dr. Tóth László:

Válasz dr. Berke Péter és dr. Michelberger Pál hozzászólására

Replay to remarks of Dr. P. Berke and Dr. P. Michelberger

Antwort für Diskussionbeitrag von Dr. P. Berke und Dr. P. Michelberger 117

SZEMLE – REVIEW – RUNSCHAU: 118**VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN**

Dr. Lukács János:

A fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagi mérőszámok megbízhatósága

Reliability of the material peculiarities characterized the resistance of the fatigue crack propagation

Zuverlässigkeit der Materialwiderstandskennwerten von Ermüdungsrissausbreitung 120

Dr. Lehofer Kornél:

A K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függéseStructure dependence of the K_{IC} fracture toughnessDie Strukturabhängigkeit der K_{IC} Bruchzähigkeit 123

Dr. Thamm Frigyes:

Az érintkezési feszültség mérési módszerei

Measuring methods of the contact stress

Messmethoden der Kontaktspannungen 125

HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN 108, 116, 122**KÖNYVISMERTETÉS – BOKK REVIEW – BUCHBESPRECHUNG 130****A Magyar Tartálytechnikai Szövetség hírei – News of the Hungarian Tank-Union – Nachrichten des Ungarisches****Behaltersbund 131****HIVATÁSETIKA – VOCATIONE ETHICS – BERUFSETHIK 133****MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONES – MEILENSTEIN**

Dr. Tóth László:

A törésmechanika rövid története

Short history of the fracture mechanics

Kurze Gesichte der Bruchmechanik 134

Dr. Hegedűs Zoltán

137

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER 138

Mágneses anyagvizsgálatok

Tóth Ferenc*

A világ éves acél- és nyersvastermelése – kb. 1 milliárd tonna – messze meghaladja minden egyéb fém mennyiségét, ezért annak gazdaságos előállítás és felhasználása alapvető fontosságú. A vasúti közlekedésben, az energiatermelésben, a hidak, a gáz- és olajtávvezetékek építésénél, a nagy szilárdságú gépelemek előállításánál mind nagyobb követelményeket támasztanak a felhasználásra kerülő alapanyagokkal szemben, ezért azok roncsolásmentes ellenőrzése iránti igények is állandóan növekszenek. Az anyagban előforduló esetleges hibák kimutatása, a korróziós károsodások, a belső feszültségek, a rugalmas és képlékeny deformáció mértékének meghatározása, a fáradás vagy kúszás okozta korai meghibásodások előrejelzése, különösen a nagy biztonságigényű iparágakban (petrokémia, nukleáris energiatermelés, légiközlekedés stb.) ma már általános követelmény.

Időszakos – roncsolásmentes – biztonsági vizsgálatokkal a tartószerkezetek, a nagy igénybevételnek kitett gépelemek esetleges korai meghibásodásai, a feszültségek felhalmozódásai idejekorán megállapíthatók, így a váratlan katasztrófák megelőzhetők, vagy a kifogástalan állapotban lévő alkatrészek üzemidejének meghosszabbításával jelentős költségmegtakarítások érhetők el.

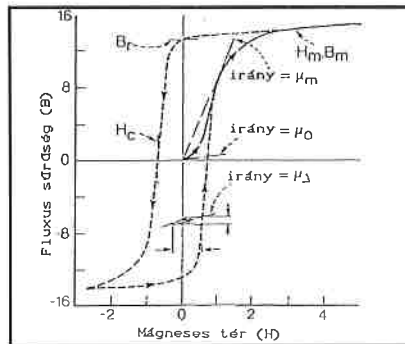
Manapság számos – különböző fizikai alapelveken működő – roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárás ismert és használatos, ezek közül egy, a mágneses módszer kizárólag az acéliparban alkalmazható. A vas és acél mágnesizálhatósága, a mechanikai és a mágneses tulajdonságok közötti szoros kapcsolat révén sok anyagjellemző vizsgálható, a nem látható repedések detektálásától kezdve a lokális belső feszültségek jelzéséig; ráadásul a mágneses mérőberendezések általában egyszerűbbek és ezért könnyebben adaptálhatók, mint egyéb, pl. ultrahangos vagy röntgenberendezések.

Az anyag mágneses jellemzői

A ferromágneses anyagok, mágneses tekintetben, hiszterézis görbéikkel jellemezhetők, amelyek egy külső mágnesező tér és az anyag belső mágneses fluxus sűrűsége közötti kapcsolataként jön létre.

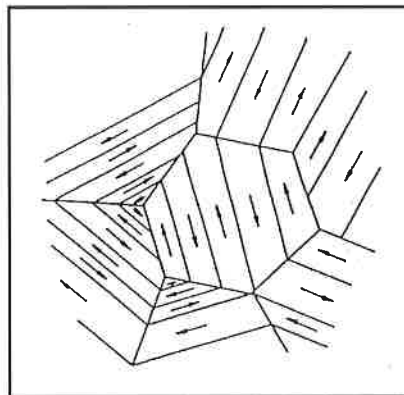
A külső H mágnesező tér növekedésével a vasban a B mágneses fluxus sűrűsége eleinte csak lassan, majd egyre meredekebben emelkedik; egy meghatározott gerjesztéstől kezdve pedig már nem változik, telítési jellegűvé válik (1. ábra).

A ferromágneses anyagok tulajdonságai doménszerkezetükkel magyarázhatók. Ezek a fémek ún. mágneses doménekből állnak (2.



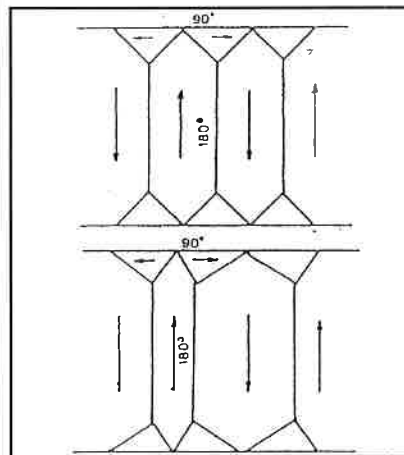
1. ábra Ferromágneses anyagok mágneses hiszterézis görbéje és legfontosabb mágneses paraméterei.

ábra), minden egyes domén külső tér nélkül is mágnesezett, de azok különböző irányítottságúak és ezért az anyag eredő teljes mágneszettsége ténylegesen nulla. A doméneket át-



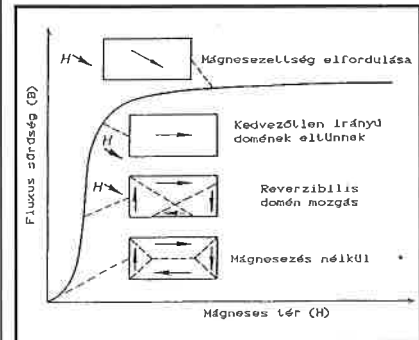
2. ábra Ferromágneses anyagok doménszerkezete.

meneti rétegek, kb. $0,1 \mu\text{m}$ vastagságú doménfalak választják el egymástól. Az egyes domének könnyű mágnesezetségi iránya egymáshoz viszonyítva 90° és 180° is lehet (3. ábra).



3. ábra Domének 90° -os és 180° -os könnyű mágnesezési irányai.

Ha ezt az anyagmintát változó erősségű mágneses térbe helyezik, azok a domének, amelyeknek irányítottsága megegyezik a külső mágneses tér irányával, először növekedésnek indulnak az ellentétes irányítottságúak rovására, majd egy meghatározott külső tértől az ellentétes irányítottságú domének egymás után, egyenként vagy csoportosan – más és más mágneses térértéknél – befordulnak a külső tér irányába (4. ábra).



4. ábra Doménméretek változásai és irányítottságuk beállása külső mágnesező tér hatására.

A domének mérete és alakja függ a kémiai összetételtől, a textúrától, szemcsemérettől, a kiválásoktól, amelyek általában kisebbek a szemcseméretnél. Szemcsehatárokon, inhomogenitásoknál a doménfalak irányítottsága többnyire eltér a 90° -tól és a 180° -tól.

A B mágneses fluxus sűrűsége és a H külső mágnesező tér közötti kapcsolatot a következő összefüggéssel adható meg:

$$B = \mu \mu_0 H$$

ahol a μ_0 mágneses állandó (a vákuum permeabilitása),
 μ a relatív permeabilitás, dimenzió nélküli szám.

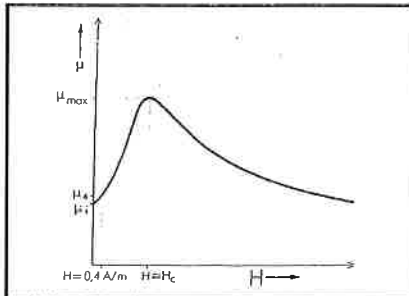
A telítésig (B_s pont) mágnesezett minta külső mágnesező terét csökkentve, a fluxus sűrűségének változása nem olyan meredek, mint volt a térő növekedésénél és a H tér megszüntetésénél az anyag felmágnesezett marad (1. ábra). A kikapcsolt térhez tartozó B_r maradó fluxus sűrűséget remanenciának nevezik. A remanenciát az eredeti mágnesezéssel ellentétes irányú külső térrel lehet csak zérusra csökkenteni; az ehhez tartozó H_c teret koercitív térnek nevezik (1. ábra). A negatív irányú teret tovább növelve az anyag ismét telítésbe kerül.

A negatív irányú mágnesező teret csökkentve, majd pozitív irányban növelve a mágneszettség már nem a kezdő mágnesezési görbe mentén növekszik, zérus külső tértől a függőleges tengelyt a remanencia értékénél, a vízszintes tengelyt a koercitív tértől metszi és végül B_s telítési pontba jut; a ciklikus átmágnesezéssel jön létre egy teljes hiszterézis hurok.

* MTA Szilárdtestfizikai Kutató Intézet, Budapest

A teljes felmágnesezéshez tartozó B_s telítési fluxussűrűség fontos anyagjellemző.

Az anyag relatív permeabilitása (azaz a hiszterézis görbe meredeksége) nem állandó, a külső tér függvényében egy kezdeti értékről indulva növekszik, maximumot ér el, majd fokozatosan csökken, nagy tereknél – telítésnél – egységnyi lesz (5. ábra).



5. ábra Permeabilitás értékének változása a mágnesező tér függvényében.

A kezdő mágnesezéshez tartozó ($H=0$, a szűzgörbe induló szakasza) permeabilitást μ_0 kezdő permeabilitásnak nevezik. Fontos jellemző a permeabilitás maximális értéke: a μ_{max} jó közelítéssel a koercitív térrel egyező gerjesztésnél mérhető.

Használatos a növekményes permeabilitás (amelyet elsősorban mágneses anyagok örvényáramú vizsgálatánál szokás használni); ez egy adott gerjesztő tér kismértékű modulációja során mérhető: $\mu_\Delta = \Delta B / \Delta H$ tényező.

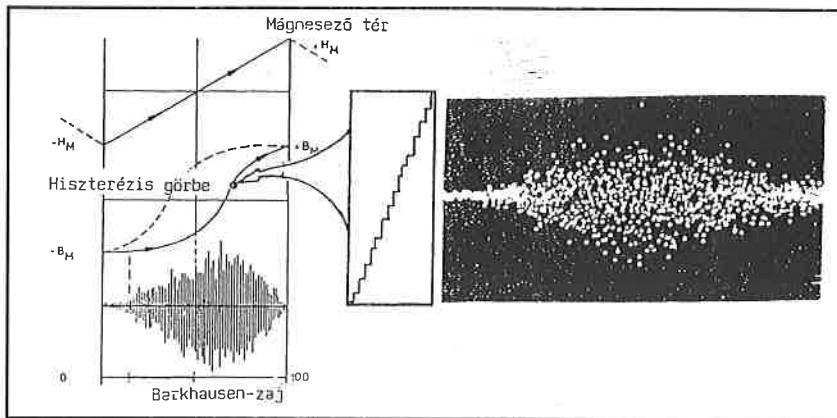
A hiszterézis görbe finom felbontású vizsgálata azt mutatja, hogy a külső mágnesező tér hatására létrejövő felmágneseződés ténylegesen nem folyamatosan, hanem sok apró – különböző amplitúdójú – ugrásokkal megy végbe (6. ábra). Az anyag felületére helyezett tekercsben a mágnesezettség-ugrások időben és amplitúdóban véletlenszerűen változó – elektronikus zajra emlékeztető – jelfeszültséget indukálnak, amelyet felfedezőjük után Barkhausen-zajnak neveznek.

Az egyes ugrások amplitúdóját, gyakoriságát, a mágnesező tértől való függését – azaz a Barkhausen-zaj spektrumát – az alapanyag mikrostruktúrája és a mechanikai feszültség határozza meg, ezért ezzel az eljárással a szemcseszerkezet, a hőkezelés ellenőrizhető, ismert vagy homogén mikrostruktúrájú munkadarabok feszültségviszonyai tanulmányozhatók.

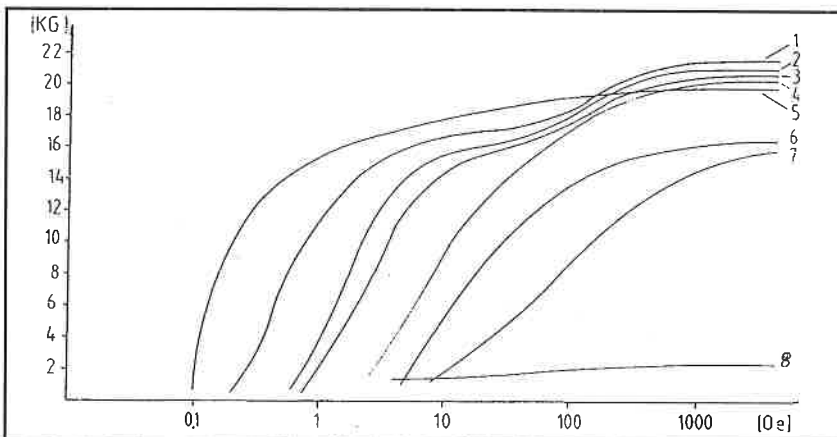
A hiszterézis hurok és paraméterei – a permeabilitás, a koercitív tér, a telítés, a remanencia, a Barkhausen-zaj – az alapanyag kémiai összetételétől, a metallográfiai struktúrájától, a kiválások jelenlététől, a hőkezeléstől, a mechanikai feszültségtől függ. A mágneses telítési értéket (B_s) pl. elsősorban a kémiai összetétel, a kristályszerkezet szabja meg.

A kémiai összetétel, a szénttartalom, a mikrostruktúra, a hőkezelés, a keménység, a szakítószilárdság valamint a koercitív tér (H_c) között ugyancsak szoros a korreláció.

A növekményes permeabilitás: μ_Δ (tipikus örvényáramú berendezésekkel ez a paraméter könnyen mérhető) segítségével a dekarbonizált réteg vastagsága, a maradófeszültség határozható meg.



6. ábra Hiszterézis görbe finomszerkezete, a Barkhausen-zaj oszcilloszkópos megjelenítése.



7. ábra Néhány, gyakran használt alapanyag tipikus mágnesezési görbéje, az első síknegyedben ábrázolva. – 1. hőkezelt tiszta vas; 2. hőkezelt öntöttvas; 3. melegen hengerelt alacsony széntartalmú acéllemez; 4. öntött acél; 5. 3 % Si tartalmú irányított lemez; 6. gömbgrafitos öntvény; 7. szürke vasöntvény; 8. hőkezelt rozsdamentes cél (monel).

A kezdő permeabilitás (μ_0) alapján az anyag keménysége – megfelelő hitelesítések után – ugyancsak ellenőrizhető.

A mágneses anyagok legfontosabb paraméterei (H_c , μ , B_s , B_r) széles intervallumban változnak (7. ábra) az anyag minőségétől függően, a permeabilitás vagy a koercitív erő több nagyságrendet is átfog, ezért egy adott anyagjellemzőben keresett eltérések kimutatására más és más paraméter lehet optimális, illetve egyidejűleg különböző jellemzőkben történő módosulásokat is célszerű figyelembe venni, amelyek a hiszterézis görbe alakváltozásainak a következményei.

A hiszterézis hurok mérése több egymástól független paramétert szolgáltat, ezáltal lehetővé válik a mikrostruktúra és a megmunkálási hatások szétválasztása. Az ilyen típusú, aránylag egyszerű vizsgálati eljárást viszont gyakran megnehezítheti az ún. lemágnesezési hatás, aminek következtében a vizsgált tárgy geometriájától is függ bizonyos mértékig a kapott eredmény. Ezért a koercitív tér, a permeabilitás, a telítési fluxussűrűség, a remanencia vagy a Barkhausen-zajspektrum önmagában még nem mindig elegendő a kérdéses munkadarab jellemzésére; esetenként további karakterisztikák meghatározása is szükséges, ismerni kell továbbá a tárgy geometriáját, a gerjesztési szintet, amelyek ugyancsak befolyásolhatják a kapott eredményeket.

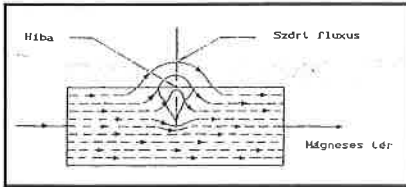
Osszefoglalva: a hiszterézis görbe nevezetes paraméterein keresztül a következő legfontosabb anyagjellemzőket lehet vizsgálni:

- repedések, felületi, térfogati hibák
- kéregvastagság
- szénttartalom kvantitatív mérése, szilíciumtartalom ellenőrzése
- gömbgrafitos, lemezgrafitos öntvények szétválogatása
- szemcseméret, szemcseszerkezet
- keménység
- képlékenység, szakítószilárdság
- maradó húzó, nyomó mechanikai feszültségek meghatározása
- kifáradás detektálása.

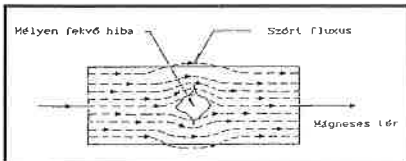
Szórt fluxusú vizsgálati eljárások

A mágneses roncsolásmentes – szórt fluxus mérése elvén működő – anyagvizsgálati eljárás fizikai alapja az anyag inhomogenitása és a gerjesztő mágneses tér közötti kölcsönhatás: a munkadarab felületén vagy belsejében lévő geometriai vagy mágneses folytonossági hiány megzavarja a lokális mágnesezettséget és ez mágneseztér-érzékelővel (pl.: mágnesezhető porral) kimutatható [1].

A felületen előforduló hibák jelentősen eltorzítják a mágneses fluxus eloszlást (8a. ábra), ezért azokat könnyű detektálni, az



8a. ábra A mágneses fluxus torzulása felületi hibánál.

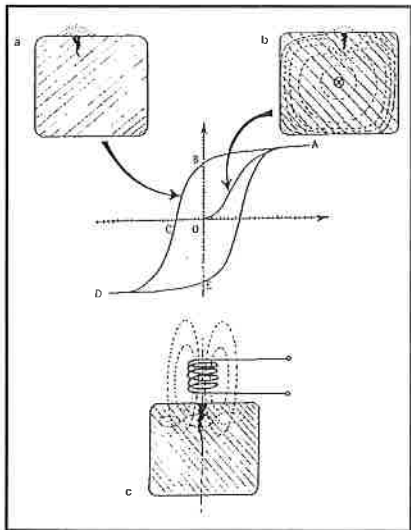


8b. ábra A szórt fluxus eloszlása a mélyen fekvő hibánál

anyag belsejében levő zárványok jelzése azonban már nem olyan kézenfekvő, mivel a hibahely környezete bizonyos mértékig simítja, árnyékolja az erővonalak útját (8b. ábra). E kvalitatív kép alapján is nyilvánvaló, hogy megbízható hibadetektálás csak megfelelően megválasztott térgerjesztésnél és mérési elrendezésnél lehetséges, és feltétlen figyelembe kell venni az alapanyag geometriai és mágneses jellemzőit.

A mágneses tér és a különböző anyaghibák közti kölcsönhatás megértését és modellezését nehezíti az anyag nem lineáris mágneses karakterisztikája, a legtöbb esetben nehezen definiálható határfelületek és a sokszor egyidejűleg fellépő különböző fizikai sajátosságok keveredése.

A 9. ábra a három legfontosabb mágneses tér – anyaghiba közötti kölcsönhatás tipikus feltételeit szemlélteti [2]. A széles körben alkalmazott mágnesporos eljárásnál egyenárammal felmágnesezik a munkadarabot és a tér kikapcsolása után is megmaradó mágnesezettség miatt (remanencia következtében) a hibahelynél kilépő erővonalak kirajzolódnak, azaz a maradó szórt terű vizsgálatnál az anyag mágneses hiszterézis görbéjének BC szakaszát hasznosítják (9a. ábra).



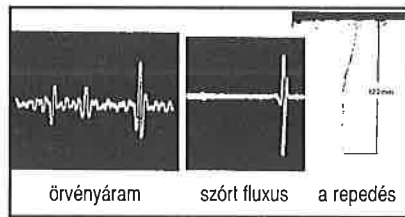
9. ábra Gerjesztéstől függő különböző szórt fluxusú vizsgálati lehetőségek.

Térperturbációs vizsgálatoknál állandó nagyságú mágneses tér jelenlétében, „aktív térnél” mérik a kilépő erővonalak nagyságát a hiszterézis görbéje OA szakaszán (9b. ábra).

Végül a váltóterű szórt fluxusú, illetve örvényáramú méréseknél a teljes hiszterézis görbe gerjesztésre kerül (9c. ábra, A-B-C-D-E-A tartomány) és a hibáknál vagy a váltóáramú szórt fluxus térváltozása, vagy az impedancia-változás (örvényáramú eljárás) indikálható a mérőtekercsben. Váltóáramú gerjesztésnél természetesen csak a felület közelében lévő tartomány mágnesezhető, a behatolási mélységet az alapanyag permeabilitása, elektromos vezetőképessége és a gerjesztő tér frekvenciája határozza meg.

Az automatikus mérőrendszereknek többnyire az aktív terű szórt fluxusú módszert alkalmazzák, de gyakori egyidejűleg mind az aktív mind a maradó térnél keletkező szórt fluxus jeleinek a kiértékelése is, amely különösen hibafajták keveredésénél jelentősen elősegítheti a pontos diagnosztizálást.

A 10. ábrán csőfalban lévő valós repedés



10. ábra Valós repedés tipikus örvényáramú és szórt fluxusú mérőjele.

örvényáramú és szórt fluxussal mért tipikus jele látható. Az összehasonlításból is nyilvánvaló, hogy a szórt fluxus jel/zaj viszonya durva felületnél messzemenően jobb [3].

Az örvényáramú eljárás elsősorban sima felületű (nem ferromágneses) tárgyak – felületre kijövő – hibáinak nagy pontosságú mérésére optimális, a szórt fluxus viszont durvább felületeknél, hengerelt vagy öntött termékek külső és belső hibáinak felderítésére használható.

A szórt fluxus mérésének alkalmazásai

A. Nagy szilárdságú csövek vizsgálata

A gáz- és olajipari csőgyártmányok mechanikai hibái, az ötvözőelemek szórása, a hőkezelési technológia pontatlanságai, a méretingadozások csak szűk tartományon belül változhatnak.

A csövekre vonatkozó ismert API (American Petroleum Institute) szabványok a következő négy alapvető vizsgálatot ajánlják a termékek ellenőrzésére:

- az alapanyag elektromágneses vizsgálata
- a hosszirányú hibák mérése
- a keresztirányú hibák detektálása
- falvastagságmérés.

A felsorolt vizsgálatok csak különböző mérési elven működő berendezésekkel végezhetők el, ezek az API ajánlások szerint a következők:

- Alapanyag ötvözöttsége, a hőkezelés minősége, a keménység folyamatosan és ron-

csolásmentesen ellenőrizhető az alapanyag mágneses paraméterei (kezdeti és maximális permeabilitás, telítési indukció, koercitív erő) alapján.

– Csőmenti és keresztirányú felületi és felület alatti hibák kimutatására – szórt fluxus mérése elvén működő – két egymást követő vizsgálati berendezés használata a legalkalmasabb. A csövet hosszirányban felmágnesezve a keresztirányú repedéseket lehet kimutatni a csövet körkörös körülvevő mágneses-tér mérő szondákkal, míg a hosszirányú hibák a cső körül forgó, a mágneses tér szórását érzékelő szondák segítségével detektálhatók.

– A cső falvastagságának meghatározása legkönnyebben ultrahangos vastagságméréssel oldható meg. A vizsgálati fejek csatlósához általában áramló vizet használnak, de előfordul csatló közeg nélküli elektromágneses akusztikus mérőátalakító (EMAT) is.

B. Tartókábelek vizsgálata

A személy- és teherszállításra használt acélkábelek számos károsító hatásnak vannak kitéve (kopás, korrózió, fáradás stb.). Időszakos vizsgálatok biztonsági és gazdasági okokból nyilvánvalóan nagyon fontos. Erre a célra a szórt fluxus mérése alapján működő berendezéseket tekintik a legalkalmasabbaknak.

Acél tartókábelek tipikus károsodásai:

– Kopás. Tartós igénybevétel következtében a külső szálak megkopnak; ha azok eredeti átmérője 1/3-dal csökken, a kábelt ki kell cserélni.

– Kábel átmérőcsökkenése. Túlzott kopás, megfeszítési változások, belső szálszakadások, kábelnyúlás miatt következhet be.

– Korrózió. Kopásnál súlyosabb károsodás, amely gyakran a belső szálakon indul meg, külső felületen csak később jelentkezik. Korróziós gödrök megjelenésekor a kábelt ki kell cserélni.

– Hurok. Szorosra húzott hurok nem javítható károsodást, meg nem határozható szilárdságcsökkenést eredményez.

– Hőmérsékleti károsodás. Tűz vagy magas hőmérséklet a fém elszíneződését, a belső kenőanyag részleges elvesztését okozhatja, az ilyen kábelt ki kell cserélni.

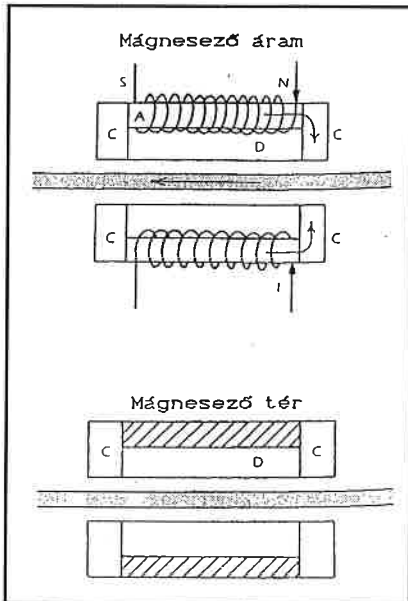
– Szétlapítás. Kerékdob vagy egyéb tárgy sorozatos ütése plasztikus deformációt hoz létre. Ha az ilyen jellegű behatás nem szüntethető meg, gyakoribb ellenőrzésre van szükség, korai kábelcserét igényel.

– Fáradási meghibásodások. A sodrat belsejében az egyes fonatok érintkezési pontjainál a hajlítási feszültségváltozás, vibrációk fáradásos töréshez vezethetnek.

– Szakadt huzalok. Szálszakadások megjelenése egyértelműen a kábel elhasználódására utal. Gyakori ellenőrzéssel a romlás mértéke, a kábelcseré időpontja előre meghatározható. Új kábelcserénél közvetlenül a szerelés után egy-egy szál elszakadhat, ha ezek száma nem növekszik, nem jelentenek problémát. Ha egy adott helyen több szál is elszakadt, okát feltétlenül ki kell vizsgálni.

Acél kötelek vizsgálatára használt szórt fluxus mérőberendezés a kábel mentén haladó

elektromágneses vagy permanens mágnes gerjesztőfokozatból és hibavizsgáló érzékelőből áll (11. ábra). Detektálásra tekercset vagy Hall-szondát használnak. A tekercs a hirtelen keresztmetszet-változást, a szálszakadást érzékenyebben jelzi, a Hall-szonda a korróziót, a szálvessztést, a fokozatos kopást is kimutatja.



11. ábra Acélkötetek hibavizsgálata szórt fluxus eljárással.

A vizsgálófej széthyitható, hogy az könnyen a kábel köré szerelhető legyen. A mérőegység jele vonalíróra kerül, a regisztráló papír mozgása a fej haladási sebességével van szinkronban. A vizsgálati sebesség 20–150 m/perc értékek között változhat.

Az elektromágneses vagy a permanens mágneses vizsgált kábelt telítéssel mágnesezi, a mérőtekercs 0,2%-os keresztmetszet-változást, szálszakadást is kimutat, akár 5 cm átmérőjű kábel belsejében is.

Használatba vétel után közvetlenül elkezdett és periódikusan megismételt ellenőrzéssel a kábel használati ideje jelentősen növelhető és a kábelcseréi időpontja előre meghatározható. A bányaköteteket négyhavonta, a magas épületek liftköteteket évente szokták ellenőrizni.

C. Gáz- és olajvezeték vizsgálata

Gondosan ellenőrzött csövekből készült gáz- és olajvezeték-hálózatok különféle külső és belső károsító hatásoknak vannak kitéve, ezért biztonsági okokból azokat időnként felül kell vizsgálni. Az ellenőrzést a legtöbb esetben a gáz- és olajszállítás megszakítása nélkül – nyilvánvalóan roncsolásmentesen – kell elvégezni, mivel minden meghibásodás súlyos és nagyon költséges következményekkel jár. Az is döntő fontosságú, hogy téves kijelzések ne legyenek, mivel egy-egy csőszakasz kiadása, cseréje szintén tetemes (és felesleges) költséget okoz.

A mérőberendezésnek teljesen autonómnak kell lennie, saját energiaforrással mintegy 100 km távolságot befutva kell elvégeznie a

teljes felületszakasz vizsgálatát, a mérési adatokat előszelektálva rögzítenie, gyakran igen szélsőséges környezeti körülmények között (40–50 °C hőmérséklet, 70 bar nyomás, 1–4 m/s haladási sebesség, esetenként 10 g gyorsulás, korlátozott térfogat, stb.). Egy 100 km hosszúságú, 600 mm átmérőjű vezeték felülete csaknem $4 \cdot 10^9 \text{ cm}^2$, ezért ha minden 1 cm^2 méretű hibát detektálni kell, 5 Mbit/s adatfolyam mellett, kiegészítve egyéb (távolság, haladási sebesség stb.) adattal, Gbit méretű tárolóra van szüksége a fedélzeti számítógépnek.

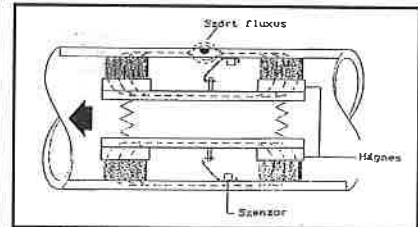
Az ilyen ún. „intelligens csőgörények” túlnyomó többségében hibavizsgálata ugyan csak a szórt fluxus metodikát használják (API szabvány is ezt ajánlja). A fontosabb követelmények a következők:

- a gáz- vagy olajszállítás nem szakítható meg,
- minden számításba veendő hibát ki kell mutatni,
- a külső és belső hibákat szét kell választani, meg kell adni a hibaméreteket,
- a hiba koordinátáit pontosan meg kell határozni,
- a valódi hibákat meg kell különböztetni bármilyen egyéb zavaró jeltől.

Egyes hibatípusok – rövid, mélyedésszerű hibák, amelyek általában nem nagyon szoktak növekedni – megengedett mérete 40%-os csőfalvastagságig terjedhet, más hibaféleségek: hosszan elnyúló repedések, vágatok, korróziós felületek lényegesen veszélyesebbek, ezért maximális méretük nem haladhatja meg a csőfal 20%-át.

A csőgörényekben a szórt fluxus méréséhez szükséges mágnesezést többnyire permanens mágnesekkel állítják elő, az erővonalak a csőfalhoz záródnak rugalmas acélhuzalkötégen keresztül (12. ábra). A hibaérzékelő szondakioszorú – számuk a csőátmérőtől függően 32-től több száz – a mágnespólusok közti neutrális szakaszon a csőfalra feltekve méri folyamatosan a felületből kilépő szórt fluxust.

A hibafajták megkülönböztetése, a hibaméretetek kvantitatív meghatározása végett az aktív terű vizsgálat mellett általában maradó



12. ábra Gáz- és olajszállító csővezeték hibavizsgálata a szórt fluxus mérésével.

terű szórt fluxusú mérést is végeznek a mágnesező körön kívül elhelyezett második szondakioszorúval (13. ábra). Érzékelőként vagy tekercset, vagy Hall-szondát használnak; tekercs esetén a jelamplitúdót korrigálni kell a pillanatnyi haladási sebesség figyelembevételével.

A mérőrendszer a hibavizsgáló fokozaton, a tápkörön, a számítógépen és az adattárolón kívül további kisegítő fokozatokat is tartalmaz; ilyenek: csőátmérő- és anyagtulajdonság-ellenőrző örvényáramú egység, távolságmérő, elakadásjelző.

D. További alkalmazások

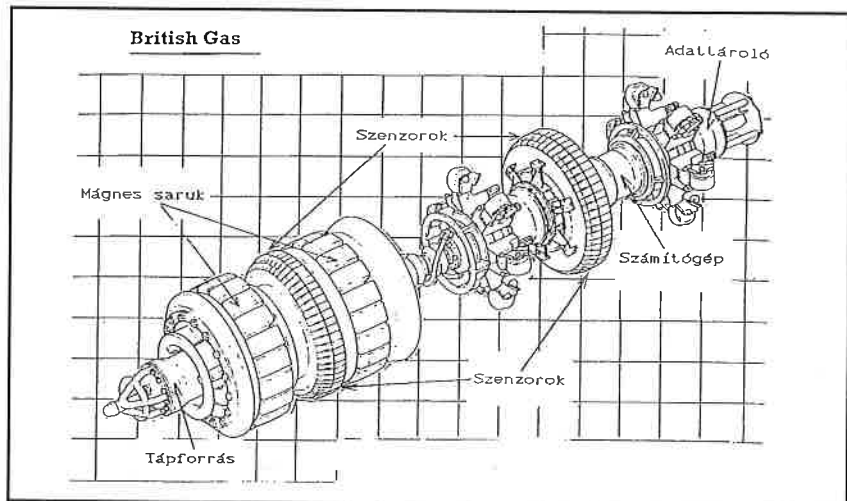
Forgásszimmetrikus gépipari termékeken kívül a szórt fluxusú módszer alkalmas szabálytalan alkatrészek, helikopter rotorok, gázturbina tárcsák, fogaskerekek, ágyúcsövek, lövedékek, csapágyházak, futógyűrűk és még sok más alkatrész külső és belső hibáinak felderítésére is.

Ilyen feladatra számos, számítógépvezérelt, automatikus mérőrendszert dolgoztak ki, amelyeket – metallográfiai vizsgálatokkal összekapcsolva – elsősorban nagy megbízhatóságú gépelemek várható élettartamának meghatározására használnak.

Anyagtulajdonságok vizsgálata mágneses paraméterekkel

A koercitív térerősség mérése

A ferromágneses anyagok egyik legfontosabb jellemzője a koercitív tér, amelyet a mik-



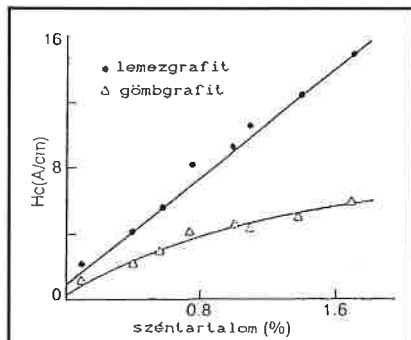
13. ábra Intelligens csőgörény egyszerűsített vázlata.

rostruktúra, szemcseméret, az ötvözőelemek, zárványok (elsősorban a nem mágneses zárványok), a mechanikai deformáció, a hőkezelés, a mechanikai feszültségek határoznak meg. A koercitív tér valódi anyagjellemző, nem függ a munkadarab geometriájától. Mérése különösen a keménységmérésben elterjedt a keménység meghatározására; indirekt úton az anyagösszetétel, a kobalt-tartalom, a revésedés, a porozitás stb. ellenőrzésére is használják [4, 5].

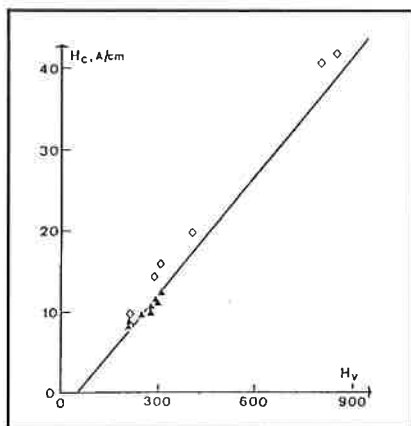
A tiszta vas koercitív tere 10 A/m, a lágy mágneses anyagoké 1 A/m körüli, a kemény mágneses anyagok, permanens mágnesek koercitív tere 10⁵ A/m-t is meghaladhatja. Tipikus lágy szénacélok tere 30–120 A/m: a hőkezelt szénacéloké 1000 A/m mérhető 0,3% széntartalomnál és ha a széntartalom eléri az 1%-t, a koercitív tér 4000 A/m-re növekszik.

Az öntöttvas koercitív tere 200 A/m-től 2000 A/m-ig változik a széntartalomtól és a grafit előfordulási formájától függően (14. ábra). Tipikus acélféleségek keménysége és koercitív tere közti kapcsolatot a 15. ábrán látható.

Az ötvözőelemek hatása eltérő: a szén, kobalt, mangán, volfrám jelentősen; míg a króm, molibdén, titán, alumínium közepesen, az edzés ugyancsak jelentősen növeli a koercitív tér nagyságát; a szilícium viszont számottevően csökkenti. A transzformátor-lemez alapanyagát azért ötvözik szilíciummal, mert a



14. ábra Öntöttvas koercitív terének függése a széntartalomtól.

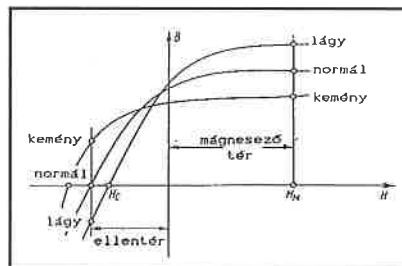


15. ábra Különböző acélok koercitív terének függése a keménységtől.
▲ szemcsés perlit
○ hőkezelt martenzit
— szénacél

hiszterézis görbe keskenyedése a transzformátor vasvesztését mérsékli. A trafólemezek koercitív tere hengerléssel és megfelelő hőkezeléssel – anizotróp textúra kialakításával – tovább csökkenthető.

A nikkel, egyéb ötvözőktől függően, csökkentheti vagy növelheti a kialakuló koercitív tér nagyságát.

A koercitív teret úgy mérik, hogy a munkadarabot elektromágnessel telítéssel felmágnesezik (16. ábra), majd az áramot kikapcsolva, irányát ellentétesre változtatva értékét addig növelik, míg megszűnik a munkadarab mágneszettsége (16. ábra H_c pont).



16. ábra Keménység meghatározása a koercitív tér mérésével.

A kis felületrészek rúd alakú vasmagos tekercsel is vizsgálhatók. Ezek viszonylag kis területet tapogtatnak le, a maximális vizsgálati mélység kb. 2–3 mm. A járom és a szonda típusú mérőfejeket felületi keménység, edzési mélység meghatározására használják relatív, összehasonlító ellenőrzéseknél [6, 7].

Teljes terjedelmű anyagvizsgálathoz, nagy darabszámú gépkatrészek, csavarok, szerzők, csapágyházak ellenőrzésénél a mérést nagy méretű tekercs segítségével végzik, amely természetesen a felmágnesezést és a lemágnesezést is automatikusan elvégzi.

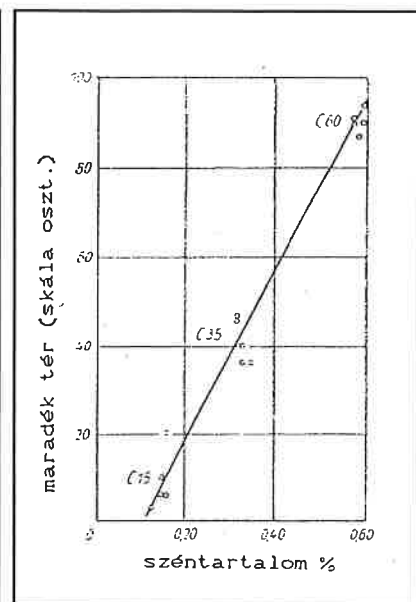
A remanencia tér mérése

A telítéssel mágnesezett vas és acél alkatrészek – a külső tér kikapcsolása után – az adott alapanyag összetételére illetve hőkezelési állapotára jellemző B_r remanencia mágneszettség marad. Bár a remanencia és a koercitív tér között általában elég szoros a kapcsolat, előfordul, hogy a keresett metallurgiai tulajdonság a remanencia térrel sokkal egyértelműbb összefüggést mutat mint a koercitív térrel vagy egyéb mágneses paraméterrel (17. ábra).

A remanencia teret mérő berendezések lényegében megegyeznek a koercitív teret mérőkkel, azzal a különbséggel, hogy a felmágnesezés után – amely tekercsel, járommal vagy akár permanens mágnessel történhet – a munkadarab mágneszettségét kell meghatározni. Kis felületelemek – hornyok, furatok, fogak – keménységmérésére, „pontoszerű” vizsgálatára permanens mágneses „ceruzaszondát” használnak, amelynek érzékenysége ugyan elmarad a járom típusú vizsgálati fejekhez képest, de mivel a mágnesező tér egy pontban koncentrálódik, lokális változások, inhomogenitások kimutatására is alkalmas.

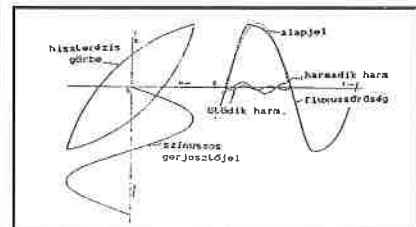
Harmonikus analízis

A munkadarabot váltóárammal táplált mé-



17. ábra A remanencia függése a széntartalomtól.

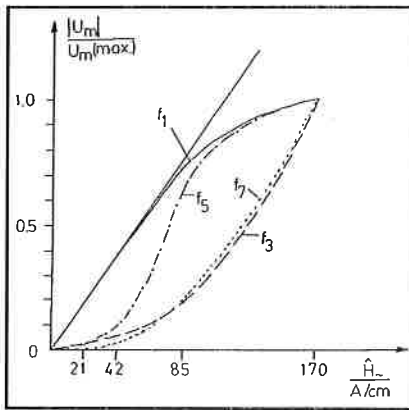
rőtekercsbe helyezve a hiszterézis miatt az anyagban kialakuló mágneszettség, a mágneses fluxussűrűség késik és eltorzul a gerjesztő áramhoz (azaz a gerjesztő térhez) viszonyítva (18. ábra).



18. ábra Hiszterézis görbe által keltett harmonikusok szinuszos váltóáramú mágnesezésnél.

A mérőtekercsben indukált fluxus változása ($d\Phi/dt$) torzulása Fourier-komponensekre bontható, amely a gerjesztéssel egyező alapharmonikából és annak páratlan számú harmonikusából áll [8]. A hiszterézis görbe formája és mérete határozza meg az egyes harmonikusoknak az alaphoz – és egymáshoz – viszonyított arányát, amelyek természetesen attól is függenek, hogy a gerjesztő tér képes-e a teljes hiszterézis hurkot átfogni vagy sem (19. ábra). Mivel az alapanyag összetétele, a mechanikai megmunkálás és a hőkezelés a hiszterézis hurok más és más szakaszát módosítja, lehetőleg telítéssel kell mindig a munkadarabot mágnesezni, megfelelő harmonikus tartalom csak ilyenkor érhető el [9].

A különböző technikai paraméterek (keménység, kéregvastagság, mechanikai feszültség, szilárdsági határ, szürke öntvény oldott széntartalma, szenítés, dekarbonizálás mértéke stb.) és a harmonikus tartalom közötti korreláció általában a harmadik és az ötödik Fourier-komponenseknél a legnagyobb, magasabb összetevőket már nem nagyon használnak analízisre. A 19. ábráról nyilvánvaló, hogy a harmadik és az ötödik felharmonikus menete



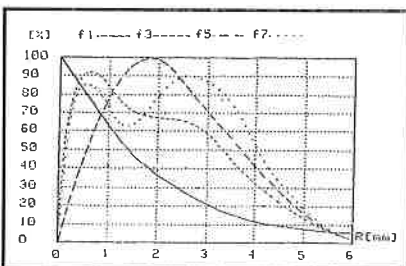
19. ábra A harmonikus tartalom függése a gerjesztési amplitúdától.

a gerjesztés függvényében alapvetően különbözik az alapharmonikustól, de a hetedik már nem tartalmaz semmilyen többlet információt a harmadikhoz képest.

Gyakori eset, hogy a vizsgált fizikai tulajdonság, pl. a kéregvastagság, mind az alapharmonikussal mind a felharmonikussal mérhető. Ilyenkor célszerű annak ellenőrzése, hogy melyik komponens ad nagyobb érzékenységet, mert nyilvánvalóan az érzékenyebb nagyobb pontosságot és megbízhatóbb szétválasztást tesz lehetővé.

A harmonikus tartalom mérése az elmondottakon túlmenően további előnyökkel is rendelkezik. Ferromágneses anyagoknál a váltóáramú tér behatolási mélysége – a nagy értékű permeabilitás miatt – kicsi, ezért térfogati anyagvizsgálat csak nagyon alacsony frekvencián lehetséges, ahol részben már alacsony az érzékenység a külső és belső hibákra, részben pedig megnő a mérési idő. A 20. ábra ferromágneses rúdban, 100 Hz gerjesztésnél, alapharmonikánál, illetve annak harmonikusain mérhető tényleges behatolási mélységet tünteti fel a felülettől számított távolság függvényében. A várt hatással ellentétben minél nagyobb a frekvencia, annak tere annál mélyebb rétegig terjed, azaz annál mélyebben lévő rétegek vizsgálata válik lehetővé [9]. A jelenség azzal magyarázható, hogy a magasabb harmonikusokat nem a külső tér gerjeszti, hanem az anyagban létrejött örvényáramok, amely viszont a felülettől számítva exponenciálisan csökken és ezért azok ellentéte a mélyebb rétegekben mind kisebb.

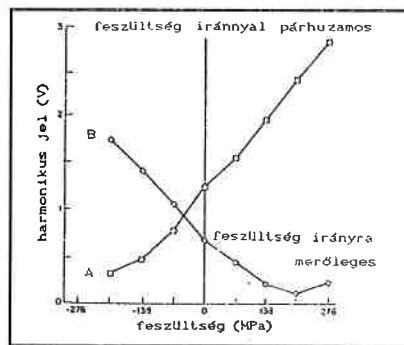
A 20. ábrán az is látható, hogy nagy távolságban a térgerjesztés maximum helyétől



20. ábra Különböző harmonikusok amplitúdó változása az anyag felületétől mért mélység függvényében.

(azaz a tekercs közepétől), a harmonikus komponensek rohamosabban esnek, mint az alapharmonikus, ezért az előbbiekre koncentráltabb, érzékeny tartományuk rövidebb. Így hosszanti geometriai méretváltozások kevésbé befolyásolják a mérési eredményt.

A keménység, a kéregvastagság, az alapanyag összetétele, a hőkezelési állapot jelzésein túlmenően a harmonikus tartalom arányos a mechanikai feszültséggel is. A 21. ábrán az A-görbe a feszültség irányával párhuzamosan, a B-görbe a feszültség irányára merőlegesen mérhető harmadik harmonikus tartalom relatív változását szemlélteti a feszültség függvényében. A meredek jelváltozás a hisztérezis görbe nagyfokú torzulása miatt következik be.



21. ábra A harmonikus tartalom függése a mechanikai feszültségtől.

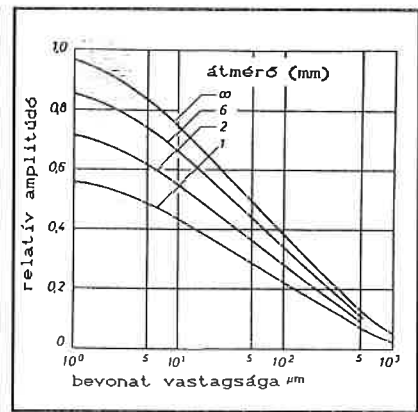
A permeabilitás mérése

A ferromágneses anyagok permeabilitása lényegében a mágneses fluxusra vonatkozó „mágneses vezetőképesség” mértéke. Annak ellenére, hogy értéke nem csak az anyagjellemzőktől, hanem a külső mágneses tér értékétől is erősen függ (5. ábra), megfelelően megválasztott mérési feltételek mellett számos fizikai tulajdonság ellenőrzésére alkalmas.

A mágneses fluxus vezetőképességének mérésén alapuló eljárás egyik leggyakoribb alkalmazási köre a különféle felületi rétegek, bevonatok vastagságának mérése [10]. A módszer egyaránt használható ferromágneses alapanyagokon lévő nem mágneses védő bevonatok (festékek, műanyag, oxid, karbid, nitrid, króm, nikkel stb.) vastagságának meghatározására; nem mágneses alapanyagoknál mágnesezhető bevonatok, mágneses filmek vastagságának mérésére. A vizsgálat váltóáramú „mágneses híd” áramkör segítségével történik. Lényege: a váltóárammal gerjesztett mágneses kör a mérendő – nem mágneses – rétegen keresztül záródik. Így a kapott jel a rétegvastagságtól függ [11]. Ezen az elven 1 µm–1 mm közötti – mágnesesen szigetelő – rétegek vastagsága mérhető (22. ábra).

A mérőműszer természetesen „érzi” a vizsgált tárgy felületének kiterjedését, ezt jelzik a különböző átmérőnél kapott érzékenységi összefüggések.

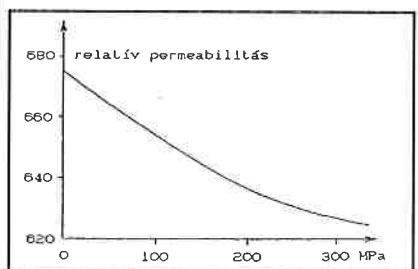
Mágneses bevonatoknál, annak mágneses vezetőképessége (ha a permeabilitás nem túlságosan kicsi) nyilvánvalóan arányos a vastagsággal, a mérőműszer ugyancsak mm-ben kalibrálható.



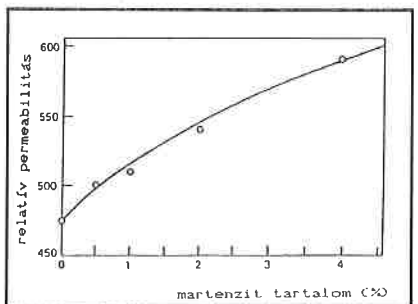
22. ábra Bevonatok rétegvastagságának mérése mágneses vezetőképesség segítségével.

Az előzőekhez teljesen hasonló elven működő berendezést használnak ausztenites acélok ferrittartalmának mérésére. A korrózióálló ausztenit ugyanis nem mágneses, ezért a ferrittartalom (az ún. „kemény” pontok, melyeken megindul a korrózió), hasonlóan a mágneses filmekhez, megnöveli a mágneses vezetőképességet. A mérőműszer 0,1 – 50% ferrittartományra kalibrálható.

A differenciális permeabilitás értéke függ a mechanikai feszültségtől. Ismert összetételű alapanyagoknál ezért a permeabilitás feszültségmérésre is használható. A 23. ábrán szénacél huzal permeabilitásának a húzófeszültségtől való függése látható egy adott, optimális 4 kA/m egyenáramú előmágnesezésnél mérve. Húzóművekben ugyancsak fontos, hogy a gyártás során az alapanyag martenzittartalma ne emelkedjen a megengedett érték fölé, mert az a húzhatóságot jelentősen csökkenti [12]. A permeabilitás martenzittartalomtól való függése (24. ábra) segítségével a gyártósornál a huzal szabályozott hűtése mindig optimálisra állítható.



23. ábra Szénacél permeabilitásának függése a húzófeszültségtől.



24. ábra Permeabilitás értékének függése a martenzittartalomtól.

A mágneses anizotrópia mérése

A mechanikai feszültség a mágneses anizotrópia érzékelő segítségével is mérhető. Ez az eljárás ugyancsak az alkalmazott feszültség hatására létrejövő hiszterézis görbe torzulásán alapszik, lényegében a permeabilitás irányfüggőségét (anizotrópiáját) méri [13, 14].

Kétféle mágneses anizotrópiáról lehet beszélni, az egyik, amely a ferromágneses anyagok fizikai sajátossága, a másik, amelyet a mechanikai feszültség, a magnetostríkciónak indokál.

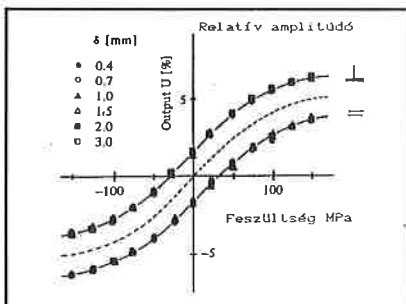
A mérőberendezés használata egyszerű, a röntgensugaras maradó feszültség méréssel azonos pontosságot mutat, vizsgálati mélysége azonban számottevően mélyebb (kb. 1 mm). Az eljárást Japánban vasúti sínek hőtágulás okozta feszültségváltozásainak mérésére használják. A feszültségmérés pontosságát a szonda távolságigadozása viszonylag nagy intervallumban (0–3 mm) nem zavarja (25. ábra), a kijelzett érték azonban függ a sín demagnetizálásának irányától.

A módszer feszültség meghatározásán kívül alkalmas a kéregvastagság mérésére is. Viszonylag vékony kéregvastagságnál nagyobb gerjesztő frekvenciát (400 Hz) használnak, alacsony, 40 Hz-es gerjesztésnél 2–4 mm vastagságú keményített rétegeknél is jó arányosság található a kimenő jel és a kéregvastagság között (26. ábra).

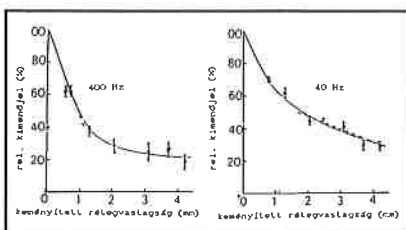
A magneto-elasztikus vizsgálati eljárás

Ferromágneses anyagok (acélok, öntöttvas, nikkel és bizonyos nikkelötvözetek) belső feszültsége a mágneses hiszterézis görbe torzulásán túlmenően egy másik jellemző, a Barkhausen-zajspektrum segítségével is vizsgálható [15, 16].

A Barkhausen-zaj a mágneses hiszterézis



25. ábra Permeabilitás anizotrópiájának függése a belső feszültségtől. A kijelzett értéket a szondatávolság ingadozása nem befolyásolja, de az alapanyag (vasúti sín) demagnetizálásának irányát figyelembe kell venni.



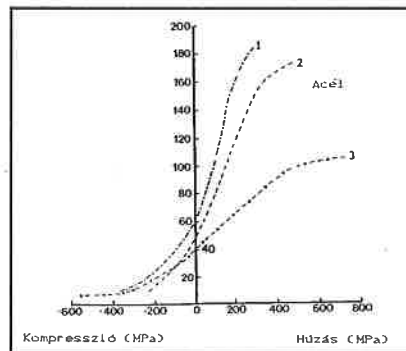
26. ábra Kéregvastagság mérése a permeabilitás anizotrópiájának meghatározásával.

görbe felvételénél keletkezik azáltal, hogy a gerjesztő mágneses tér változása során a kérdéses anyagokban a felmágneseződés ténylegesen nem folyamatosan, hanem sok apró diszkrét ugrással megy végbe (6. ábra). Az egyes ugrások amplitúdóját, sűrűségét a mágnesező tér értékétől való függését – azaz a Barkhausen-zaj spektrumát – a kérdéses anyag mikrostruktúrája és az anyagban lévő mechanikai feszültségek határozzák meg. Ha az anyag mikrostruktúrája ismert, vagy legalább a mérendő tárgyban nem változik jelentősen, az egyes munkadarabok azonos összetételű alapanyagból, azonos gyártástechnológiával készültek, a Barkhausen-zaj változásai lényegében a mechanikai feszültségre utalnak.

A Barkhausen-zaj mérési módszert legelterjedtebben maradék feszültség vizsgálatokra használják. Tartószerkezetek, különféle nagy igénybevételnek kitett gépelemek – gázturbina alkatrészek, csapágyak, főtengelyek, ágyúcsövek, tartószerkezetek, hidak stb. – feszültségállapotainak ellenőrzésére a leggyorsabb és legegyszerűbben alkalmazható eljárás. Ha a vizsgálni kívánt szerkezeti elem anyaga ismert, vagy kalibrálás céljára eredeti anyagminta is rendelkezésre áll, változó nagyságú húzó és nyomó feszültségnek kitéve a mintát, fel lehet venni az adott összetételű és mikrostruktúrát alapanyagra jellemző mechanikai feszültség – Barkhausen-zaj amplitúdó karakterisztikát, amelynek ismeretében kvantitatív adatok kaphatók a kérdéses szerkezet feszültségviszonyaira (27. ábra). A kalibráció elvégezhető az egyik végén befogott, a másik végén súlyokkal terhelt próbadarabon, amelynek felső felületén húzó, alsó felületén nyomó feszültség keletkezik.

A vizsgált anyagokban – gyártás során visszamaradt, vagy terhelés következtében – létrejövő maradék feszültség a karakterisztikát eltolja. A kalibrációs görbék leolvasható eltolódás megadja a maradék feszültség nagyságát.

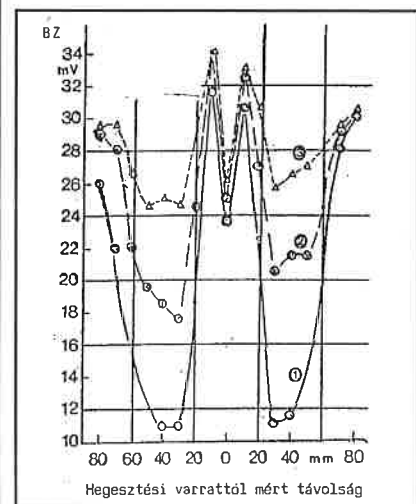
Amíg a mechanikai feszültség a rugalmassági határokon belül marad, addig a feszültség és a Barkhausen-zaj közötti összefüggés egyértelmű. A rugalmassági határnál nagyobb terhelésnél az összefüggés hiszterézis jellegűvé válik, a leginkább használatos anyagoknál ± 200 – 500 MPa-on belüli feszültségértékig lehet méréseket végezni.



27. ábra A Barkhausen-zaj amplitúdó függése a mechanikai feszültségtől különböző alapanyagoknál.

A módszer, azonkívül, hogy a húzó és nyomó feszültségeket megkülönbözteti, irány-érzékeny és a mágnesezés iránya (ez lényegében azonos a vizsgálófej irányítottágával) kijelöli a feszültségmérés irányát is. A mérőfejet elforgatva tetszés szerinti szögben felvehető a megfelelő feszültségvektor.

A Barkhausen-zaj mérése jól használható hegesztések következtében fellépő feszültségváltozások kimutatására, a hőkezeléssel elérhető feszültségcsökkenés követésére (28. ábra). Természetesen figyelembe kell venni, hogy hegesztésnél a hőhatásnak kitett zónában többszörös fázisátalakulások mehetnek végbe, emiatt azok Barkhausen-zaj karakterisztikája is alapvetően megváltozhat. Ráadásul a többszöri termikus ciklus képlekeny deformációt hozhat létre, amely szintén eltérést okozhat a kijelzésben [17].



28. ábra Hegesztési varratra merőlegesen mérhető belső feszültség és csökkenése hőkezelés hatására.

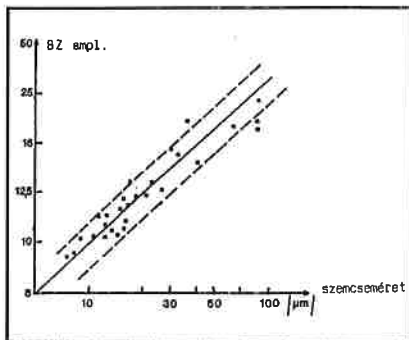
Jó minőségű acélok előállításához szükséges teszt a szemcsemeret ismeretét. Szemcsemeret és azok homogenitása határozza meg a mechanikai szilárdságot, a hideg alakíthatóságot, a mélyhúzási jellemzőket [18].

A szemcsemeretet többnyire optikai úton vizsgálják, azaz a mintát polírozzák és egy adott hosszegységre eső szemcsehatárok számából következtetnek az átlagos szemcsemeretre. Ennek ellenére, hogy ezt az eljárást számítógépesítették, a módszer még megmaradt optikainak és roncsolásosnak, ezenfelül időigényes és folyamatos mérésre alkalmatlan.

A Barkhausen-zaj értékét a szemcsemeret nagymértékben befolyásolja, ezért sikeresen használják alacsony széntartalmú acélok átlagos szemcsemeretének ellenőrzésére. Mivel a módszer nagyon gyors, görbült felületeknél is használható, teljes méretre kiterjedhet, felület-előkészítést nem igényel, ezért akár gyártósorba is illeszthető folyamatos minőségellenőrzés céljából.

A 29. ábrán alacsony széntartalmú, ferrites acélok metallográfiai módszerrel meghatározott szemcsemerete és Barkhausen-zaj amplitúdója közti összefüggés látható.

A mágneses paraméterek (koercitív tér, re-



29. ábra Optikai úton és a Barkhausen-zaj amplitúdó mérésével meghatározott szencsméret korrelációja.

manencia, differenciális permeabilitás, Barkhausen-zaj) mikroszerkezet-függők, ezért azok hirtelen változásai túlterhelés, hőmérsékleti károsodás, feszültségkorrozio által okozott kifáradásra utalnak [19]. Nagy igénybevételnek kitett gépelemek, tartószerkezetek, tartályok mágneses paramétereit időszakosan ellenőrizve ilyen módon azok várható élettartama megbecsülhető. Kifáradás vizsgálatára vonatkozó eljárások ismertetésére egy későbbi számban kerül sor.

Irodalom:

- [1] F. Förster: Non-destructive inspection by the method of magnetic leakage fields. Theoretical and experimental foundations of the detection of surface cracks of finite and infinite depth. Sov. J. NDT, 18, 841, (1982).
- [2] W. Lord and J. H. Hwang: Defect characterization from magnetic leakage fields. Brit. J. NDT, 19, 14, (1977).
- [3] W. Stumm: Inservice non-destructive inspection of heavily loaded structures, in particular underwater structures, with leakage flux methods. Brit. J. NDT, 25, 124, (1983).
- [4] G. L. Burkhardt and H. Kwun: Effects of grain size, hardness and stress on the magnetic hysteresis loops of ferromagnetic steels. J. Appl. Phys., 61, 1576, (1987).
- [5] E. S. Gorkunov: Coercivity of heat treated structural steels in various remanent magnetization states. Sov. J. NDT, 22, 180, (1986).
- [6] N. M. Radigin and V. P. Syrochkin: Feasibility of electromagnetic inspection for the strength and hardness of structural steel under elastic tension. Sov. J. NDT, 9, 453, (1973).
- [7] T. Jakel: Quality control of ferromagnetic components by coercitive field strength measurement. Brit. J. NDT, 26, 287, (1984).
- [8] S. N. M. Willcock and B. K. Tanner: Harmonic analysis of B-H loops. IEEE Trans. Mag., 19, 2265, (1983).
- [9] P. Neumaier: Computer Aided Quality Sorting by Electromagnetic Methods. 5TH Pan Pacific Conference NDT, 1987 Apr. Paper A-10-1400.

- [10] S. R. Ryan: Theory of magnetic-reductance thickness measurements in high-conductivity ferromagnetic materials. NDT Internat. 14, 135-139 (1981).
- [11] W. H. Gühring: SAIMC Exhibition Symposium, Johannesburg, 1975. Apr.
- [12] W. Polanschütz: Inverse magnetostrictive effect and electromagnetic non-destructive testing methods. NDT Internat. Vol. 19 No. 4, 249-258.
- [13] D. L. Atherton and D. C. Jellis: Effect of stress on magnetization. NDT International, 19, 15, (1986).
- [14] S. Kishimoto, M. Kobayashi, Y. Kodaira, M. Kobayashi and H. Yamada: Noncontact Stress Measurement of Rail Steel Using a Magnetic Anisotropy Sensor, Magnetic Society of Japan, Vol 13, No. 2, pp 435-438 (1989).
- [15] G. A. Matzkanin, R. E. Beissner and C. M. Teller: The Barkhausen effect and its applications to non-destructive evaluation S. W. R. I. Report No. NTI AC-79-2, (1979).
- [16] W. A. Theiner and I. Altpeter: Determination of residual stresses using micromagnetic parameters. In New Procedures in NDT. Editing by P. Höller, (Springer-Verlag, 1983).
- [17] L. P. Karjalainen and M. Moilanen: Detection of plastic deformation during fatigue of mild steel by the measurement of Barkhausen noise. NDT International, 12, 51, (1979).
- [18] M. Ojala and S. Saynakangas: A new electronic grain size analyzer for technical steel. J. Phys. E., 5, 669, (1972).
- [19] C. H. A. Sanford-Francis: Fail-safe magnetic permeability inspections of high-strength steel (low alloy) critical aerospace components, subject to fatigue failure. Brit. J. NDT, 23, 241, (1987).

A szabványosítás és az akkreditálás új rendje

Mint ismeretes, az Európai Unióhoz csatlakozásunk egyik feltétele a szabványosítás és a minőségtanúsítás szervezeti és eljárási rendszerének illesztése az európai rendszerhez. E téren már sokirányú képzési (lásd az Eseménynaptár rovatunkat), szervezési és jogszabály-alkotási munka van folyamatban. Ez utóbbit tekintve, 1994. január 1-től életbelépett a Ptk. azon módosítása, miszerint minden gazdálkodó köteles az általa szolgáltatott termék, dolog minőségét tanúsítani. Ugyancsak ekkortól hatályos a termékfelelősségről szóló 1993. évi X. tv. is, amely szerint a gyártó és az importáló felelős azért, hogy a terméke a gyártás időpontjában megfeleljen a tudomány és a technika állásának, és ezt, ha kell, bizonyítani is köteles.

A nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. tv. újabb lépés az említett jogharmonizáció útján. Ennek szellemében, 1995. szeptember 25-én **köztisztületeként megalakult a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)**, amely a jövőben állami vagy magán kezdeményezésre szabványokat dolgoztat ki és hagy jóvá, továbbá képviseli hazánkat a nemzetközi szabványosítási szervezetekben. Nemzeti szabványt csak az MSZT fogadhat el és hozhat nyilvánosságra. Az alakuló közgyűlés az MSZT elnökévé **dr. Konkoly Tibor** professzort választotta.

A laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálásáról szóló 1995. évi XXIX. tv. ugyancsak a már említett célokat szolgálja. A törvény szerint a Magyar Köztársaság nemzeti akkreditáló szervezete a **Nemzeti Akkreditálási Testület (NAT)**, amely kizárólagos jogokkal felruházott köztisztület. Az 1995. szeptember 28-ai alakuló közgyűlés a NAT elnökévé **dr. Tolnai Lajost**, a Magyar Kereskedelmi és Iparkamara elnökét választotta meg. A NAT tagsága önkéntes – eltérően a kamarai rendszertől –, de a tagság feltételekhez van kötve. Tagjai között harmonikus arányban szerepelnek a hivatalból tagok, az akkreditált szervezetek, az érdekvédelmi szervezetek, a tudományos és műszaki egyesületek és a felsőoktatási intézmények.

Az MSZT és a NAT köztisztületek létrehozásával a honi szabványosítási és akkreditálási feladatok ellátására új szervezeti és eljárási rendszer kezdte meg működését.

L. K.

ULTRAHANGOS

falvastagságmérők,
hagyományos és digitális
vizsgálókészülékek, vizsgálófejek

Az Ön partnere
az anyagvizsgálatban

GRIMAS®

IPARI

KERESKEDELEM

Tel.: 277-4470

Fax: 276-0557

A vizuális vizsgálat és eszközei

Szűcs Pál* – Wohlráb Zsuzsanna*

A vizuális vizsgálat (VT), a szemrevételezés eszköztelensége miatt nemcsak az egyik legelterjedtebb anyagvizsgálat, de sokak számára a legkevésbé megbecsült is: „mert nézni mindenki tud”. Ez igaz is, de a fontos részletet, a jelentős elváltozást csak a gyártási és szerelési technológiában, valamint az üzemeltetési körülményekben egyaránt jártas, gyakorlott anyagvizsgáló szakember fogja meglatni, és csak a képzett anyagvizsgáló tudja egyértelműen dokumentálni.

A szemrevételezés szintjei

A szemrevételezés (VT) az egyik legalapvetőbb és az egyik legszélesebb körben alkalmazott roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer. Alkalmazási körét és célját tekintve beszélhetünk:

- önálló vizuális,
 - roncsolásmentes vizsgálatokat kiegészítő,
 - állapotellenőrző vagy káresetelemző vizsgálatokat kiegészítő
- tevékenységet jelentő vizsgálati módszerről.

Önálló vizuális vizsgálat

Az önálló, mondhatnánk „klasszikus” vizuális vizsgálat szerepe a gyártásban, valamely technológiai művelet során vagy egy késztermék esetén eléggé ismert. De nemcsak ismert, hanem meghatározott is. Szabványok, műszaki irányelvek, szabályzatok rendelkeznek végrehajtásának időpontjáról, azaz a művelet sorban kijelölt helyéről, a vizsgálat körülményeiről, terjedelméről és az értékelési kritériumokról. A legalapvetőbb, legelterjedtebben használt szabványok a következők:

MI 4310/1:1985; MSZ 431012:1984; MI 7780:1986; MI 12374:1979; MSZ EN 25817:1993 az MSZ 4310/3:1985 helyett; MSZ 13833/4:1982; IM (1985) MSZ 10417:1989; MSZ 13833/1:1981; MSZ 1754:1984; MSZ 1755:1984; MSZ 13833/6:1981; MSZ 13833/7:1983; MSZ 13833/9:1983; MSZ 13833/10:1983; MSZ 13833/11:1983;

A szemrevételezés és az egyéb roncsolásmentes vizsgálat kapcsolata

Talán kevésbé tudatos és körülhatárolt a szemrevételezés ténye és szerepe a többi roncsolásmentes vizsgálati módszer esetén:

– A mágnesporos és a folyadékbehatolásos vizsgálat értékelése vizuálisan, illetve a vizuális vizsgálat segédeszközeivel (nagyító, megvilágítás, fényképezés, ...) történik.

– A radiográfiai, az ultrahangos és az örvényáramos vizsgálat fizikai jelenségek alapján és nem szemmel való megfigyelés útján regisztrálja a hibákat. Az eredmények végső interpretálása azonban általában

vizuális vizsgálaton történik. Pl. a radiográfiai filmek értékelése kis nagyítású lupéval.

– A számítógéppel támogatott térfigató vizsgálati módszerek (radiográfia, ultrahang) a feltárt hibát méretarányosan és térben jelenítik meg a számítógép monitorán. A szemlélő maga előtt látja a vizsgált szerkezeti elemet, benne a feltárt repedést, zárványt. A szem által felfogott ernyőkép további többletinformációt szolgáltat, ami általában újabb asszociációt indít el, akár a hiba okát, akár a javítás módját illetően.

A káresetelemzés és a vizuális vizsgálat kapcsolata

A szemrevételezés feladata az üzemelő, illetve károsodott elem környezetének és a vizsgált elemnek magának részletes, célratoró és reprodukálhatóan dokumentált leírása. Ez egy adott szakterületen elvégzett sok hasonló szerkezeti elem állapotellenőrzése, illetve káresetelemzése során felgyülemlett és gondosan rendszerezett szakmai tapasztalat alapján válik lehetővé. A szemrevételezés célja a további vizsgálatok irányának kijelölése, az alkalmazandó vizsgálatok típusának és terjedelmének meghatározása, a meghibásodás okának, vagy lehetséges okainak behatárolása. Bár ezen munkahipotézis további vizsgálatokkal való megerősítése általában nem hagyható el, a szakszerűen elvégzett szemrevételezés lényegesen gyorsítja és olcsósítja a vizsgálatokat.

A szemrevételezés oktatása

Hazánkban 1989-ben tartották az első vizuális roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamot. Azóta évente 5–6 első fokozatú és 2–3 második fokozatú MPV tanfolyamot szerveznek. A tanfolyamok a GTE Anyag-

vizsgáló Központi Szakosztálya által jóváhagyott tematika szerint, a SZTÁV Rt. jegyzeteinek felhasználásával folynak. Hármask fokozatú tanfolyam ezidáig egyetlen egy volt, 1992-ben. Az itt minősített szakemberek oktatóként és vizsgáztatóként működnek a V1 és V2 tanfolyamokon. Az oktatás jogi hátterét az alábbi rendeletek és szabványok alkotják:

– 12/1992. (IV.4) IKM rendelet „Az iskolarendszeren kívüli, az ipari és kereskedelmi tevékenységgel összefüggő szakmai oktatásról, képzésről és minősítésről”

– 7/1993. (XII.30) MűM rendelet „Az Országos Képzési Jegyzékről”

– 10/1993. (XII.30) MűM rendelet „A szakmai vizsgáztatás általános szabályairól és eljárási rendjéről”

– MSZ EN 473:1994 „Roncsolásmentes anyagvizsgálatot végzők minősítése és a minősítés tanúsítása”

– MSZ EN 45001:1991 „Vizsgáló laboratóriumok működésének általános feltételei”

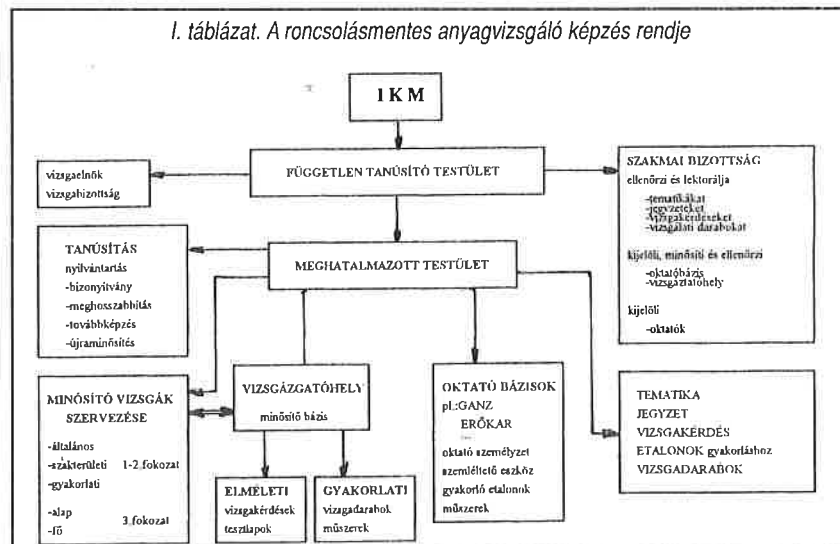
– MSZ EN 45013:1991 „Személyzet tanúsítását irányító tanúsítási szervekre vonatkozó általános feltételek”

A roncsolásmentes anyagvizsgálók képzésének, minősítésének, a minősítések nyilvántartásának rendjét az I. táblázat foglalja össze.

1995 tavaszán az MHTE-vizsgacentrum megbízást kapott a hegesztés és az anyagvizsgálat területén, és ezt követően tanfolyami tematikák és vizsgakérdések kidolgozására adott megbízást az MSZ EN 473-ban felsorolt valamennyi módszerre, valamint spektroszkópos, rezgéselemző, röntgen finomszerkezet vizsgáló, mechanikai anyagvizsgáló, metallográfiai anyagvizsgáló és hegesztő inspektor szakmákra.

A vizuális anyagvizsgáló 1...3 fokozatú képzés szakmai és vizsgáztatási követelményeit az OKJ 13-9-3193/19...21-07-9-0-01

I. táblázat. A roncsolásmentes anyagvizsgáló képzés rendje



* ERŐKAR Rt. Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző Laboratórium

sorszám alatt szerepelteti. A tanfolyamon oktatott tárgyakat, óraszámokat és az elsajátítandó műszereket a II. táblázat tartalmazza:

II. táblázat. A vizuális tanfolyamok szerkezete

	V1	V2	V2T	V3
Előfeltétel a belsokláshoz	Középfok 1 hónap gyak.	Középfok + V1 3 hónap gyak.	Középfok + V2 5 év gyakorlat	Felsőfokú végz. 8 hónap gyak.
Alap- ismeretek Fizika	20 4 4 6 8	20 4 4 4 8	4 4 2 2 4	70 8 8 8 16 16
Műszer igény	tolómérő mikrométer varratmérők lupe lükrök boreszkóp binokuláris mikroszkóp	V1 eszközei + fiberszkóp video-endoszkóp lézer interferométer	új típusú műszerek	varratmérők video-endoszkóp interferométer

Tehát napjaink feladata a kidolgozott tematikák alapján jegyzeteket írni, teszt-lapokat és vizsgakérdéseket összeállítani, a gyakorláshoz és a vizsgáztatáshoz kellő számú és minőségű hibás darabot előállítani, összegyűjteni. Csak ezután lehet minősíteni azokat az **oktató bázisokat**, amelyek rendelkeznek

- képzett személyzettel,
- szemléltető eszközökkel, tanteremmel,
- gyakorló mintadarabokkal,
- a szükséges fajtájú és darabszámú műszerrel,
- minősített vizsgáló laboratóriummal.

Értelemszerűen hasonló feltételek alapján lehet kiválasztani a **vizsgáztató helyeket** a gyakorlati (vizsgadarabok, műszerek, képesített oktatók) és az elméleti (vizsgakérdések, vizsgáztató személyzet) vizsgáztatáshoz.

Az MPV tanfolyamok kialakult gyakorlata eddig is megfelelt az MSZ EN 473 szabvány támasztotta tartalmi követelményeknek. A tananyag és a képesített anyagvizsgálók szak tudása európai mércével mérve is megfelelő. A vázolt tevékenység eredményeként létrejön a **vizsgacentrum-oktatóbázis-vizsgáztató hely** együttműködő szervezete, és az országban mindenhol azonos elvek szerint, azonos minőségben képezik és minősítik majd az anyagvizsgálókat. Ettől a folyamatból várható, hogy a tanfolyamok szervezésénél jelenleg tapasztalható ellentmondások is megszűnnek.

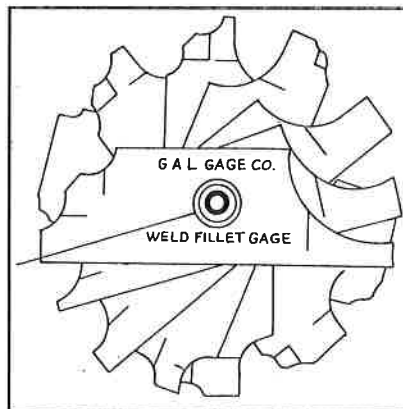
A szemrevételezés eszközei

A vizuális anyagvizsgáló munkaeszközei között pár olyan „jól ismert”, egyszerű mérő- és nagyítóeszköz is megtalálható, mint például az acél-mérőszalag, tolómérő, csavarmikrométer, szögmérő, tűkőr és lupé. Ezek közül a lupéra hívnánk fel a figyelmet. A párszoros nagyítású nagyító jelentősége nemcsak abban rejlik, hogy a látószöveget nagyítva a vizsgált felület részleteinek jobb felismerését teszi lehetővé. Legalább ennyire fontos, hogy a vizsgáló figyelmét a felület egy kis részletére koncentrálja.

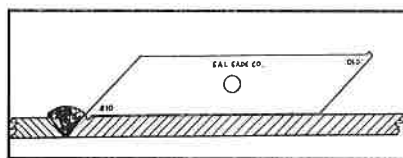
A vizuális vizsgálatok egyik fontos részterülete a hegesztési varratok szemrevételezése, a felületi hibák tételes, szakszerű és számszerű megadása. E területen eddig is alkalmaztak – többnyire háziilagos kivétel – varratmérő, ellenőrző eszközt. Időközben a külföldi irodalomban újabb mérőeszközök kerültek ismertetésre, amelyek készenléti táskák formájában hazánkban is beszerezhetők.

Az 1. ábrán látható sorozat varratméretek meghatározására szolgál. A 2. ábrán látható eszköz adott méretű vagy annál nagyobb szegélykioldadás, esetleg adott mélységű felületi hiba mérésére alkalmas.

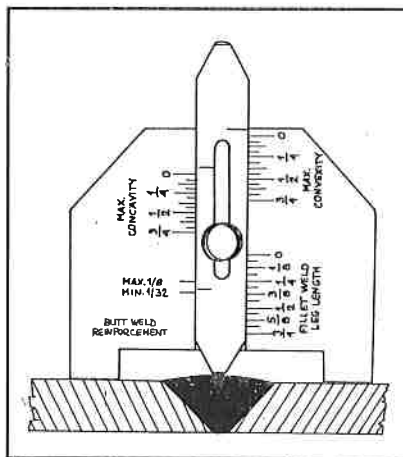
A 3. ábrán látható eszköz tompavarratok gyök- illetve koronamagasságát, illetve sarokvarratok magasságát hivatott megmérni.



1. ábra. Varratméret (keresztmetszet) ellenőrző



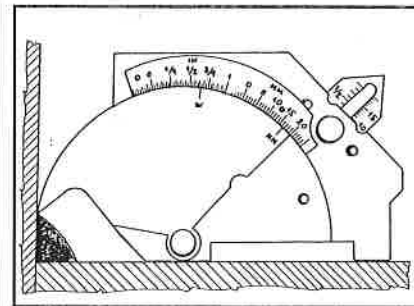
2. ábra. Szélbecézés ellenőrző



3. ábra. Általános varratalak mérő

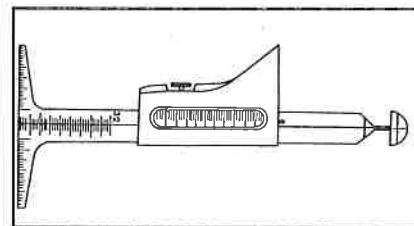
A 4. ábrán látható eszköz a baloldali csúcs segítségével magasságot, mélységet tud mérni. Az elforgó tárcsa baloldali belső élével leélezések szögét méri. A jobb felső sarokban

elhelyezett kihúzható mérce sarokvarratok magasságát méri.



4. ábra. Univerzális varratmérő

Az 5. ábrán bemutatott mérőeszköz az élleltolás és a leélezés kialakításának mérésére szolgál, de az utolsó három eszköz egyéb felületi és alakhibák méretének a meghatározására is alkalmazható.



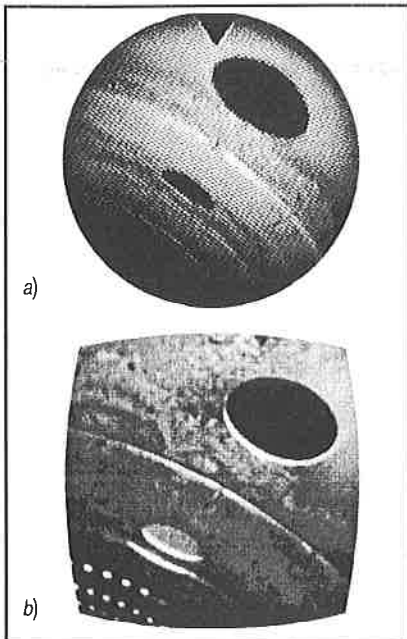
5. ábra. Élleltolás és élképzés mérő

Közvetlenül hozzá nem férhető felületek szemrevételezésének eszközei

A szűkre szabott karbantartási idő alatt sokszor nincs lehetőség a berendezések megbontására, mégis jó lenne tudni, milyen a belső terek állapota. Más esetekben a szerkezeti elemek kialakítása egyáltalán nem vagy csak jelentős idő- és költségráfordítás árán teszi lehetővé kritikus pontok szemrevételezését. Az ilyen közvetlenül meg nem tekinthető helyek vizuális megfigyelésére fejlesztették ki a különféle endoszkópokat.

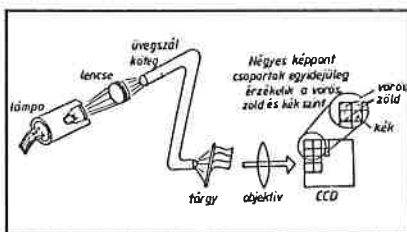
A merev boreszkópok és a hajlékony üveg-szál optikát tartalmazó fiberszkópok elég elterjedtek. A boreszkópok felhasználását korlátozza, hogy csak egyenes úton vezethetők a vizsgálat helyére. A fiberszkópok felbontásait meghatározza az alkalmazott kvarcüveg elemi szálak száma. Ezen túlmenően az üveg-szál optikák sérülékenyek, és 3 méter feletti hasznos hossz esetén igen drágák.

Az 1970-ben megjelent CCD képalkotó az endoszkópia új világát nyitotta meg, lehetővé téve a kis átmérőjű, nagy felbontóképességű, fényszegény (3–7 lux) környezetben is érzékeny szilárdtest képalkotók alkalmazását. A modern CCD képalkotó változtatható kioldási idővel (zásebesség), és mintegy 800 ezer képpontot jelentő felbontóképességgel rendelkezik. A CCD elem mindössze 8x7,75 mm nagyságú, a képpontok 513 sorban, soronként 818 oszlopban egy 6,4x4,8 mm-es felületen helyezkednek el. A nagyobb elemi képpontszám miatti finomabb, részletgazdagabb felbontást szemlélteti a 6. ábra.



6. ábra. Az üvegcsálóoptika (a) és a videoendoszkóp (b) felbontása

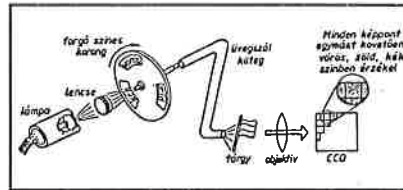
A „képpont” fotódiódát jelent, amelyen a ráeső fény intenzitásával arányos töltés jelenik meg, vagyis a CCD egyszínű képet állít elő. A színes kép létrehozását kétféle módon oldják meg. Az egyik esetben színes optikai rácst „helyeznek” a szilíciumlapka elé, amelyen (7. ábra) vörös (R) zöld (G), intenzitás (I), kék (B) pontnégyesek vannak, és ezek a négyes képpont csoportok egyidejűleg észlelik az alapszíneket. Tehát a CCD képpontjainak negyede-negyede egy-egy alapszínben látja a tárgyat, és ebből az egyidőben előálló 3+1 képből kell kikeverni a színes képet. A módszer előnye, hogy gyors, hátránya, hogy negyedére csökkenti a felbontóképességet. Ezt a képalkotási módszert alkalmazza az Olympus IV12D2-60 típusú ipari videoendoszkópja.



7. ábra. Egyidejű színes képalkotás

A másik módszer szerint egymás után világítjuk meg a tárgyat a három alapszínnel, és a vörös, zöld és kék (RGB) fényben időben egymás után felvett képeket egyesítjük egy színes képben (8. ábra). Míg az első módszer-nél a felbontóképesség rovására nagy zársebességű (1/1000 s) fényképezés érhető el, a második, úgynevezett mezőszekvenciális színes technikával a lehető legjobb felbontást produkálhatjuk, ezért cserében persze le kell mondanunk a gyorsan mozgó tárgyak megfigyeléséről. A Welch Allyn cég által gyártott VideoProbe 2000 videoendoszkóp is a mezőszekvenciális technikát alkalmazza. A

fényforrás és a fényvezető rendezetlen üvegcsáló köteg közé vörös, zöld és kék szín-szűrőkkel ellátott forgó tárcsát helyeznek. A tárcsa mozgása szinkronizálva van a képet megvilágító lámpával. A videoprocesszor memóriája tárolja a három egyszínű képet és a belőlük kikevert színes változatot.



8. ábra. A mezőszekvenciális színes képalkotás

A 6 méternél hosszabb szondáknál már jelentős a fényvesztés a rendezetlen üvegcsáló kötegben, ezért nem a mezőszekvenciális megvilágítást használják, hanem az endoszkóp fejrészén infravörös diódákat helyeznek el. Természetesen a monokromatikus megvilágítás esetén az endoszkóp fekete-fehér képet szolgáltat, de ezt szinte tetszőleges távolságból.

A VideoProbe 2000 videoendoszkóp sok tekintetben új lehetőséget nyújt a hagyományos vizuális felügyeleti rendszerekkel szemben. A merev boreszkópoknál hozzáférhetőség és megvilágítási fényigény tekintetében, az üvegcsáló-optikáknál felbontóképesség és élettartam tekintetében rendelkezik jobb paraméterekkel. A VideoProbe 2000 felbontóképessége 80 mm tárgytávolság esetén 0,5 mm, 40 mm tárgytávolság esetén 0,2 mm, míg 20 mm tárgytávolságnál 0,08 mm. A videoendoszkóp képét tv-képernyőn egyszerre többen is nézhetik, értékelhetik. A vizsgálat menetét videoszalagon lehet rögzíteni, a kívánt képek kimerevíthetők, polarizod képen vagy mágneslemezen tárolhatók.

Az összes optikai rendszer esetén igaz, hogy a képméret, vagyis a rendszer nagyítása a tárgytávolság függvénye. De az endoszkópos vizsgálat során éppen azt nem tudjuk, hogy milyen távolságra helyezkedik el az endoszkóp fejrésze a vizsgált felületről. Ezért mindig gond a „látott” hiba valódi méretének megadása.

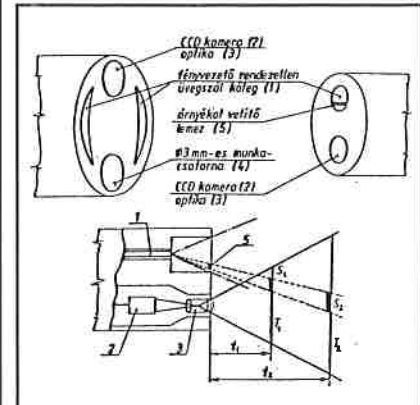
Árnyékszonda

Amint láttuk, a kereskedelmi forgalomban kapható képfeldolgozó rendszerek csak külső segítséggel, és többé-kevésbé korlátozottan alkalmasak mérésre. 1991-ben jelent meg az első olyan endoszkóp, amely referenciátárgy vagy sík alkalmazása nélkül határozza meg a vizsgált tárgy abszolút méretét.

A Welch Allyn által kifejlesztett ShadowProbe (árnyékszonda) fejrészén két ablak található (9. ábra). Az egyik a megvilágítást szolgálja, a másik ablak mögött a CCD kamera és optikája foglal helyet. A fényforrás előtt aszimmetrikusan helyezik el azt a fémszálat, amelynek árnyékát és a képmezőben elfoglalt helyzetét elemezve állapítja meg az AMS rendszer a vizsgált felület helyzetét (dőlését) és távolságát. A 9. ábrán látható, hogy

– merőleges síkhoz a képpoldallal párhuzamos árnyék, ferde síkhoz szöglet bezáró árnyék tartozik,
– különböző siktávolságok esetén az árnyék más és más arányban metszi a képmezőt.

A billentyűzeten egyszerű kurzor-műveletekkel kiválasztható a számunkra szükséges üzemmód, és a lefagyasztott képernyőn egymás után akár többféle mérés is elvégezhető. A ShadowProbe három különböző üzemmódban dolgozik.



9. ábra. A ShadowProbe működési elve

A DIST üzemmódban az optikai tengelyre merőleges síkon két pont lineáris távolságát tudja megmérni. A tárgytávolságot és a rendszer aktuális nagyítását (MAG) maga határozza meg. A vizsgált felületen kurzorkeresztekkel kijelölt két pont távolságát valós méretben kiírja.

A SKEW üzemmód ferde síkon való mérést tesz lehetővé. Az „árnyék”-nak a mért távolságra kell esnie, a mérendő szakasz két végpontját az árnyékon belül ugyancsak kurzorkeresztekkel kell kijelölni. A képernyőn kijelzésre kerül a nagyítás és a távolság valódi hossza.

A DPTH üzemmód az optikai tengelyre merőleges két (tehát egymással párhuzamos) sík távolságát méri meg. Az árnyék képében ilyenkor lépcső figyelhető meg. A lépcső két szélére állított kurzorkeresztek közötti mélységet megméri és kijelzi a rendszer.

A ShadowProbe a VideoProbe 2000 rendszerrel együtt használva az első, abszolút mérést megvalósító videoendoszkóp. Nagy a jelentősége a nehezen hozzáférhető, kis méretű hibákra is érzékeny berendezések (repülőgép-hajtómű, gázturbina, atomreaktor,...) vizsgálatánál.

Összegzés

A szemrevételezés igen szerteágazó, nagy gyakorlatot és szakismeretet feltételező ága a roncsolásmentes anyagvizsgálatoknak. Alkalmazási területeit tömören foglalja össze az American Society for Non-destructive Testing által 1993-ban kiadott, Paul McIntire és P. O. Moore által szerkesztett „Non-destructive Testing Handbook. vol. 8. Visual and Optical Testing” című kézikönyv.

Ultrahangos falvastagságmérés a többszörös visszhang módszerrel

Rózsa Sándor*

Bevezetés

Az ultrahangos vastagságmérés népszerű, hagyományos módja, amelynél az első visszavert visszhangot használjuk az időztetéshez (egyszeres mérési módszerként is ismert), nem mindig ad megbízható mérési eredményt az iparban leggyakrabban használt anyagokon. Ebben a cikkben az úgynevezett többszörös visszhang mérési elvet mutatom be, amely az egyszeres visszhang módszer hibáit kiküszöböli, a gyors, megbízható és pontos vastagságmérés hatékony eszköze lehet.

Egy kis módszertörténet

Az ultrahang használata fémek vastagságának mérésére, és a korrózió mértékének meghatározására az elv megjelenésétől kezdve jelen volt az iparban. Eredetileg a készülék egy egyszerű ultrahangos generátorból és egy katódsugárcsőből állt. A kijelzett eredmények nehezen értelmezhetők voltak, képzett kezelőkre volt szükség a mérés megbízható elvégzéséhez. A műszer nehéz volt, általában hálózatról működött. Ezt a műsért defektoszkópnak vagy A-Scan eszközként nevezték.

A tranzisztor fejlődése nem csak a készülék méretcsökkenését hozta magával, de a jobb hordozhatóságot is, mivel működtetésük kisebb teljesítményt igényeltek, kisebb akkumulátorokkal táplálva. A készülékek előfőys tulajdonságai megnövekedtek az ultrahangos mérések népszerűségét a roncsolásmentes anyagvizsgálatban. Mindazonáltal a kijelzés továbbra is analóg volt, és a készülék kezelése bonyolult maradt és igen magas szintű felkészültséget igényelt.

Felmerült az igény egy egyszerű vastagságmérésre digitális műszerrel, melynek eredményét gyorsan lehet használni és értelmezése is könnyű. Az első digitális falvastagságmérők még analog kijelzőt használtak, tehát kvázi digitális műszerek voltak. Az első valódi digitális mérő csak az 1970-es évek közepén jelent meg. Ennek oka az volt, hogy a tényleges digitális kijelző technika túl bonyolult és nehézkes volt az akkumulátoros műszerekhez.

A digitális ultrahangos falvastagságmérés igen gyorsan népszerűvé vált a készülékek alacsony ára, a könnyű alkalmazása, és kényelme miatt, meg azért, mert úgy tűnt, hogy nem kell képzett személyzet használatukhoz, mivel a „míszitikum” az eredmények értelmezéséből eltűnt.

Sajnos ez az utolsó feltételezés veszélyesen hibás volt és káros hatásokat eredményezett, melyek következtében számos cég teljesen betiltotta a digitális falstagságmérők használatát – még ma is vannak olyan cégek, melyek tiltják az egyszerűs visszhangot használó falstagságmérők alkalmazását.

A digitális falvastagságmérőt gyártók a technika fejlődését csak a módszer pontatlanságainak csökkentésére használják, mikropro-

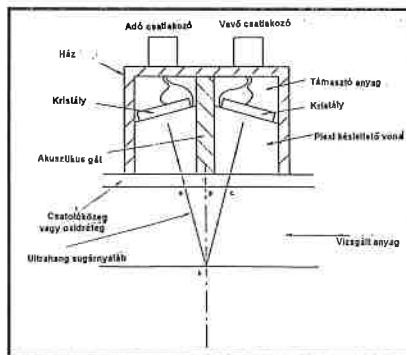
cesszorok vagy keresőtáblázatok alkalmazásával.

Az egyszerűes visszhang mérési módszer kizárja a biztonságos mérést minden olyan anyagon, amelyen bevonat van, vagy szemcsés felületű, vagy réteges zárványt tartalmaz (annak ellenére, hogy ez mechanikailag elfogadható anyag), vagy amikor a felület a korrózió miatt egyenetlen. Ezek a körülmények az iparban mindennaposak.

Ahhoz, hogy a többszörös visszhang elvével végzett mérés előnyeit bemutassuk, célszerű röviden áttekinteni a hagyományos egyszerűes visszhangban történő mérést. A bemutatáshoz a kétkristályos mérőfejet használjuk, mivel ez a leggyakrabban használt megoldás.

Egyszeres visszhang, kétkristályos mérőfej

A kétkristályos mérőfej felépítését az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

A kristályok általában egy tárcsából vannak kivágva, és egymáshoz tompaszögben vannak illesztve egy plexiüveg késleltetési vonalon, és akusztikusan gumival vagy parafával el vannak szigetelve. A kristályok mozgását egy támasztó anyag – tungstennel töltött epoxi, korlátozza. Az egyik oldal adóként, a másik vevőként működik. A villamos csatlakozást a kristály felületéhez forrasztott vastag huzalok biztosítják. A teljes szerelvényt általában recés műanyag vagy fémtokba helyezik, ahol a jelcsatlakozók alul vagy felül találhatók.

A piezoelektromos elven gerjesztett adóból kilépő ultrahang-energia impulzus a plexiüveg késleltető vonalon végighaladva a csatló közege át lép be a vizsgálandó anyagba. Haladási sebessége az anyag sűrűségétől és rugalmasságától függően néhány ezer méter másodpercenként. Az anyagba belépő ultrahang impulzus a hátfalról, a határfelület impedancia-különbségétől függően, nagy rész visszaverődik és a mérőfej vevőkristályába jut, bejárva a kristályok szöghelyzetének megfelelő V-alakú utat. A visszaérkező hangenergia impulzust az ún. hátfal visszhangot a vevőkristály piezoelektromos úton, a természetes

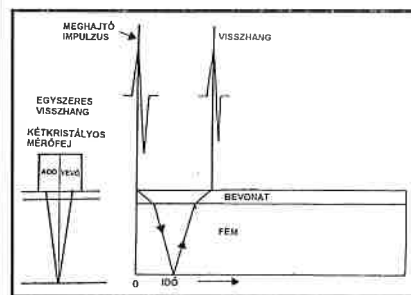
frekvenciájának megfelelő váltóáramú jellel alakítja. Az anyagba belépett hangenergia impulzus kisebbik része az anyagon belüli határfelületek között oda-vissza verődik amíg teljesen le nem csillapodik.

Ha a v terjedési sebesség és a visszhangok közötti t idő ismert, akkor a d anyag vastagság meghatározható a

$$d = v \cdot t$$

összefüggéssel.

Ha az első visszhang visszaérkezésének idejét mérjük, akkor az úgynevezett egyszeres visszhang mérési módszert alkalmazzuk (2. ábra).



2. ábra

A **hibaforrások** két alapvető előfordulása kiolvasható az 1-2. ábrákból.

Az egyik, amit V-hibának nevezünk, a kétkristályos mérőfej felépítéséből adódik. A tényleges hiba a kristályok egymással bezárt szögének és a vizsgált anyag tényleges vastagságának trigonometrikus függvényével fejezhető ki. Nyilvánvalóan, mivel a vastagság az amit meg kell határozni, a hiba matematikai kompenzálása ámbár lehetséges, azonban pontatlan, mivel az a-b vagy p-b távolságok egyikeként pontos meghatározásához a másik ismerete szükséges.

A második hibaforrás az egyszeres visszhang elv használatakor az a tény, hogy bármely anyag a mérőfej és az anyag felülete között hozzáadódik a hang útjához. A festékbevonat vagy a csatoló anyag vastagsága nyilvánvalóan ismeretlen és emiatt nem lehet automatikusan kompenzálni. Ezenfelül, nem lehet egyszerűen matematikai úton levonni egy ismert bevonatvastagságot a kapott eredményből, mivel a bevonat tényleges hatása az ultrahang terjedési sebességétől függ, ami lehet akár az acélban mért sebesség egynegyede is, így a teljes eredményben a bevonat vastagságának négyszeres is szerepelhet.

A műszergyártók általában ezért javasolják a bevonat eltávolítását a mérés előtt. Ennek azonban esetenként akadályai is lehetnek (pl. zománc, ráégetett festék, műgyanta bázisú festékek esetén), vagy a mérés után a bevonatot helyre kell állítani, ami idő- és költségigényes művelet.

További hibaforrás az ún. nullpont hiba. Ez a plexiüveg késleltetési vonal kopásából adódik, ami ténylegesen megváltoztatja a

* Uniford BT.

mérőfej nullpontját. Ez az ultrahang kilépési pontja a mérőfej felületén. Mivel az energia áthaladási idejét a mérőfej felületén figyelembe kell venni (mind az adási mind a vételi úton), ezt le kell vonni a mért időből. Ha ez a kopással változik, a műszert rendszeresen újra kell nullázni. Ez a hiba ugyan teljes mértékben kompenzálható, de a gyakori kompenzálás nem igazán praktikus, és a gyakorlatban elmaradhat.

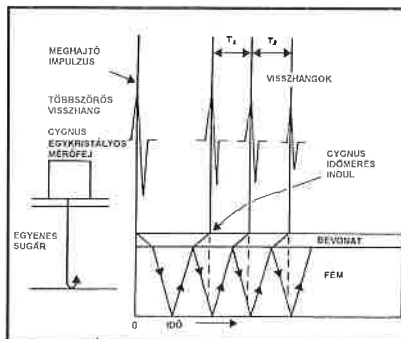
Az egyszeres visszhang elvén mérő két-kristályos mérőfejes falvastagságmérőkben ezekre a hibákra kifinomult elektronikus kompenzációt használnak. Ez akár automatikusan, akár kezelőszervén keresztül történik, mégis mindegyike ki van téve a hibának.

Látható, hogy képzetlen személyek kezében az egyszeres visszhanggal működő műszer alkalmazása kérdéses, és ez a mérésekkel kapcsolatos kétélyekhez vezethet. Ez az oka annak, hogy az ultrahanghoz értő cégek nem igazán szeretik az egyszeres visszhanggal működő műszereket, és ugyanakkor ez a digitális falvastagságmérők iránti bizalmatlanság oka is.

A többszörös visszhang mérési módszer

A többszörös visszhang mérési módszer elvét a 3. ábra szemlélteti, amelyen az egykristályos mérőfejjel, többszörös visszhangjának idődiagramja is látható. Mivel a mérés nem az első visszaért visszhang felhasználásával történik, látható, hogy amint a visszhangok visszaérnek a mérőfejre, a köztük

tűk eltelt idő éppen annyi, amennyire az ultrahangnak szüksége van az anyagon való áthaladáshoz. (Ez valójában a vastagság kétszereséhez tartozó idő, mivel az energia nyilvánvalóan oda-vissza halad.) Tehát bármely két egymást követő hátfal visszhangot használva, megkaphatjuk az anyag vastagságát, a bevonat nélkül. Ha a mérés három egymást követő visszhangra végezzük el a módszert többszörös visszhang módszernek nevezzük.



3. ábra

Ezt a módszert használták eredetileg a defektoszkópokban is. Ezt még ma is használják, olyan helyeken, ahol a digitális műszerek használata nem engedélyezett, vagy nem működnek (nagyon erős korrózió vagy csillapítás).

Az egyszeres visszhanggal történő mérés összehasonlítva, nyilvánvalóvá válnak a következő **előnyök**:

– Mivel az ultrahang az anyagra merőlegesen hatol be a vizsgált anyagba, és érkezik

vissza abból, az előzőleg említett V-hiba nem jön létre, így kompenzálása sem szükséges.

– A bevonat vastagsága az eredményben nem szerepel, emiatt megtakarítható a felület alapos lecsiszolása és a későbbi újrafestés vagy felhordás.

– Mivel a kristály a mérőfej felületéhez közel helyezkedik el, nincs plexi késleltető vonal, így a nullponthiba sem létezik.

Az előzőleg említett hibák nélküli műszerhez nincs szükség kifinomult elektronikus kompenzációra, sem azok kezelőszerveire, így a műszert megbízhatóan használhatja különleges kiképzés nélkül is a személyzet.

A többszörös visszhangos mérések pontos és megbízható eredményt biztosítanak, de vannak itt is **hátráltató tényezők**.

– Mivel a műszernek három egymást követő visszhangra van szüksége, az anyag és a visszaverő felület csillapítása és alakja a mérhetőséget befolyásolja.

– A mérőfej felületével nem párhuzamos mérőfelület azt eredményezi, hogy a hang a mérőfejtől távolra sugárzódik vissza – így nem lesz mérés. Erre gyakorlati példa az I-gerenda.

– Egy erősen csillapító anyag lehet hogy nem ad három visszhangot – megint csak nem lehetséges a mérés. Erre gyakorlati példa az öntöttvas és a műanyagok.

Bármilyen ultrahangos műszer használatára vannak korlátozások, ennek forrásai elsősorban az anyag fizikai jellemzői vagy geometriája. Ennek a két paraméternek figyelembe vétele alapvető annak megértéséhez, hogy a műszer esetleg miért nem mér.

CYGNUS INSTRUMENTS LTD

**TÖBBSZÖRÖS VISSZHANG ELVÉN MÉRŐ ULTRAHANGOS FALVASTAGSÁGMÉRŐK
NORMÁL, ROBBANÁSBIZTOS ÉS VÍZÁLLÓ, VALAMINT
ADATTÁROLÓVAL EGYBEÉPÍTETT KIVITELBEN IS**



Kizárólagos magyarországi forgalmazó:

GENSET Kft.

9700 Szombathely, Zanati út 4.

Telefon/fax: 06-94/329-569 • Mobil: 06-20-428-545



Műszaki kereskedelmi képviselő:

UNIFORD Bt. • Rózsa Sándor ügyvezető

2040 Budaörs, Szabadság út 140/2.

Tel.: 153-6244, 06-60/348-000; Fax: 153-6244

Ultrahangos falvastagságmérés gyakorlata a Mol Rt. Tiszai Finomítóban

Fábián Pál*

A csővezetékek, berendezések különböző mértékben vannak kitéve korróziós, eróziós, vagy mechanikai koptató hatásnak. E hatás nyommonkötésére szolgál a rendszeres, ütemezett falvastagság-ellenőrzés. A rendszeres ultrahangos falvastagságmérésekkel az elhasználódások, és a korróziós károsodások időben felismerhetők, így a csővezetékek cseréje előre tervezhető, a szükséges anyagok beszerzésére is elegendő idő áll rendelkezésre.

A Mol Rt. Tiszai Finomítóban 1986 óta történik rendszeres, ütemezett falvastagságmérés. A legfrekvenciáltabb terület a technológiai kombinált üzem, ezért az ott lévő csővezetékek ütemezett falvastagságméréséhez első lépésként el kellett készíteni a csővezetékek izometria rajzait. A 450 db izometria rajz elkészülte után kijelölésre kerültek a csővezetéseken a mérési helyek (1. ábra). A mérési helyek száma egy izometrián 4–12 között változik. Egy mérési helyen négy pontban

gőz, hogy milyen anyagot szállít, mennyire fontos üzemelési szempontból, milyenek a szállított közeg paraméterei (hőmérséklet, nyomás stb.).

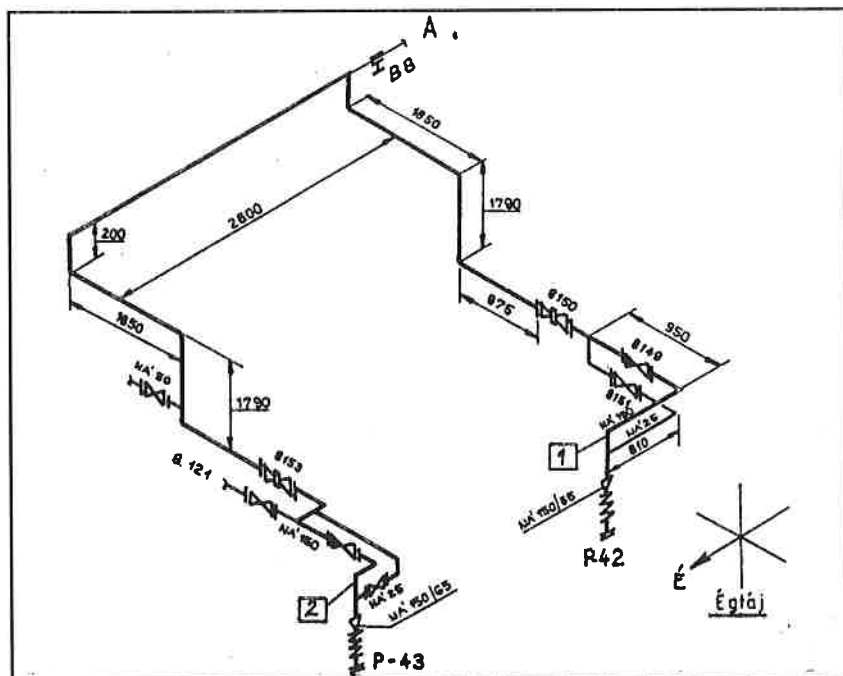
Minden év elején kigyűjtjük az aktuális mérendő csővezetékek izometria rajzát, és amikor az üzemvitel engedi, elvégezzük a méréseket.

A méréshez az optimális létszám három fő. Egy fő az izometria rajzok alapján mutatja a mérőhelyeket, egy fő előkészíti a felületet és felviszi a csatló közegét, és egy fő végzi a mérést.

1991-ben vásároltunk egy DME DL ultrahangos falvastagságmérő műszert, így azóta a mért adatokat tárolni tudjuk, nem kell azt manuálisan irogatni. A mérési eredmények tárolása a következőképpen történik: a DME DL-ben az adattárak (file) számát 50-re választottuk, ami azt jelenti, hogy egy file-ba 24 pont fér bele, azaz 6 mérési hely. Így egy izometria rajz mérési eredményei 1 vagy 2 file-ba bele férnek. Méréskor a helyszínen az izometria

ba rögzítjük. Így a mérőhely utólag is azonosítható a mérési eredménnyel.

A mérés végzetével a műszert összekapcsoljuk a számítógéppel, és a mérési eredményeket a Testor BT.-től vásárolt programba áttöltjük. Ezzel a programmal elkészítjük a mérési jegyzőkönyvet, amit megküldünk az illetékeseknek. A jegyzőkönyv tartalmazza a mérési eredményeket, és a javaslatunkat (2. ábra). A mérési eredmények további feldolgo-



1. ábra

mérünk; a függőleges egyenes csővezetékek-nél négy oldalon, a vízszintes egyenes csővezetékeknél alul, felül és két oldalt, acélcsővénél a külső íven négy ponton.

Megállapítottuk a csővezetékek mérési ciklus idejét, mely lehet 1, 2 vagy 3 év, attól füg-

rajzra ráírjuk a file számát, azonosítás végett. Az adott izometria rajzhoz tartozó file-ba a mérési helyek számának megfelelően sorba rögzítjük a mérési eredményeket a műszerben. Tehát az egyes mérőhely eredményeit az adott file 1, 2, 3, 4 pontjába, a kettes mérőhely eredményeit az 5, 6, 7, 8 pontjába... a hatos mérőhely eredményeit a 21, 22, 23, 24 pontjába

MOL Rt. Tiszai Finomító 3901 Tiszaiújváros P. 1. 27. Műszaki Főosztály Műszaki Diagnosztika és Tervezés Iroda	
DME DL falvastagságmérési jegyzőkönyv - MB 2024 -	
VIZSGALATI ADATOK	
VIZSGALATI SZÁM :	30/99
BEREND. TECH. JELE :	11.12.11.vsz.
VIZSGALAT IDEJE :	1999.06.06. 09:01
VIZSGALAT HELYE :	Kombinált üzemgőz.
VIZSGALAT TÁRGYA :	11.12.11.vsz.181.falvastagság mérése.
VIZSGALÓ NEVE :	Pogonyi S. Lengyel D. Fábián P.
KÉSZÜLM. 48 V.FEZ :	DME DL DA 501
ANYAGMINŐSÉG :	A33K
TERVEZÉSI INTÉ. MÉRTE :	4054.0mm
ÖZEMI HŐM. NYOMÁS :	45°C 0.1bar.
MÉR. ÉRTÉK mm	
0001	2.50
0002	2.10
0003	2.10
0004	2.80
0005	2.70
0006	2.90
0007	2.60
0008	2.40
0009	2.30
0010	2.60
0011	2.60
0012	2.70
0013	2.50
0014	2.30
0015	2.40
0016	2.10

A mérési rajz szerinti a vezetékek cseréje javasolt.

2. ábra

zására írtunk egy programot, amibe az előző programból át lehet vinni a mérési eredményeket.

A program funkciói:

- tárolja a csővezetékek főbb adatait;
- tárolja a mérési eredményeket, melyek csővezetékneként kiírhatók nyomtatóra, vagy képernyőre, mégpedig egy vezetékek az utolsó 7 évi mérési eredményei kerülnek megjelenítésre mérési helyenként bontva;
- rendezés a vezetékkód alapján nagyság, illetve betűrend szerint;
- elhasználódási trend meghatározása:

- megadja a tárolt vezetékekre a program által számolt várható elhasználódás évét, a mért helyek közül a kritikus helyet, valamint az erre a helyre számolt fogyási sebességet,
- képernyőre vagy nyomtatóra kiírható a kért évben várhatóan cserélendő vezetékek listája.

Ez a mérési rendszer ugyanígy alkalmazható a tartály fenék-, palást- és tetőlemezének falvastagságmérésénél is.

* diagnosztikai főelőadó

Beszámoló a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumról

Fücsök Ferenc – Pintér László – Tarnai György

Mint az Anyagvizsgálók Lapja előző számából az olvasók számára kiderült, idén május 9–12. között rendezte meg a Gépipari Tudományos Egyesület a IX. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumot. Az azonban már csak a szakmát régóta művelők előtt ismeretes, hogy pontosan 20 évvel ezelőtt, Győrben volt az első, akkor még nem sorszámozott, roncsolásmentes anyagvizsgáló és mérési szeminárium. A 20 éves évfordulót talán azért nem említettük a rendezvényen, mert a decimálisan gondolkodó rendezők a kilencedik szemináriumot nem akarták fordulópontnak hangsúlyozni.

A kétvétenként rendezett szemináriumok között kettő volt amit, a nagyobb nemzetközi rendezvények iránti tiszteletből egy évvel elhalasztottunk. Így a X. szeminárium 1997. márciusában lesz megrendezve, terveink szerint külföldi résztvevőkkel.

Aszemináriumot dr. Rittinger János, a GTE elnöke nyitotta meg, méltatva a roncsolásmentes anyagvizsgálatok és a vizsgáló személyzet jelentőségét. A rövid nyitó ünnepség után plenáris előadásokon a vizsgálatok általános helyzetéről kapott tájékoztatást a nagyszámú hallgatóság. Dr. Rittinger János az építmények (hidak, acélszerkezetű házak, emelőberendezések stb.) vizsgálatának újszerű problémáival foglalkozott. Dr. Konkoly Tibor a roncsolásmentes szakemberképzés harmonizációjának problémáiról és a jövő lehetőségeiről adott tájékoztatást. Véleménye szerint az EN 473 elismerése és szabványba iktatása csak az első lépés azon a hosszú úton, aminek akkor lesz vége, ha a magyar szakemberek mindenfajta bizonyítványát elismerik Európában.

Az elmúlt év őszén Nizzában rendezett 6. európai roncsolásmentes kongresszusról, az egyes szakterületek újdonságairól részletekbe menő ismertetést Fücsök Ferenc tartott. A szeminárium fő szponzora, az AGFA szakmai újdonságairól Lennartz úr tartott előadást, ami az általános témák mellett egy részterületre adott bepillantást.

A második és harmadik nap délelőttjén a hazai fejlesztések eredményeiről számoltak be a szerzők. Az előadások részletes ismertetésétől itt most eltekintünk, mivel azok az Anyagvizsgálók Lapja előző számában megjelentek.

A figyelemes hallgatóság számára kiderült, hogy a világban lejártszódó tendenciák ezen a szemináriumon is megmutatkoztak. Nevezetesen, általános törekvés volt tapasztalható a számítógépes jel- és adatfeldolgozás előnyeinek érvényesítésére valamennyi vizsgálati eljárásnál. Továbbá, az ultrahangos vizsgálat módszereiről és eszközeiről szolt a legtöbb előadás – elsősorban a Paksi Atomerőmű Rt. és az Erőkar Rt. anyagvizsgálóinak tolmácsolásában –, és ez volt a témája egy kerekasztal-megbeszélésnek is. Több, egymásra épülő előadásból átfogó képet kaphattak a résztvevők az atomerőművi reaktortartály gépi ultrahangos vizsgálatának új, a PA Rt. anyagvizsgálóinak aktív közreműködésével, külföldi és hazai szakértők bevonásával továbbfejlesztett, TriAs elnevezésű rendszerének felépítéséről és alkalmazásának kétéves tapasztalatairól.

Az örvényáramos módszer vizsgálati alkalmazása – elsősorban az AGMI Rt. munkatársainak előadásában – csökköteges hőcserélők, menetes furatok ellenőrzéséhez, felületi rétegek vastagságának méréséhez ugyancsak jelentős teret kapott.

A módszerek kombinált alkalmazására a tárolótartályok és föld alatti csővezetékek állapotellenőrzéséről szóló előadások nyújtottak hasznos tapasztalatokat. Érdekes volt megfigyelni, hogy a tárolótartályokról szóló 11/1994 sz. IKM rendelet megjelenése milyen szakmai pezsgést idézett elő.

A világban lejártszódó tendenciák ezen a szemináriumon abban is jelentkeztek, hogy a radiológiai témák száma csökken. Ennek ellenére az újdonság erejével hatott, és sok érdeklődőt vonzott a Sauerwein cég beszámolója a szelén-75 radioaktív izotóp alkalmazásáról.

Dr. Jung József az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat képviselőjében a sugárvédelem aktuális problémáiról tartott előadást. Többek között bemutatta azt is, hogy a sugárvédelmi szempontból nyilvántartott radiológusok száma milyen sajnálatos mértékben csökkent az elmúlt években.

A második nap délutánján két kerekasztal-beszélgetés volt a programban. Az első a vizsgálatlaboratóriumok, a tanúsító és ellenőrző szervezetek hazai akkreditálásának helyzete volt a téma. A megbeszélés vitavezetője Pintér László, a GTE Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Szakosztály titkára volt.

A vitaindító, egyben tájékoztató előadást a Magyar Szabványügyi Hivatal képviselőjében dr. Ring Rózsa tartotta. Bevezetőjében áttekintést adott az 1988-ban, az Egységes Magyar Minőség tanúsítási Rendszer-el (MSZ-rendszer) megkezdett vizsgálatlaboratórium akkreditálásról, kitérve a jog, és eljárási szabályozás helyzetére. Az előadás érintette a 42/1994. (III. 25.) Kormányrendelet hatálybalépését követően továbbfejlesztett tevékenységet is. Az MSZ EN 45000 sorozat szabványkiadványai alapján a Magyar Akkreditáló Testület (Hunat) létrehozása és működtetése, valamint Magyarország képviselője a nemzetközi és európai akkreditáláshoz kapcsolódó szervezetekben is az MSZH feladata.

Az akkreditálást az egységesség biztosítása érdekében az MSZH a vonatkozó szabványok alapján (MSZ EN 45000 sorozat) és a kidolgozott eljárási szabályok szerint folytatja. Az eljárási szabályokat a vizsgálatlaboratóriumokra az AR-01, AR-03, AR-05, AR-06, AR-07, AR-08, AR-13, a tanúsító szervezetekre az AR-02, AR-04, AR-05, AR-06, AR-07, AR-08, AR-13 dokumentumok rögzítik, amelyek egységességben – az MSZH Szabványboltban beszerezhetőek. A Magyar Akkreditáló Testület működésére vonatkozó szabályok 1995. február 1-től érvényesek.

Az előadó röviden ismertette a laboratóriumok, a tanúsító és az ellenőrző szervezetek akkreditálásáról szóló 1995. évi XXIX. törvény rendelkezéseit és a hatálybalépését követően felmerülő, a Nemzeti Akkreditáló Testület, az Akkreditálási Tanács, a szakmai akkreditáló bizottságok létrehozásával kapcsolatos feladatokat.*

A közel egyórás bevezető után a hozzászólások elsősorban az akkreditálás gyakorlati lefolytatását érintették az eljárás egyszerűsítése érdekében. Külön felvetették a hatósági vizsgálatot végző laboratóriumokra a hatóság általi kijelöléssel kapcsolatos követelményeket.

A második kerekasztal Tarnai György vezetésével, az ultrahangos vizsgálatok felhasználóbarát eszközeivel foglalkozott.

A téma kitűzése úgy látszik hasznos volt, mert mintegy 50 érdeklődő vett részt a megbeszélésen. A programot Vogt úr előadásával kezdtük el, aki a délelőtti előadását, amelyben cége termékeit és célkitűzéseit általános jelleggel mutatta be, a ScanMaster rendszer részletes jellemzésével egészítette ki.

A ScanMaster egy olyan szoftver csomag, amely a FlexiTrak kézi szkennelről és az UPI-50 ultrahangos berendezéssel együtt vizsgálatrendszerként alkalmazható. A rendszer felépítése, flexibilitása és bővíthetőségei (pl. kombinálható az örvényáramos eljárással is) jellemzően felhasználóbarát filozófiát mutatnak. Az ismertetést sok kérdés követte, amelyek a műszaki lehetőségek mellett, a beszerzési paraméterek megismerésére is irányultak.

A bemutató hasznosságát emelte, hogy a cég szakszerű tájékoztatást adott termékeinek egy olyan területéről, amely az ultrahangos módszer, tágabb értelemben véve, a roncsolásmentes anyagvizsgálat alkalmazásának egyik jelentős fejlődési irányába tartozik. A kiegészítő elemek (pl.: szkennel, szoftver) fejlesztése, az alapberendezések, eszközök korszerűsítése mellett, jelentősen javíthatja az eljárások – műszaki és gazdasági szempontból fontos – alkalmazhatóságát. Ezért kívántuk a rendezvény lehetőségeit kihasználva keresni azokat a partnereket, akik ezt az igényt felismerve, a hazai fejlesztésekben részt tudnak venni.

Ezt követően más cégek képviselői is hozzászóltek a témához. Sajnos a hozzászólások kevesebb műszaki elemet tartalmaztak a kívánatosnál. Elmaradt viszont – szervezési nehézségekre való hivatkozás-

* Időközben megalakult a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT), illetve a Nemzeti Akkreditálási Testület (NAT). (Lásd lapunk 108. oldalán.)

sai –, néhány olyan ismertetés, amely az előzetes megállapodás alapján meg volt hirdetve. Így is a vitát, a beszélgetést csak a vacsora kezdete miatt szakítottuk félbe.

A következő nap délutánján poszterelődásokat rendeztünk, melyeket két bemutató színesített. Az Erőkar Rt. a turbinalapátok számítógéppel támogatott ultrahangos vizsgálatát, a Gázművek Rt. pedig a radiográfiai felvételek számítógépes értékelését mutatta be. Az érdeklődők nagy élvezettel próbálták ki mindkét berendezést.

A szemináriumon, a szokásoknak megfelelően, kétnapos szakmai kiállítás is segítette a résztvevők tájékozódását az új eszközökben. A legnagyobb és legszebb kiállítási területet a szeminárium fő sponzora, az AGFA-Gevaert cég rendezte be. Kiállított még a Grimas Kft., a KBF Unió Kft., a KE-TECH Bt., a Panametrics, a Reform Szövetkezet és a Testor Bt., képviselve az összes, jelentős roncsolásmentes anyagvizsgáló készüléket és anyagot gyártó hazai és külföldi vállalkozásokat. A szeminárium résztvevői teljes áttekintést kaphattak az európai kínálatból és ízelítőt az amerikai technológiából.

A szeminárium zárása előtt, az utolsó program a „Roncsolásmentes anyagvizsgálók oktatása, képzése az MSZ EN 473 tükrében” című kerekasztal beszélgetés volt. A megbeszélést dr. Szabó Béla, a Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés (MHE) igazgatója vezette, és részt vett rajta Soós László okl. villamosmérnök, az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium Oktatási Osztálya képviseletében, valamint az utolsó napon szokatlanul nagyszámú, több mint 40 fő érdeklődő.

Dr. Szabó Béla elmondta, hogy a MHE megpályázta és megkapta a roncsolásmentes vizsgálók vizsgacentrumának működtetési feladatait. Véleménye szerint a feladatra azért alkalmas a MHE, mert ugyanilyen feladatokat lát el a hegesztőképzés területén, ami lényegesen nagyobb feladat. Az Egyesülés nem akar sem tanfolyamokat szervezni, sem az akkreditációs feladatokat ellátni, mert ez ellenkezik az európai normákkal, többek között az EN 473 szabvánnyal is. Az MHE ebbe az ügybe jelentős mennyiségű pénzt fektet be, amikor finanszírozza a tematikák elkészítését és tudja, hogy a vizsgadíjakból sokára kapja ezt vissza.

Kérdésre válaszolva dr. Szabó Béla elmondta, hogy a hegesztők képzéséhez hasonlóan, az Egyesülés kidolgoztatja az oktatóhelyekkel szembeni követelményeket és ezt szakértőivel ellenőriztetni is fogja.

Soós László úr kijelentette: az IKM örül, hogy jó helyen van a vizsgacentrum és gondosan kezelik a dokumentációt. Megígérte, hogy a Minisztérium lehetőségeihez képest támogatja a roncsolásmentes szakma európai elismertetésének és akkreditálásának folyamatát.

Dr. Rittinger János, a GTE elnöke elmondta, hogy a vizsgacentrum feladatainak maradéktalan ellátása esetén az MHE nagy szolgálatot tesz a roncsolásmentes vizsgálók szakmai rangjának növeléséért és európai elismeréséért. Ezért köszönetét fejezte ki.

Dr. Konkoly Tibor felhívta a figyelmet arra, hogy a nemzetközi érvényű bizonyítványok rangjához az is hozzátartozik, ha aláírója nemzetközileg is elismert szaktekinél.

Több hozzászóló részletes javaslatokat tett, amelyeknek közös célja az elért eredmények megőrzése, a szakmai rang devalválásának megakadályozása volt.

A megbeszélésen részt vett és a végén felszólalt a szeminárium két külföldi vendége is. Obráz úr, a Cseh Roncsolásmentes Szövetség elnöke elmondta, hogy náluk is hasonlóak a problémák és épp most sikerült megoldaniuk az akkreditáció problémáját. Létrehozta egy ezzel foglalkozó egyesületet, amelyhez jelentős anyagiakkal járultak hozzá az érdekelte iparvállalatok. Javasolta a példa követését és a közeli kapcsolatot tartást, hogy egységesen tárgyaljunk a nyugati akkreditációs szervezetekkel, valamint együtt vegyünk részt a német BAM anyagvizsgáló intézet által kezdeményezett és régióink akkreditációs feladatainak megoldását támogató AMOS-programban.

Markucic úr, a Horvát Roncsolásmentes Szövetség képviseletében elmondta, hogy hasonló megoldáson dolgoznak, mint a csehországi megoldás, és ő is szorgalmazta az együttműködést.

A szeminárium bezárása alkalmából dr. Rittinger János megköszönte a szervezők és résztvevők munkáját. Kért mindenkit, hogy az eddigieknél többet tegyen a roncsolásmentes anyagvizsgáló szakma megőrzéséért, mert felkészült vizsgálók nélkül a vevők kiszolgáltatottjai lesznek a kétes minőségű termékeknek és szolgáltatásoknak.

Az utolsó napon is kitartó nagyszámú résztvevő azzal búcsúzott a kellemes körülményeket nyújtó Hotel Florától, hogy hamarosan találkozunk, 1997. márciusában, a X. roncsolásmentes anyagvizsgáló szemináriumon.

Kötelező alkalmazású szabványok

Az ipari és kereskedelmi miniszter 45/1995. (IX. 21.) IKM rendelete módosította az egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (XI. 8.) IKM rendeletet. A szakterületünket érintő néhány fontos változásra az alábbiakban hívjuk fel Olvasóink figyelmét.

A kötelező alkalmazású szabványok közé kerültek, többek között:

MSZ EN 473:1994 – Roncsolásmentes anyagvizsgálókat végzők minősítése és minősítés-tanúsítása

MSZ EN 19:1994 – Az ipari szerelvények megjelölése
A Hőerőművek víz- és gőzrendszerének kémiai vizsgálata főcímű szabványok, mégpedig az MSZ 12660-1:1977, a -21, -22, -23:1978, a -27:1979, a -28:1980, a -30:1978 és a -31:1979 számúak.

Törölték a kötelező alkalmazású szabványok közül, többek között:

MSZ-05-33.3036:1980 – Gázpalackacél. Minőség. Követelmények.

MSZ 25200:1986 – Csővezetékek ipari szerelvényeinek jelölése.

MSZ-09-10.0270:1984 – Önműködő gázelemzők szénbányák részére. Általános műszaki követelmények.

Érdemes figyelmesen átnézni a változásokat!

RÖNTGEN-KÉSZÜLÉKEK

sötétkamrai, filmkiértékelő és sugárvédelmi eszközök

FUJI IPARI RTG-FILM

Az Ön partnere az anyagvizsgálatban

GRIMAS® IPARI KERESKEDELEM

Tel.: 277-4470

Fax: 276-0557

VÁLASZ

Dr. Berke Péter és Dr. Michelberger Pál hozzászólásra

A Szerkezetek integritása, Ronscsolásmentes vizsgálatok megbízhatósága című közleményemre írt hozzászólás (*Anyagvizsgálók Lapja* 1995/2. p.94) pusztán észrevétele is nagy örömmre szolgált. Úgy hiszem mindnyájan hasonlóan éreznénk, hisz e tény már önmagában is azt jelenti, hogy a közlemények nem íródnak hiába, azt egyrészt olvassák, másrészt a gondolatokat értékelik, kiegészítik, avagy vitatkoznak azok helytállóságával. Ezen üdvözlendő szemléletmód az, amely véleményem szerint előbbre viheti szakmai életünket, amely megpezsdítheti a „beosztás” tekintélyelv alapján kialakult szakmai kapcsolatrendszert.

A Hozzászólás-ban kiemelten két gondolatkört érintenek: úgymint az **oktatási** és alapvetően a járműparhoz kapcsolódó **szakmai** kérdéseket.

Ami a szerkezetek üzemeltethetőségi feltételeinek – a **szerkezet integritásának** – megítéléséhez kapcsolódó **oktatást** illeti, jelentőségét nem lehet túlhangsúlyozni – magam is 26 évet töltöttem eddig e pályán. Öröm számomra, hogy egyformán gondolkozunk. Hogy mennyire, annak érzékeltetésére álljanak itt a következő tények:

1. Az oktatás korszerűsítéséhez kapcsolódóan ez évben beadott MKM pályázatom szakmai célja, indoklása:

„A hazai nagyberuházások, létesítmények (vegyipari-, olaj- és gázipari-, bányászati szerkezetek, üzemcsarnokok, csővezetékek, nyomástartó rendszerek, erőművek számottevő része, azok gépészeti egységei stb.) telepítésének döntő hányada hazánk történelmének jól meghatározott periódusára, az 1950-es évekre koncentrálódott. Ezek további üzemeltethetősége (amely a „lebontani – avagy meghatározott feltételek mellett továbbra is üzemben tartható” kérdés eldöntésében csúcsosodik ki) csakis komplex ismeretek birtokában ítéltető meg korrekt módon. Ez a **klasszikus** gépészmérnöki, közgazdaságtudományi, környezetvédelmi és jogi **képésben oktatott tudásanyag valamilyen arányának bázisán realizálható**. Teljesen analóg módon kell gondolkodni új létesítmények telepítése során is. Az említett négy tudományterület szakembereinek bevonásával készített, mintegy 50 főre kiterjedő felmérés eredménye szerint arra a kérdésre, hogy „**megítélése szerint milyen ismereteket, és milyen arányban követelne meg egy szakembertől annak eldöntésére, hogy egy nagy átmérőjű olajvezeték, egy vegyipari üzem, erőmű stb. gépészeti berendezései a tervezési időt meghaladóan is üzemeltethetők-e tovább, ha igen milyen feltételek mellett?**” a következő válaszok születtek:

– gépészmérnöki ismeretek	50±8%
– közgazdaságtudományi ismeretek	19±5%,
– környezetvédelmi ismeretek	16±4%, és
– jogi ismeretek	15±7%.

Az egyes tudományterületek szerepét illetően a klasszikus

– **gépészmérnöki tudományoknak** választ kell adni azokra a kérdésekre, hogy a rendszer adott állapota milyen diagnosztikai vizsgálatokkal mérhető fel, az üzemeltetés során a felhasznált anyagokban milyen károsodás következett be, milyen volt a terhelésük, ez milyen mértékben használta ki a beépített anyagokban rejlő lehetőségeket,

– a **közgazdaságtudományra** alapozottan, annak elméleti és gyakorlati módszereinek ismeretében mérlegelni kell az üzemeltethetőség-lebontás (megszüntetés) döntés általános gazdasági kihatását,

– a **jogi** szabályozásra alapozottan a döntések jogi következményeit,

– a **környezetvédelmi** ismeretek birtokában el kell tudni végezni egy esetleges meghibásodás által előidéztet „környezeti hatás elemzését”, amely magába foglalja a lehetséges károsodások körének felmérését és a regeneráció módjaitól való kidolgozását.

A tervezett kutatási program célja az előzőekben részletezett tudományterületek szakembereinek bevonásával a következő feladatok megoldása:

- az adott tudományterületek keretében oktatandó ismeretanyag összeállítása, kiválasztása,
- e területekhez kapcsolódó nemzetközi tapasztalatok összegyűjtése,
- egy posztgraduális képzés tantervének elkészítése annak

figyelembevételével, hogy ez mennyiben realizálható egyrészt a távoktatási módszerek, másrészt a kreditpont-rendszer bevezetésével, (az elnyújtott képzési lehetőség biztosításával),

- egy graduális szintű képzés tantervének elkészítésével,
- a kidolgozott tantervek idegen nyelven (döntően angol és német) való realizálás lehetőségeinek felmérése (alapvetően a SOCRATES és LEONARDO programokhoz való csatlakozás elősegítésére),
- a kidolgozott tantervek nemzetközi megismertetése.”

2. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán **Szerkezetek integritása** címmel akkreditált PhD képzésre alprogram van meghirdetve (ez hazánkban az egyetlen ilyen program, és jelenleg 5 hallgató választotta ezt a szakirányt).

3. A Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karának oktatási programjában szerepel egy **Szerkezetek üzemeltetése** c. kiegészítő program, amelyet a nappali szakos hallgatók az utolsó két évben választhatnak.

4. Az **European Structural Integrity Society** munkájában a miskolci kollégák igen intenzíven bekapcsolódtak.

5. Az 1993 késő őszén alakult **International Society for Technology, Law and Insurance** (ISTLI) alapító tagjaként az e területhez kapcsolódó nemzetközi tevékenység tapasztalatait igen jól hasznosíthatjuk a hazai képzés, oktatás formálásában.

6. A **Teaching and Education in Fracture and Fatigue** címmel indított nemzetközi szeminárium-sorozat eddigi rendezvényeinek (Bécs 1992. és 1995., Miskolc 1993. és 1994.) tapasztalatai ugyancsak kellően segíthetik a szerkezetek integritásának megítéléséhez kapcsolódó ismeretek **szakértői szintű** megjelenítését.

Az előző néhány tény kiemelését azért tartottam szükségesnek, mert mélyrehatóan egyetértek a szerkezetek üzemeltethetőségének, biztonságának, megbízhatóságának, élettartamának megítéléséhez kapcsolódó **általános mérnöki szintű képzés** megindításával. Most, amikor az ipar helyzetéből, állapotából adódóan a specializált szakember iránti igény nehezen prognosztizálható, egyre inkább szükség van az általános mérnöki szemléletű szakemberekre, az olyanokra, akik képesek az egy-egy konkrét szerkezet állapotának felméréséhez kapcsolódó anyag-tudományi, diagnosztikai és kontinuummechanikai ismereteket kezelni és a további üzemeltethetőség igen/nem kérdésének mérlegelésénél a döntés környezetvédelmi, jogi és közgazdasági aspektusait is felmérni. A szerkezetek alaptípusaitól függő specializálódás pedig szakmérnöki kérdésben realizálható (pl. a járműveknél és hidaknál a rezgésdiagnosztika, kifáradás a legkülönbözőbb terhelési feltételek mellett, környezeti hatás, avagy a nyomástartó rendszereknél a korrózió, az üzemeltetés körülményeinek szerepe stb.).

Meggyőződésem, hogy ez az a terület, amelyen mint oktatók igen sokat tehetünk és tennünk is kell, még akkor is, ha tudjuk mit jelent egy-egy történelmileg kialakult alap oktatási struktúra módosítása. Közös célunk megvalósításának mikéntje érdekében pedig engedjék meg, hogy idézzem Michelberger professzor úr egy mondatát: „**Záró gondolatként engedjék meg, hogy ismételtelen kiemeljem a tudományos kutatási területek és kutatóhelyek szoros kapcsolódását, szoros egymásra támaszkodását**”

Bízom abban, hogy közös, avagy közösen meghirdetett kurzusokkal (nappali, szakmérnöki, mérnök-továbbképző) igazolhatjuk az előző mondata igazgatótartalmát, amelyet magam is teljes meggyőződéssel vallom.

A Hozzászólás-ban említett **szakmai** megjegyzések mindegyike helytálló és egyenesen következik az adott szerkezet konstrukciós és üzemeltetési sajátosságaiból.

Dr. Tóth László

* Michelberger Pál: Járműgyártás és járműdinamikai kutatások. Akadémiai székfoglaló. 1983. március 1. Értekezések, Emlékezők. Akadémia Kiadó, Budapest, 1984. 56. p.

XXV. kolorisztikai szimpózium

A jubileumi szimpóziumot a Magyar Kémikusok Egyesülete Kolorisztikai Szakosztálya rendezte meg 1995. szeptember 6–8. között Ráckevén a Savoyai kastélyban, amelynek hangulatos különtermei jó lehetőséget biztosítottak az előadásokat követő beszélgetésekhez.

A szimpózium elnöke Kovácsné dr. Stahl Ágnes volt, míg a titkári teendőket dr. Farkas László látta el.

A szimpózium közel 60 résztvevőjének tolmácsolásában 6 plenáris és 24 orális előadás hangzott el. A plenáris előadásokat a kutatási eredményeiket számos nemzetközi publikációval reprezentáló meghívott előadók tartották. A Budapesti Műszaki Egyetem Szerves Kémiai Technológiai Tanszék kutatói hét, a Finommechanikai és Optikai Tanszék kutatói öt előadás szerzői, illetve társszerzői voltak. Öröndetes, hogy e 12 előadásból hatot doktoranduszok tartottak.

A délelőtti megnyitót követően Lukács Gyula „Etika a műszaki életben. Az egyéni éthosz problémája” címmel tartott érdekes és a magyar műszaki, illetve tudományos élet jelenlegi helyzetét tekintve kifejezetten időszerű előadást.

A délutáni program (elnöke: Farkas László) első előadását színes textiliákkal gazdagon illusztrálva Bercsényi György meghívott előadó tartotta a devore nyomásról. Ezt követően Aranyosi Péter és munkatársai azoreaktív színezékek folyadékfázisú fotobomlása mechanizmusának felderítésére irányuló kutatásairól számoltak be. Csiszár Emilia arra hívta fel a figyelmet, hogy enzimés előkezeléssel a pamut lúgos főzésének hatékonysága növelhető.

Sallay Péter meghívott előadó és munkatársai: Klug Ottó, illetve Ahmed Mohamed három előadást tartottak a nemionos tenzidek előállításáról, analitikai vizsgálatáról és alkalmazási lehetőségeiről.

A második napon délelőtt (elnök: Lukács Gyula) a színmetrikával kapcsolatos előadások hangzottak el. Schanda János meghívott előadóként a színes monitorok kalibrálásáról, egy napjainkban igen aktuális témáról, a képernyőn megjelenített színek pontosságának növelésére kidolgozott eljárásról számolt be.

Csányi Sándor és munkatársa a Coloroid színrendszer számítógépes megjelenítéséről és egy textilminta-tervező rendszerben történő alkalmazásáról tartott előadást.

J. Haurtmann a Datacolor cég Microflash 200d hordozható színmérő készülékét mutatta be, kiemelve a minőségellenőrzés során mutatkozó előnyeit. F. G. Miotti az X-Rite cég textíliáiról számára kidolgozott színrecept-számítási szoftver-csomagjáról tartott ismertetést. Czillik Melinda és munkatársai előadásukban a fényállósági vizsgálatok értékelésére

régóta használatos vizuális kék-skálá módszert hasonlították össze az objektív színmérési módszerrel.

A délutáni szekció (elnök: Schanda János) első része a BME Finommechanikai és Optikai Tanszék színes látással összefüggő beszámolóiból állt. Wenzel Klára plenáris előadásában a színlátás mechanizmusának kérdéseivel foglalkozott színes diákkal gazdagon illusztrálva a színlátást befolyásoló tényezők hatását. Ábrahám György a szintévesztést korrigáló szemüvegek fejlesztéséről és gyártási eljárásokról, Kucséra Itala, a szintévesztők elektroretinográfiás vizsgálatáról, Soterius Marcell, a szintévesztést korrigáló szemüvegek hatásának számítógépes szimulációjáról tartott előadást. Wenzel Klára a korábbi színértékelési elmélethez képest új információk elméleti modelljét mutatott be.

A délutáni szekció második tömbje Gerhard Pausch előadásával kezdődött, amelyben a hordozható és az asztali színmérő készülékek adatainak összevethetőségével foglalkozott.

Ezután a színmérés két élelmiszeripari alkalmazásáról hallottunk beszámólót: Huszka Tibor és munkatársai vágóállatok húsnak és húskezelési eredményeinek minősítésére, Halászné Fekete Mária és munkatársai pedig a durum búza örömlények minősítésére használták ezt az objektív módszert. A szekció zárásaként Szőnyi László és munkatársai a Mérésügyi Hivatalban folyó fényességmérésről, míg Hadnagy András a fényesség kozmetikai iparban történő felhasználásáról számolt be.

A harmadik napon Kovácsné Stahl Ágnes elnökölt. Nemcsics Antal a színrendszerek összehasonlító vizsgálatáról számolt be. Király Sándor az Iparművészeti Főiskolán készített színjelentés és asszociációs teszt feldolgozási tapasztalatait ismertette. A szünet után Neumann László és munkatársai előadásában az esztétikailag egyenletes színtérről és meghatározásáról számoltak be kitérve annak matematikai modelljére. Magyar Árpád előadásában a művészek bioritmus és alkotásuk szín-dimikája közötti kapcsolatot ismertette. Végül Zöldi Anna közel hatvan diával illusztrált előadásában a színszimbolika szerepét hangsúlyozta a Kárpát-mendence építészetében.

Az elhangzott előadásokat mintegy harminc kérdés követte, további hozzászólások legtöbbször az időhiány miatt nem hangzottak el. A kastély kupolatermében rendezett kiállításon nyolc cég hívta fel termékeire a résztvevők figyelmét. Ezek ábécé sorrendben: Alex Kft., Aqua Terra Bt., Datacolor GmbH, Optipolar Kft., Pausch Messtechnik GmbH, Philesco + Partner, Testor Bt., Unicum Magyarország Kft.

A konferencia második napját követő vacsora jó lehetőséget biztosított a szakemberek kötetlen konzultációjára és tapasztalatcseréjére.

Dr. Farkas László – Kovácsné dr. Stahl Ágnes

XII. Duna-Adria szimpózium

Immár 12. alkalommal került megrendezésre 1995. október 5–7. között, Sopronban, a kísérleti feszültségvizsgálat területének egyik legjelentősebb rendezvénye, a Duna-Adria Szimpózium, a Gépipari Tudományos Egyesület Feszültségvizsgáló Szakosztályának szervezésében. A rendezvénynek az Erdészeti és Faipari Egyetem adott otthont. A szervezés sikeréhez jelentősen hozzájárult a helyi Mechanika Tanszék munkatársainak önzetlen segítsége.

A nemzetközi rendezvénynek 70 fő regisztrált résztvevője volt, 11 országból, a következő megoszlásban, (ország/fő): A/7, D/8, CS/5, HR/8, GB/1, H/13, I/8, PL/4, RO/6, SK/6, SLO/2. A rendezvényhez kapcsolódó egyéb kulturális programokon további 28 fő, mint kísérő, illetőleg meghívott vendég vett részt.

Az elhangzott előadások száma 49, melyből 29 a poszter-szekcióban került megtartásra. A konferencia előadása 10, egymást követő szekcióban folyt. A főbb témák a kísérleti módszerek fejlődéséről, az anyagtudomány néhány problémáján át érintették a megbízhatóság, az élettartam számítás újabb eredményeit.

Az elhangzott előadások gondolati lényegét összegezve megál-

lapítható, hogy a hangsúly az egyre pontosabb méretezési, tervezési eljárások irányába tolódik el, ugyanakkor az élettartam, vagy ha tetszik, a maradék élettartam számításának kérdései mind nagyobb jelentőséget kapnak. Az egyes mérési módszerek eredményeinek kiértékelésénél hangsúlyos szerepet kap az eredményeket feldolgozó módszerek fejlődése, az alkalmazott eljárás hibahatárainak csökkenése.

A rendezvényhez kiállítás és műszerbemutató is kapcsolódott, ahol a Hottinger, a Metalelectro, valamint a Vishay cégek képviseltették magukat. A rendezvény keretében az IMEKO 15. számú Technikai Bizottsága valamint a D-A-Szimpózium Szervezőbizottsága összehívott ülést tartott, a különböző nemzeti szervezésű rendezvények jövőbeni, mind tematikai, mind időbeni európai koordinálásának érdekében.

A következő rendezvény színhelye Szlovákia, várhatóan 1996. szeptember utolsó hetében, míg az 1997-es szimpózium előre láthatóan a rendezvénysorozathoz társult tagként ez évben felvett, Romániában kerül megrendezésre.

B. L.

r a p p o r t

The latest news in applied Instron technology

- Slice yourself an edge
- Trainers bounce back
- McLaren on the pace
- Delhi taxi ride

Fore!

In the ultra-competitive game of golf, Instron is currently helping a world-leader to slice a significant advantage.

Exel, a division of Finland's largest oil and petrochemical company Neste, uses its vast knowledge of man-made composites and fibres to create sporting equipment with a winning edge. Amongst their range is the unique co-wound carbon fibre golf club shaft.

The co-wound process, invented by Exel, has fibres in opposite rotation around the axis of the shaft. This gives the shaft of the club tremendous resilience. Yet the big difference is that it allows the golf club to be tailored to a



manufacturer's or player's preference. Production of the carbon-fibre-based shafts is controlled by computer and then tested on Exel's Instron 4204 system for stiffness, strength and to check that they have the desired torsional strength. Tests carried out on the Instron machine include a tensile four-point bend test which correlates the energy stored in the shaft with the amount of bend.

This relates directly to the energy transferred to the ball. Torsion tests help to evaluate the torsional strength, which affects the playing characteristics and "feel" of the club.

Now, with assurance provided by Instron and technology from Exel, golfers can have the club that matches their technique. On every mighty drive down the fairway they'll

have Exel and Instron to thank for their match-winning clubs.

MAKING SURE THERE'S COMFORT IN THE COLD

First signs of cold weather will have much of the population racing for their woolly vests, thermal underwear and hot water bottles!

So how does camping out at -30°C appeal? That's the sort of temperature at which Berghaus products are expected to perform - and it's Instron that helps them to succeed.

Berghaus make the clothing and rucksacs that are used by everyone from weekend walkers to really serious mountain climbers. Customers include Chris Bonnington and Alan Hinkes who have taken their products to the summits of the world's most demanding mountains, including Everest, K2, Mt. McKinley and the Matterhorn.

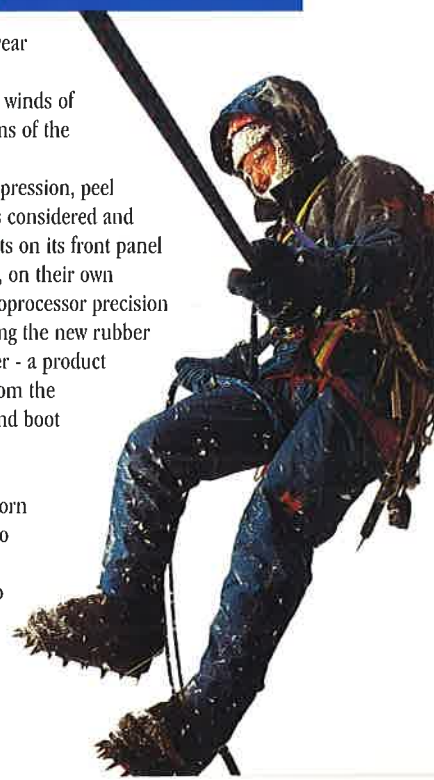
Back at base camp in Newcastle, England, Berghaus use an Instron 1011 Universal Testing Instrument to test their products' key physical properties. For example, it checks the load required to dislodge their renowned FGA (Fixed Geometry Adjustable) rucksac, which is designed to keep its load positioned correctly whatever the size of the wearer. As many synthetic polymers can become brittle at low temperatures, Berghaus carry out many of their testing programmes, such as those on buckles and fixings, at temperatures down to -30°C. They also perform a variety of tests on seams and tapes,

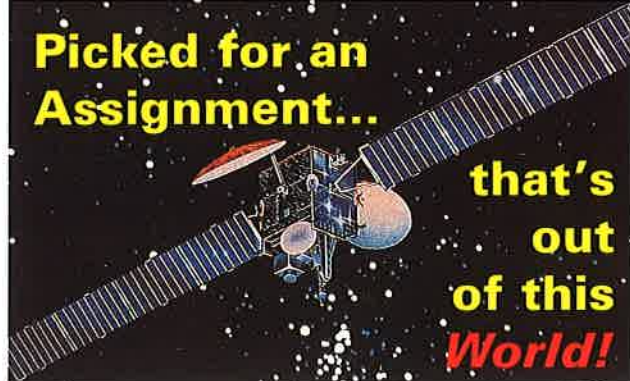


to check whether they can withstand the wear and tear of skidding down scree slopes or clambering over jagged rocks, the piercing winds of the Eiger's North Face or the incessant rains of the Andes.

The 1011 checks the tensile, tear, compression, peel and stretch properties of all the fabrics considered and used by Berghaus, displaying the results on its front panel or, via an industry-standard interface, on their own computers. The Instron system's microprocessor precision and speed was a key factor in developing the new rubber formulations of their famous Yeti Gaiter - a product which keeps out the cold and damp from the vulnerable gap between trouser bottoms and boot tops.

As Berghaus themselves put it, "for a company whose products are frequently worn in the worst conditions on earth, there's no such thing as second best." Which is why, when it came to testing, they were quick to choose Instron first.





Picked for an Assignment...

that's
out
of this
World!

Instron test equipment is the favoured choice of CASA - Construcciones Aeronauticas' Space Division; the Spanish equivalent of NASA.

CASA are mainly concerned with designing and constructing the launcher and satellite elements of space programmes, such as the European Ariane 4 project.

CASA use two Instron 8580 series digital controllers which control up to ten hydraulic actuators. The test is controlled by Instron RSFLAPS software, which CASA have used to programme a series of load ramps and holds,

ranging from a few kN to 50 kN, designed to test the physical strength of the satellite. During each successive load hold period, a stream of data is taken from various points on the satellite using a high speed data acquisition system

Instron was the only company able to supply CASA with the custom-made, 12 channel equipment that they needed, to test complex structures, made of exotic materials, for load capacity and distribution, stresses, strains and displacements to an accuracy of tenths of microns.

For CASA, their rig not only evaluates each component's

suitability but also often shows up unexpected behaviour, preventing those one-in-a-million incidents that could spell failure for a mission. Instron is a vital element in helping CASA speed their journey into space.

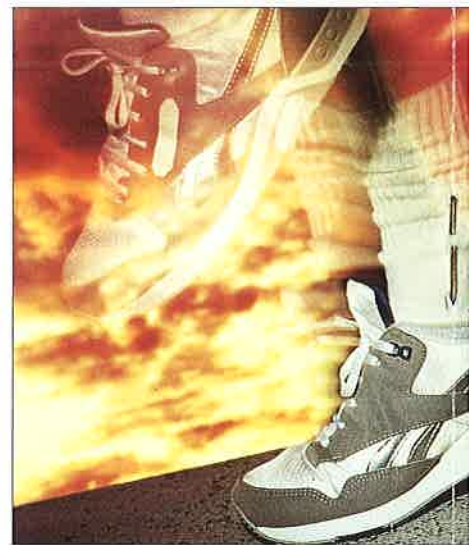


Can Shoes Help Runners Bounce Back...

With several running-shoe brands claiming their trainers give you "energy return", Instron sprang into action to prove a point.

New Scientist magazine asked Professor R. McNeill Alexander and research fellow Michael Bennett of Leeds University to verify whether "energy return" was more of a boost to manufacturer's profits than runners' sprint times.

Energy return is the "spring" released from a shoe's sole when it's compressed, usually by the runner's foot, but in the case of these tests by an Instron servohydraulic dynamic testing machine. Since the peak of impact is typically 1.5 to 2 times the runner's body weight, you might expect all that compression to result in a correspondingly powerful – and potentially useful –



reaction. The testing team picked nine top models from various manufacturers. With the Instron machine "running" at a frequency of 4 Hertz, the trainers were repeatedly squeezed then released – reproducing the pounding steps of an athlete.

The system measured how much the sole was deformed and how much work was required to do it. Despite a zero-to-peak force-to-zero time of only 0.25 seconds (representing a sprinter's footstep) a surprisingly wide range of results were recorded for the different shoes.

So who's first to the tape with best energy return? The judges are still out on that one. The shoes with the highest energy return tended to have the greatest compliance (the elasticity that reduces the shock of impact). But there are other crucial factors to consider such as stability and comfort, so the Leeds research team felt that all these other criteria made energy return a fairly insignificant advantage.

In the long run, however, there was a clear winner, once again, an Instron rig produced results from start to finish.



IT'S AMAZING WHAT YOU CAN GET IN A MINI! Instron's new performer proves small is beautiful.

The "mini" we're talking about won't whizz you to the shops or win you the Monte Carlo rally, but it's surprising just what this little bit of brilliance is capable of. The "mini" is properly called the MN55, Instron's entry level materials testing instrument in the highly successful 5500 series. With a load frame weighing only 25kg (55lb) it's truly portable, yet it's capable tensile, compression, peel, flexure, shear and cyclic testing at loads up to 500N.

The mini 55 has a sister – the MN 44, which uses the same mechanical frame, but is controlled



through the popular Instron 4400 series fully-featured control panel, for those who do not want to use a computer to control their tests.

Built with the same precision

components and comprehensive safety systems as its bigger brothers, the MN55 can also be upgraded from its usual PC-controlled Instron Merlin software (using Windows) to Series IX or Series XII software. Naturally the MN55 is compatible with a wide selection of grips, load cells, extensometers and other accessories, so it can cope with all types of work for its living.

With so much performance from a package that's small and affordable, Instron's mini is set to be as popular as its four-wheeled namesake.



**INSTRON
INTRODUCES
FLEXIBLE FRIEND
TO BUDGET-
CONSCIOUS BUSINESS**

Companies who have to keep a close eye on the corporate purse-strings will welcome the introduction of a new servo-hydraulic testing system from Instron.

Based on the digital control electronics of the world-leading 8500 series, the 100KN capacity 8516 features a compact, self-contained design with logical, straightforward controls in a readily accessible layout - and at a price that makes it ideal for educational establishments and smaller businesses.

High and low cycle fatigue, fracture mechanics, tensile, compressive and flexure tests can all be easily carried out on materials from super alloys to asphalt.

By connecting a computer through the built-in IEEE-488 interface, users will have access to Series IX, the world's most popular materials testing software plus a whole range of Instron dynamic testing software for LCF, Da DN, KiC and other fatigue testing applications. Such flexibility guarantees that Instron's new 8516 will soon become a much relied-upon friend in many cash-strapped markets.



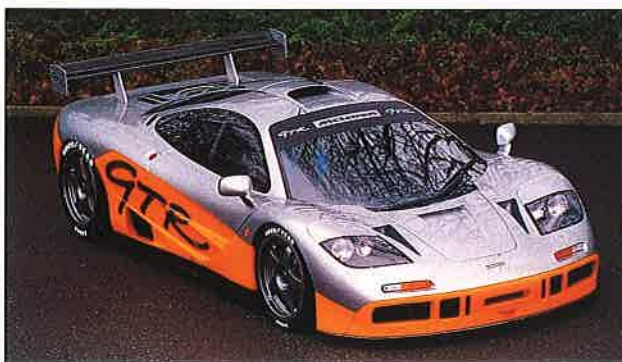
Competition Improves the Breed

Built by the know-how that's won McLaren their Grand Prix World Championships, now the F1 road car goes racing.

What do you do if even your 200 mph McLaren F1 road car doesn't quite thrill you enough? Easy: trade up to the McLaren F1 GTR. It's the version that will be taken to some of Europe's most spectacular race tracks for the 1995 BPR endurance racing series, with the highlight of the year being that perennial favourite, the Le Mans 24 Hours.

Devised for sports-production cars, the BPR series puts demands on the McLaren F1 that, despite its racing heritage, it simply wasn't designed for. So once again, McLaren will be calling on the ingenuity of their design engineers - and relying on the output of their Instron four-post ride simulator.

The difference between the GTR



and the F1 are far-reaching, probably the most fundamental differences are in the chassis and suspension setups of the two cars. As Gordon Murray, Technical Director of McLaren Cars Ltd. points out, "When we conceived the McLaren F1 ... it was designed from a blank sheet of paper as an entirely dedicated pure-bred road car, with no concession to possible race use. That's where McLaren's Instron system will play its part. The system helped us find the suspension settings which provided

the best overall comfort required for low speeds and the stiffness for 200 mph."

After Phase One of development (initial shake-down testing on the track), the Instron four post rig will be involved in Phases Two and Three, which include exploring the limits of the car's handling and subsequently fine-tuning its suspension. By Phase Five, the customers themselves will be participating in the development, as their car is set up to their own preferences.

But with so many successful Grand Prix seasons behind them, it's likely that McLaren's GTR customers will be on the pace from the first green light. Ron Dennis, Managing Director of McLaren, puts it like this: "I hope that when they experience their cars for the first time, they will enjoy the performance which has been achieved by our engineers within a tight time-scale". With not a little help, of course, from Instron.



Or how Calcutta's cabs will benefit from a good shake-up!

The best-selling car in India is based on the Morris Oxford from the 1950's, this ambitious nation is right up to date with the equipment that serves the modern motor industry.

The Automotive Research Association of India, based in Pune, already had a four post road simulator with Instron actuators and Instron analogue controllers. The Four Post Road Simulator allows a complete vehicle to be tested on top of 4 hydraulic actuators (one under each wheel) through which simulated road conditions can be applied to the

car within the laboratory. To update this rig, Instron shipped out a Rig Data Manager, RS Plus software, SPIDAR-software and a Unix-based computer. The key element was the Rig Data Manager, which allows older analogue controllers to run with the latest RS Plus simulation software, that allows pre-recorded road conditions to be played back through the simulator. It's an upgrade that means operation with limited budgets can benefit from advanced simulation testing, by converting analogue signals to the digital signals that produce more accurate results.

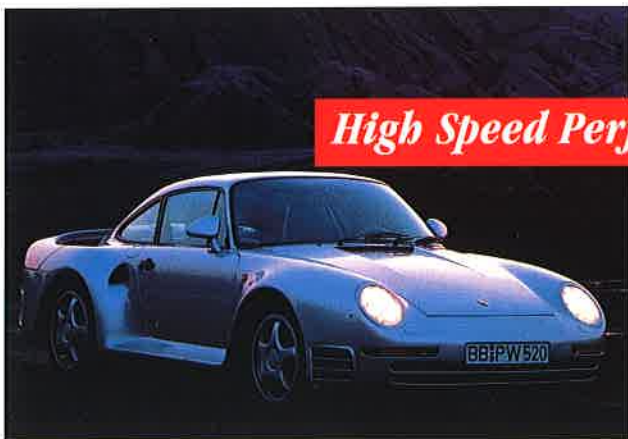
The new installation was up and running in only 20 minutes, then put to work on a Hindustan Ambassador. The Instron rig took only three hours to reproduce

several days driving round Delhi. Instron's ability to provide rigs which can be affordably upgraded may prove a crucial advantage to the Indian motor industry. In the meantime, it might mean a softer ride for India's hard-pressed Ambassadors!



INDIA'S MOTOR INDUSTRY TAKES THE SMOOTH PATH TO PROGRESS





High Speed Performance that Impressed Porsche

Instron left competitors standing in the race to provide sports car maker Porsche with a comprehensive yet keenly-priced test system.

Porsche produce some of the world's fastest, technically advanced and most desirable sports cars. They are renowned for their superb roadholding, so developing ever-more capable suspension is obviously vital to Porsche's sales success. They wanted greater accuracy when fatigue testing suspension components, and needed faster results, so Porsche chose Instron's solution.

The now well-known Windows-based RS Plus software provides control of Porsche's test bench, yet integrates with their existing hardware and software, avoiding extra expense.

Porsche's testing regime simulates different road surfaces and the loads that the suspension

has to withstand when cornering, braking and accelerating.

It combines road data with specimen geometry to create a drive signal which simulates road conditions.

Porsche were delighted that Instron's system was installed, checked and helping to develop new components within two months of the order date. As their own Dr. Hans-Peter Loda says, "With the introduction of this test concept, Porsche has substantially reduced its development times. Despite the enormous cost pressure, Porsche has managed to install an efficient, high quality test bench system."

When you can impress Porsche with your performance, you know you must be doing something right.

Who's Been Banking on Instron?

Holding back tons of soil demands a reliable product. Netlon make it – and they test it with Instron.

The product in question is Netlon's "Tensor", a sturdy and effective geogrid that's used to bring stability to all sorts of civil engineering applications, including



change test routines quickly, thanks to its advanced, easily operated control panel.

Tensor is made from sheets of extruded polyethylene and polypropylene, cut into grids and stretched under controlled heat to align the material's long-chain molecules. The first test, on a specimen of uncut sheet, checks for the correct tensile strength and stiffness. Further tests on the range of finished products require specially wide hydraulic, fabric and nodal clamping jaws.

With an especially versatile product and a unique approach to testing, it's no surprise that Netlon have helped to set the standards for the industry – literally. Their work with Instron machines has influenced the writing of a number of geotextile standards. Now all Netlon's Tensor Geogrids, even those intended for less exacting jobs such as horticulture, are subjected to the same high level of quality assurance control. For Netlon, using Instron means that a sub-standard product can never slip through the net.

motorway embankments. And to ensure that Tensor does the job with no slip-ups, Netlon put it through its paces with an Instron 4483.

Netlon picked the 4483 because it offered the flexibility to

French Ex-Servicemen March on with Instron

A major step forward in the rehabilitation of disabled French ex-servicemen occurred recently with the acquisition of an Instron 8511 rig by the Centre d'Etudes et de Recherche sur Appareillage des Handicapes (CERAH).

The system was bought to test and develop CERAH's 300 different artificial limbs and specialised wheelchairs, which help disabled ex-service personnel and civilians to work, enjoy sport, drive vehicles and participate in all the activities that able-bodied people take for granted.

For its first three months, the Instron system was used for duration tests on prosthetic feet. The laboratory's Director M. Pelisse found it easy to set safety limits with the Instron 8511 to prevent damaging the prototype and he was impressed with its

reliability during a two million cycle test – applying a 1 Hz load to the heel and the toe, over and over again, in a marathon that lasted 23 days.

The Instron 8511 proved it can stand up to anything. Now it's making an invaluable contribution to helping thousands of disabled French men and women walk tall.



EUROPE

Belgium, Netherlands and Denmark
Edgemoor Tel: (03) 454-0304 Fax: (03) 454-1244
France
Guyancourt/Paris Tel: 1-3057-2353 Fax: 1-3064-6711
Germany, Austria and Switzerland
Offenbach/Main Tel: 0621 69 07-0 Fax: 0621 69 07-160
Italy
Milano Tel: (02) 380 00 003 Fax: (02) 308 69 88
Spain and Portugal
Barcelona Tel: (93) 330-4858 Fax: (93) 490-4712
Sweden, Norway and Finland
Stockholm Tel: (08) 640 22 78 Fax: (08) 640 46 02
United Kingdom
High Wycombe Tel: (01494) 464646 Fax: (01494) 456123

NORTH/SOUTH AMERICA

Boston Tel: (617) 828-2500 Fax: (617) 575-5753

ASIA

China
Beijing Tel: 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: 052-201-4541 Fax: 052-201-4542
Korea
Seoul Tel: 2-552-2311/2312/2313 Fax: 2-553-9180
Singapore
Tel: 774-3188 Fax: 774-1837
Taiwan
Hsinchu Tel: 35-722-155/156 Fax: 35-723-746

AUSTRALIA

Victoria Tel: 3-720-3477/3478 Fax: 3-720-3728
New South Wales Tel: 02-983-9912 Fax: 02-449-9069

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

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

Name.....
Job Title.....
Company.....
Address.....
.....
Postal Code.....
Telephone.....
Fax.....
Instron Systems Used.....

Return to Instron Ltd, Coronation Road, High Wycombe, Bucks, England HP12 3SY
or Fax to the Marketing Dept., Instron Ltd +44(0)1494 456124

DEW check a felületkezelésben

Egy készülék, mely környezeti hőmérsékletet, felületi hőmérsékletet, relatív páratartalmat, harmatponti hőmérsékletet mér, és felületi hőmérséklet-harmatponti hőmérséklet különbséget számol. Ez utóbbi azért különösen hasznos, mert ha ennek értéke 3°C alatt van, akkor nem ajánlatos felületkezelési munkálatokba kezdeni. Bizonyára sokan tapasztalták már, hogy mennyire körülményes és sokszor nehézkes a fenti mérések helyszíni elvégzése több készülékkel, jobb esetben pedig érzékelőcserékkel. Ennek a készüléknek az előnye és hasznossága éppen abban rejlik – az eddig megismert műszerekkel szemben –, hogy mindegyik érzékelő beépített, így akár az összes jellemző paraméter egyszerű kezeléssel egy kézzel elvégezhető.

A másik nagy előnye sem elhanyagolható! Ez pedig az ára. Amennyiben külön-külön kéne megvásárolni az egyes jellemzőket mérő egységeket, úgy kétszer-, két és félszer több anyagi befektetésbe kerülne.

Mindez azonban nem megy a minőség és a pontosság rovására. A robosztus, „nyúzható” kivitel párosul a hőmérsékletmérésben $\pm 3\%$ -os, a páratartalom-mérésben pedig $\pm 2\%$ -os mérési pontossággal. Geometriai méretei nem térnek el egy hagyományos kézikészüléktől; munka közben kényelmesen elhelyezhető mind a nadrágszíjra felfűzve, mind pedig nyakba akasztva.

Méréstartomány: 10–95% relatív páratartalom
 $-50\dots+100^{\circ}\text{C}$ levegő hőmérséklet
 $-50\dots+200^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérséklet

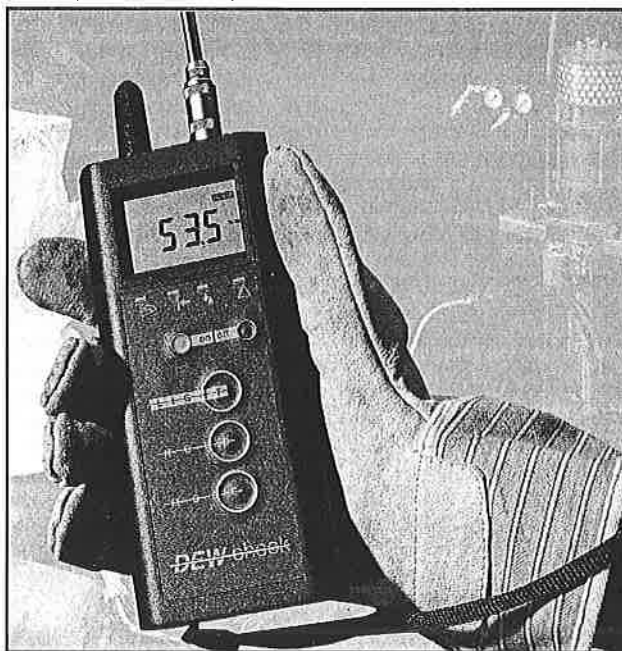
Tápellátás: 9 V-os alkáli vagy tölthető NiCd-elemmel.

Egyéb beépített funkciók: kijelző megvilágítás, „tartó” állapot

Opciók tartozékok: Kalibráló szet, mérülő szonda

Ajánljuk mindazoknak, akik a mindennapi gyakorlatban foglalkoznak felületkezeléssel, így tartályok belső és külső bevonatolásakor, hajók,

hidak, acélszerkezetek festésekor, környezeti-korróziós hatásoknak kitett gépek és létesítmények karbantartásakor...



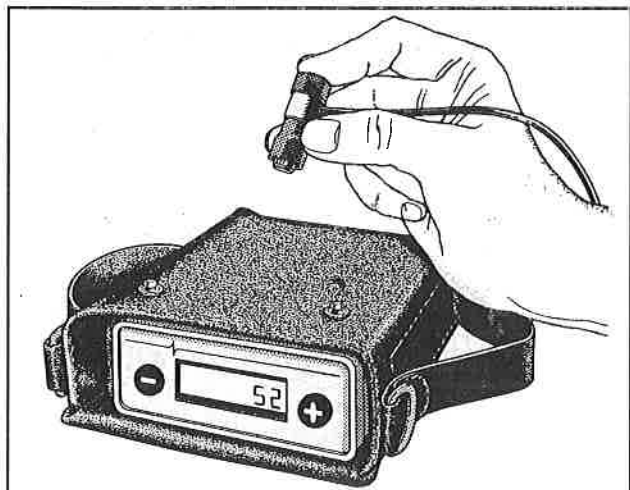
Egy készülék, amely új alapokra helyezi a bevonatvastagság-mérést

DeFelsko® 100 ultrahangos bevonatvastagság-mérő

A hazai felhasználók már régóta ismerik és használják a hagyományos mágneses, illetve örvényáramos elven működő bevonatvastagság-mérőket, amelyek segítségével könnyen, gyorsan és roncsolásmentesen meghatározható a fémhordozón lévő jónéhány bevonattípus vastagsága.

Amennyiben a hordozó anyag nem fém, hanem például beton, fa, műanyag, üveg, kerámia, akkor ezen mérési elv nem alkalmazható, és a különböző típusú bevonatok mérésére vagy roncsolásos (bemetszéses), vagy pedig igen költséges roncsolásmentes módszerek álltak eddig rendelkezésünkre. Jónéhány fém és ötvözet esetén a mágneses vagy az örvényáramos módszer ugyancsak alkalmatlan, (pl. ferrites acélon a Ni-réget). Többretegű bevonatok roncsolásmentes vizsgálata ugyancsak problematikus volt.

A DeFelsko által gyártott készülék mindezen hiányosságok és hézagok pótlására hivatott. Az ultrahangos mérési elv már évtizedek óta ismert szakembereink körében, egyik jellegzetes típusa például a falvastagságmérő.



A DeFelsko® 100 készülék egy olyan bevonatvastagság-mérő, ami egyben rétegrend meghatározására és falvastagságmérésre is alkalmas. A vizsgált alap (szubsztrátum) lehet akár fa, beton, műanyag, üveg, kerámia... és természetesen a legkülönbözőbb fémek. A bevonat anyagminősége is a legváltozatosabb, lehet: festék, gumi, epoxi, műanyag, mázak vagy fémek, azaz a legváltozatosabb alap-bevonat kombináció is mérhető, mint például kerámián a máz vastagsága.

Alapvető újdonság a vizsgálófej kiképzésében rejlik. A hagyományos falvastagságmérők osztott (1 adó – 1 vevő) fejével szemben a gyártó 1024 adó és 1024 vevő érzékelőt épített a vizsgálófejbe, így mind az alap mind a bevonat felületi érdességéből adódó pontatlanság kiátlagolódik. Közismert a vizsgálófejek hőmérsékletfüggése. Az ebből adódó mérési hibák kiküszöbölése automatikus kompenzációval történik.

Maga a mérési elv adja azt a lehetőséget, hogy a bevonati rétegrend – egymáson több bevonat – vastagságát tudjuk szelektíven meghatározni. Ehhez mindössze a várható rétegvastagságnál nagyobb, de a következő réteghatárnál kisebb felső mérési határértéket kell a készülékbe programozni.

A DeFelsko® 100 típusú készülék kezelése kezdő felhasználó számára sem okozhat különösebb gondot, köszönhetően a menüvezérelt, két nyomógombos kezelésnek. Mindezek, valamint robosztus-könnyű kivitele egy szakember számára is optimális mérési lehetőségeket biztosít.

A DeFelsko® 100 sorozatból öt típus választható.

A két B-jelű változat méréshatára $8 - 500\ \mu\text{m} \pm 3\%$ -os tűréssel, míg a három C-jelű változat $50\ \mu\text{m} - 4,5\ \text{mm}$ határok között mér ugyancsak $\pm 3\%$ -os tűréssel. A C1 típus egy egyszerű alapkészülék.

A B2 és C2 típusok már átlagot és szórást is számolnak, mindemellett alsó és felső határérték riasztási funkciója is van.

A B3, C3 típusok az előzők mellett RS 232 kimenettel rendelkeznek, a mért adatok számítógépes feldolgozására célorientált szoftver áll rendelkezésre. A készülék memóriájában az üzemi mérések értékei 99 mérési sorozatban 1500 mérési adatban tárolhatók, az adatfeldolgozás utólagos elvégzése érdekében.

A készülékeket Magyarországon a Testor Bt. forgalmazza.

Mohácsi Gábor

A fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagi mérőszámok megbízhatósága

Dr. Lukács János*

Bevezetés

A fáradásra történő méretezés két alapvető koncepciója – a biztos élettartamra való (safe-life), illetve a sérülésbiztos (fail-safe) méretezés [1] – közül az utóbbi alkalmazása került előtérbe. Ennek oka az, hogy a gépészeti szerkezetek repedésektől, folytonossági hiányoktól mentes gyártása csak elvben garantálható és az üzemeltetés során is keletkeznek hibák; ezek nem mutathatók ki 100 %-os biztonsággal; a tervezési élettartam elérésekor végrehajtott szerkezeti elem-csere során fel nem használt élettartam veszhet el; továbbá gazdaságtalan és műszakilag erősen vitatható az a gyakorlat, amely az észlelt hiba javítását írja elő, veszélyességének legalább becslés szintjén való megítélése nélkül.

A sérülésbiztos méretezési koncepció megalkalmazása rendszerszemléletű megközelítést igényel. A repedést tartalmazó, ismétlődő igénybevételű szerkezetek megbízhatóságának megítélésére csak olyan rendszer alkalmas, amely megteremti a roncsolásos vizsgálatokból származó anyagi mérőszámok, a szerkezeti elemeket leíró mechanikai modellek és a roncsolásmentes anyagvizsgálati eredmények kapcsolatát, összhangját. A lineárisan rugalmas törésmechanikai elmélet (LEFM) és a feszültségintenzitási tényező tartománya erre alkalmas. A rendszer elemei közül a fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállást tükröző anyagi mérőszámok szerepe kiemelt. Ennek oka egyaránt kereshető a mechanikai modellek közelítő jellegében, a roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságában, valamint a számító algoritmusok (élettartambecslés) pontatlanságában. Ez indokolja a fáradásos repedésterjedést leíró anyagi mé-

rőszámok matematikai-statisztikai módszerekkel való megközelítését, s teszt szükségessé azok megbízhatóságának megítélését.

A fáradásos repedésterjedést visszatükröző kinetikai diagramot szinte kizárólag egyszerűsített formában alkalmazzák. Kiindulva abból, hogy a diagram mérnöki szempontból legfontosabb tartománya a középső, a Paris-Erdogan összefüggésre [2] épülő egyszerűsítés a legelterjedtebb. Ezt szemlélteti az 1. ábra.

A Paris-Erdogan összefüggés a fáradásos repedésterjedési sebesség (da/dN) – feszültségintenzitási tényező tartománya (ΔK) kapcsolatát az alábbi formában írja le:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^n \quad (1)$$

Az összefüggésben szereplő C és n elsőlegesen az anyagminőségtől függő állandók.

Az egyszerűsített kinetikai diagram sérülésbiztos méretezési koncepcióhoz való alkalmazása megköveteli a feszültségintenzitási tényező tartományának küszöbértéke (ΔK_{th}), a két, már említett állandó (C és n), valamint a feszültségintenzitási tényező tartományának kritikus értéke, a ciklikus törési szívósság (ΔK_{fc}) ismeretét.

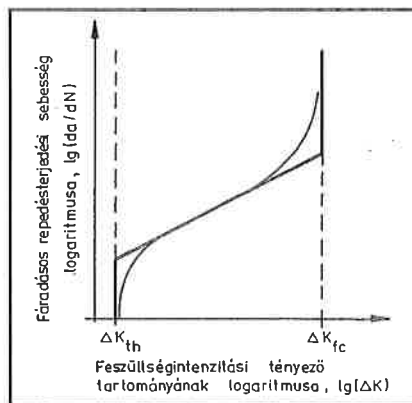
Fáradásos repedésterjedés sebességének vizsgálata; jellemzők

Az anyagi mérőszámok megbízhatóságának megítélése érdekében – nagy számú próbatesten – fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálatokat végeztünk. A próbatestek egyik csoportja a hegesztett szerkezetek gyártásához széles körben alkalmazott 37 C és E 420 C minőségi jelű, mikroötvözt acél alapanyagokból [3] készült. Egy másik csoport az

előbbi acél védőgázos fogyóelektródás ívhegesztéséhez használatos, VIH – 2 jelű hegesztő huzalból, 100 % CO_2 védőgázban, illetve 50% CO_2 + 50% Ar és 25% CO_2 + 75% Ar védőgázkeverékben készített hegesztési ömledékből került kimunkálásra. A próbatestek harmadik csoportját azok alkották, amelyek a két acél fogyóelektródás védőgáz ívhegesztéssel elkészített kötéseiből munkáltattam ki. A negyedik csoportba az X80 TM minőségi jelű, termomechanikusan kezelt [4], az ötödik csoportba golyóscsapágyak gyártására szolgáló GO 3 acél alapanyagból, a hatodik csoportba pedig német gyártmányú, 60 kg-os, DO 76 jelű nagy vasúti sínből készült próbatestek kerültek.

A ΔK_{th} meghatározás érdekében terheléscsökkentéses, a C és az n meghatározása érdekében pedig állandó terhelésamplitúdójú vizsgálatokra került sor [5], a ΔK_{fc} számításához szükséges kritikus repedésméretet (a_{fc}) – ott ahol ez megfelelő biztonsággal kivitelezhető volt – az eltört próbatesten mértem. A terjedő repedést optikai úton vagy a compliance módszerrel követtük [6], előbbi esetben 0,1 – 0,2 mm-enkénti repedésméret regisztrálással. A vizsgálatokat szobahőmérsékleten és levegőn, szinuszos alakú fázastáplálás függvény szerint, $R = 0,1$ terhelési aszimmetria tényezővel végeztük.

Az alapanyagokból készült próbatestek orientációja T-L, L-T, illetve T-S [7], a sínből készült L-T, illetve L-S [8], a hegesztési ömledékekből kimunkáltak elrendezése pedig 2-3 [9] volt. A kötéseket úgy hegesztettük, hogy a varrat hossz tengelye és a lemezek hengerlésének iránya párhuzamos legyen egymással, illetve merőleges legyen egymásra, majd belőlük olyan próbatesteket munkáltattam ki, amelyek orientációja T-L és L-T, elrendezése pedig 1-2 és 2-1 volt. A hegesztett kötésekből készített próbatestek így négy vizsgálati alcsoportot alkottak (T-L/1-2, T-L/2-1, L-T/1-2 és



1. ábra. A fáradásos repedésterjedés kinetikai diagramja és annak Paris-Erdogan összefüggésre épülő egyszerűsítése

1. táblázat. A vizsgált alapanyagok és hegesztési ömledékek szakítóvizsgálatainak eredményei

Anyagminőség, a szakító próbatest kivételének iránya	$R_{p0,2}$ vagy R_{eH} MPa	R_m MPa	A %	Z %
37 C alapanyag, hosszirány	269	405	33,3	64,7
37 C alapanyag, keresztirány	269	402	33,8	62,8
E 420 C alapanyag, hosszirány	444	593	25,5	–
E 420 C alapanyag, keresztirány	434	595	–	–
VIH-2 ömledék, 100% CO_2 , hosszirány	444	554	23,2	56,6
VIH-2 ömledék, 50% CO_2 + 50% Ar, hosszirány	480	587	23,4	63,4
VIH-2 ömledék, 25% CO_2 + 75% Ar, hosszirány	504	609	24,4	64,7
X80 TM alapanyag, hosszirány	526	616	25,7	74,2
X80 TM alapanyag, keresztirány	551	633	24,5	71,9
GO 3 alapanyag, hosszirány	471	645	–	–
DO 76 alapanyag, hosszirány	582	954	7,6	–

* Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai tanszék

L-T/2-1). A különböző anyagok szakítóvizsgálatainak eredményeit az 1. táblázatban foglaltam össze. A táblázatban szereplő minden adat legalább három mérés átlaga.

A terheléscsökkenéses vizsgálatok eredményét, a ΔK_{th} értékét, az [5] előírás alapján határoztam meg. A 10^{-6} – 10^{-7} mm/ciklus repedésterjedési sebesség tartományba eső legalább öt pontra, a legkisebb négyzetek módszerével egyenest fektettem, s számítottam annak 10^{-7} mm/ciklus-hoz tartozó helyettesítési értékét. A repedésterjedési sebesség nagyságát a differencia módszerrel (secant method), a feszültségintenzitási tényező tartományát pedig az előírásban közölt összefüggéssel számítottam.

Az állandó terhelésamplitúdójú vizsgálatok eredményeit, az (1) összefüggés C és n állandóját, a legkisebb négyzetek módszerével, lineáris regresszióval határoztam meg. A repedésterjedési sebesség nagyságát a hét ponton átmenő polinomos módszerrel (seven point incremental polynomial method), a feszültségintenzitási tényező tartományát pedig a próbatípusának (CT, illetve TPB) megfelelő összefüggéssel számítottam [5, 10].

A ΔK_{Ic} meghatározásához szükséges kritikus repedésméretet sztereomikroszkópon mértem, a számításához pedig itt is az előírásokban megadott formulákat használtam.

A vizsgálati eredmények értékelése

Az egyes anyagi mérőszámok megbízhatóságának megítéléséhez először azt vizsgáltam meg, hogy azok milyen statisztikai mintákba rendezhetők. Ehhez az ismeretlen eloszlású alapsokaságok egyezőségének, illetve különbözőségének megítélésére alkalmas Wilcoxon-próbát [11] használtam, $\varepsilon = 0.05$ kétoldali szignifikanciaszinten. A minták elemszámától függően mindig a megfelelő, a kis vagy a nagy mintákra érvényes próba alkalmazására került sor.

Az első csoportba sorolt alapanyagok (37 C és E 420 C) esetében megvizsgáltam, hogy a T-L és az L-T orientációjú próbatesteken kapott ΔK_{th} , n , valamint ΔK_{Ic} értékek, anyagminőségként egy mintát alkotnak-e vagy sem. Eredményül azt kaptam, hogy a ΔK_{th} értékekben az eltérés nem szignifikáns, az n és a ΔK_{Ic} esetében azonban igen, mindkét anyagminőség esetén. Utóbbi két anyagi mérőszám vizsgálati eredményei tehát nem vonhatók össze egy közös mintába.

A második csoportba tartozó hegesztési ömledékek esetében először azt vizsgáltam, hogy a két eltérő huzalátmérből ($d_e=1.2$ mm és $d_e=1.6$ mm) származó, n értékekből álló minták azonosak-e vagy sem, védőgázonként. Miután az eltérés nem volt szignifikáns, azt is ellenőriztem, hogy a védőgázonként így kapott minták azonosak-e vagy sem. Eredményül azt kaptam, hogy az Ar-tartalmú védőgázkeverékek és a tiszta CO_2 védőgáz esetén kapott minták eltérése szignifikáns, így csak a védőgázkeverékekben hegesztett ömledékek vizsgálati eredményei vonhatók össze egy közös mintába.

gálati eredményei vonhatók össze egy közös mintába.

A harmadik csoportban lévő hegesztett kötések (37 C és E 420 C) esetében azt ellenőriztem, hogy az orientációkból származó n és ΔK_{Ic} minták elrendezésként és anyagminőségként azonosak-e vagy sem. A számítások azt mutatták, hogy a minták eltérése nem szignifikáns, így azt is megvizsgáltam, hogy az elrendezésként rendelkezésre álló, n és ΔK_{Ic} értékeket tartalmazó minták anyagminőségként azonosak-e vagy sem. Eredményül itt is azt kaptam, hogy a minták nem térnek el egymástól szignifikánsan, vagyis a 37 C és az E 420 C anyagminőségű hegesztett kötések vizsgálati adatai egy-egy közös mintába összevonhatók.

A negyedik csoportba tartozó alapanyag (X80 TM) esetében megvizsgáltam, hogy a T-L, az L-T és a T-S orientációjú próbatesteken kapott n értékek egy mintát alkotnak-e vagy sem. Eredményül azt kaptam, hogy az eltérés egyik összehasonlításban sem szignifikáns, az orientációként rendelkezésre álló minták szórása azonban jelentősen különbözik. Ez azt jelenti, hogy az egyesített mintát kellő kritikával kell értékelni.

A hatodik csoportba sorolt sín alapanyag (DO 76) esetében szintén azt ellenőriztem, hogy az L-T és az L-S orientációjú próbatesteken kapott n értékek összevonhatók-e egy mintába, vagy sem. Eredményül azt kaptam, hogy a két minta eltérése szignifikáns, vagyis külön-külön kezelendők.

Az előzők figyelembevételével kapott minták statisztikai jellemzőit – ahol indokolt volt, ott a részmintára külön is – a 2. táblázatban foglaltam össze.

A Paris-Erdogan összefüggés két állandója közötti kapcsolatot, alapanyagokra valamint hegesztési ömledékekre és hegesztett kötésekre a 2. ábra szemlélteti.

A 2. táblázat és a 2. ábra alapján – figyelembe véve az 1. táblázat adatait is – az alábbi

összegző megállapítások fogalmazhatók meg.

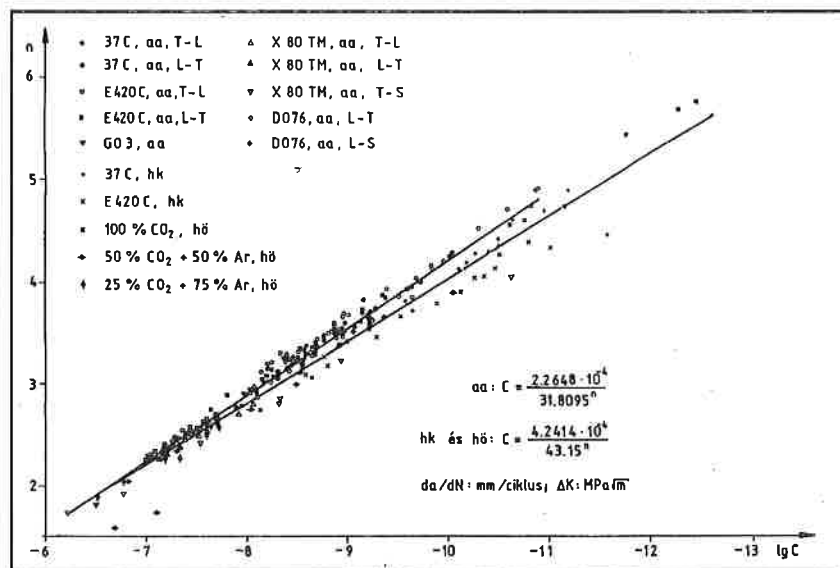
1. A szórásai egyúthatók összhangban vannak a törésmechanikai vizsgálatokra az irodalomban [12] közölt adatokkal, ami megbízható, jól reprodukálható vizsgálati és adatfeldolgozási, kiértékelési rendszerről tanúskodik. Egyedül az X80 TM jelű, T-S orientációjú próbatestek vizsgálati eredményeiből kapott szórásai egyútható magas, ami a repedés vastagság irányú terjedésével, illetve a lemez rétegezettségével magyarázható.

2. A ΔK_{th} értékek átlaga a kisebb szilárd-ságú alapanyag esetén a nagyobb, ami az iro-

2. táblázat. A fáradásos repedésterjedési sebesség vizsgálataiból kapott minták statisztikai jellemzői

Vizsgálati csoport	Mérőszám	Elem-szám	Átlag	Szórás	Szórási együttható
37 C, aa, T-L és L-T	ΔK_{th}	9	7.69	1.220	15.87
E 420 C, aa, T-L és L-T		7	5.72	1.038	18.12
37 C, aa, T-L	n	37	3.74	0.534	14.30
E 420 C, aa, T-L		32	2.58	0.182	7.06
37 C, aa, L-T		33	3.45	0.311	9.01
E 420 C, aa, L-T		7	2.42	0.191	7.88
37 C, aa, T-L	ΔK_{Ic}	33	66.03	6.035	9.14
E 420, aa, T-L		27	101.52	5.300	5.22
37 C, aa, L-T		27	58.69	3.627	6.18
E 420 C, aa, L-T		5	94.43	0.964	1.02
100% CO_2 , hű	n	21	3.90	0.874	22.41
50% CO_2 + 50% Ar, hű		8	2.81	0.559	19.91
25% CO_2 + 75% Ar, hű		8	2.53	0.564	22.28
Ar tartalmú hű, egyesített	n	16	2.67	0.581	21.01
37 C, hk	n	15	4.36	0.499	11.45
E 420 C, hk		17	3.60	0.568	15.77
37 C, hk	ΔK_{Ic}	14	76.23	5.603	7.35
E 420 C, hk		15	113.89	9.197	8.08
X 80 TM, aa, T-L	n	5	2.57	0.200	7.78
X 80 TM, aa, L-T		5	2.31	0.050	2.20
X 80 TM, aa, T-S		8	2.60	0.789	30.70
X 80 TM, egyesített	n	18	2.51	0.538	21.40
GO 3, aa	n	10	3.18	0.324	10.40
DO 76, aa, L-T	n	5	3.22	0.234	7.27
DO 76, aa, L-S		4	3.63	0.101	2.77

Megjegyzés: aa = alapanyag, hű = hegesztési ömledék, hk = hegesztett kötés



2. ábra. A Paris-Erdogan összefüggés két állandójának kapcsolata alapanyagokra, valamint hegesztési ömledékekre és hegesztett kötésekre

dalomban [13, 14] található tendenciákkal megegyezik.

3. A T-L orientációhoz tartozó n és ΔK_{IC} értékek átlaga, anyagminőségenként, nagyobb mint az L-T orientációjuké.

4. Az alapanyagokon elvégzett vizsgálatok eredményeiből kapott szórás együtthatók a ΔK_{IC} értékekre a legnagyobbak, továbbá a T-L orientáció esetén nagyobbak mint az L-T orientációnál.

5. A hegesztési ömledékekre jellemző n értékek átlaga az alkalmazott védőgáz (keverék) Ar-tartalmának növekedésével csökken, miközben a szórás együttható gyakorlatilag nem változik.

6. A hegesztett kötések vizsgálataiból kapott n és ΔK_{IC} értékek átlaga nagyobb mint a nekik megfelelő alapanyagoké.

7. A hegesztési ömledékek és a hegesztett kötések szórás együtthatói általában nagyobbak mint a nekik megfelelő alapanyagoké, ami azok inhomogenitására vezethető vissza.

8. Az alapanyagokra, a hegesztési ömledékekre, valamint a hegesztett kötésekre kapott n és ΔK_{IC} minták szórás együtthatóinak különbsége alapján az mondható, hogy a hegesztés okozta inhomogenitás elsősorban az n értékére hat.

9. A Paris-Erdogan összefüggés két állandója közötti kapcsolat (létezésére példák a [15] munkában) az alapanyagokra szorosabb mint a hegesztési ömledékekre és hegesztett kötésekre. Ez különösen akkor igaz, ha azt is figyelembe vesszük, hogy az alapanyagokra meghatározott törvényszerűség szélesebb adatbázisra támaszkodik. Az előbbi kapcsolatot 146 adatpár alapján a (2), utóbbit pedig 69 adatpár alapján a (3) összefüggés mutatja:

$$C = \frac{2.2648 \cdot 10^{-4}}{31.8098^n} \quad (2)$$

$$C = \frac{4.2414 \cdot 10^{-4}}{43.1500^n} \quad (3)$$

A korrelációs együtthatók 98.80 %, illetve 98.37 %.

Mindezekből az is következik, hogy a kapott, illetve meghatározott minták – mint halmozok – alkalmasak a vizsgált anyagminőségek, hegesztési ömledékek és hegesztett kötések fáradásos repedésterjedéssel szembeni ellenállásának statisztikai jellemzésére.

Irodalom

- [1] Pickard, A. C.: Component Lifing. Materials Science and Technology, September, 1987. Vol. 3, p.743–749.
- [2] Paris, P.; Erdogan, F.: A Critical Analysis of Crack Propagation Laws. Journal of Basic Engineering, Transactions of the ASME, December 1963, p.528–534.
- [3] MSZ 6280–1982: Acél hegesztett szerkezetekhez.
- [4] Hollósné, Sz. A.; Csikós, G.: Termomechanikusan kezelt X80 TM jelű acél hegesztése. Hegesztéstechnika, (4) 1993/1. p. 7–10.

- [5] ASTM E 647–88: Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates.
- [6] Schwalbe, K.-H.: Test Techniques. 5th International Conference on Fracture (5th ICF) Cannes, France, 29 March – 3 April 1981. Ed.: François, D. Pergamon Press, 1981, Advances in Fracture Research, Volume 4, p. 1421–1446.
- [7] ASTM E 616–82: Standard Terminology Relating to Fracture Testing.
- [8] Rice, R.C.; Leis, B. N.; Tuttle, M. E.: An Examination of the Influence of Residual Stresses on the Fatigue and Fracture of Railroad Rail. Residual Stress Effects in Fatigue, ASTM STP 776. American Society for Testing and Materials, 1982. p. 172–194.
- [9] MSZ 6855/2–1988: Fémek törésmechanikai vizsgálata. Általános vizsgálati előírások.
- [10] MSZ 4927–1976: Fémek K_{IC} törési szívósságának meghatározása.
- [11] Owen, D.B.: Handbook of Statistical Tables. (Sbornik Statisticheskikh tablic.) Vychislitel'nyj Centr AN SSSR, Moskva, 1973.
- [12] Tóth, L.: Matematikai statisztikai módszerek alkalmazása mérési eredmények kiértékelésére. Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc, 1980.
- [13] Taylor, D.: A Compendium of Fatigue Thresholds and Growth Rates. Engineering Materials Advisory Services Ltd., Warley, 1985.
- [14] Pusch, L. G. et al.: Bruchmechanische Bewertung von Schweissverbindungen höherfester Baustähle bei zyklischer mechanischer Beanspruchung. Neue Hütte, (31) Heft 5, Mai 1986, p. 161–166.
- [15] Blumenauer, H.; Pusch, G.: Technische Bruchmechanik. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH, Leipzig, 1992.

Az alkalmazott kutatás újjászerveződése

Megnyílt a BAYATI



A honi műszaki és természettudományi alkalmazott kutatás támogatására, az OMFB által 1992-ben alapított Bay Zoltán alkalmazott Kutatási Alapítvány országos intézethálózatának újabb intézménye a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet, (BAYATI – Budapest, XI., Kondor utca 1.). Az intézet ünnepélyes megnyitására ez év szeptember 4-én került sor.

Az ünnepség díszvendége Bay Zoltánné volt. Számos honi és külföldi kutatási és oktatási intézmény képviselőinek, illetve a kezdetektől együttműködő partner, a német Fraunhofer Intézet vezetőinek, továbbá diplomaták, kormánytagok jelenlétében Pungor Ernő akadémikus, az alapítvány kuratóriumának elnöke méltatta a névadó érdemeit. Kiemelte az intézethálózatban is követésre méltó munkamódszerét: az elmélet és a gyakorlat összekapcsolását az igényes kutatási célok elérése érdekében.

A BAYATI is, mind Szegeden a Biológiai, és Miskolcon a Logisztikai és Gyártástechnikai Intézet, a szakmailag érdekelt egyetemekre települt, és jogilag függetlenül, de szoros munkakapcsolatban dolgozva szolgálja az alapkutatási eredmények hasznosítását és a szakemberképzést. Végül megköszönve az intézet szervezéséhez és felszereléséhez nyújtott támogatásokat átadta a BAYATI kulcsát az intézet igazgatójának, Gyulai József akadémikusnak.

Az igazgató intézetet bemutató beszédéből megtudtuk, hogy már a szerveződés időszakában is, 1993 őszétől kezdve, a hazai és külföldi intézményekkel együttműködve, megbízások kutatásokat végezve alakították ki szakterületüket, amely kiterjed a szerkezeti anyagok teljes

körére, a fémekre és ötvözetekre, a polimerekre, a kerámiákra és a kompozitokra, illetve az előállításukkal, feldolgozásukkal kapcsolatos technológiákra, tulajdonságaik vizsgálatára, az anyagszerkezet-változással és károsodással járó folyamatok modellezésére, illetve követésére. A munkájukhoz szükséges eszközöket a Budapesti Műszaki Egyetemen egyeztetve és együttműködve szerzik be. Például, közösen használják az egyetem tulajdonában lévő plazmaszóró és széndioxid-teljesítőmenyélzer berendezést, közös a polimer-technológiai laboratóriumuk, míg a polimerek felületkezelésére alkalmas elektronbesugárzó és gyorsító berendezést az intézet technológiai csarnokába telepítik. A fémtani laboratóriumban fény- és elektronmikroszkópok, dilatometer, DTA-berendezés és egyéb eszközök segítik a kutatók munkáját.

A megnyitóra rögtönzött poszterekből az eddigi kutatások eredményeiből részleteket is megtudhattak a kötetlen eszmecserevel záruló ünnepség résztvevői.

Kiemelhető eredmény a nagy igénybevételnek kitett megalakító szerszámok lézeres felületnemesítésével elérhető két-háromszoros élettartam. Az eljárást az Institut für Produktionstechnologie, Aachen, és a Lézer Kft-vel együttműködve fejlesztették ki és alkalmazták sikerrel a Rába Rt-nél. De figyelemre méltó a plazmaionitridálás felületnemesítési eljárás sikeres alkalmazása a humánimplantátumok, például csípőprotézis, használati idejének megnövelésére.

Az intézetnyitói ünnepség a szétesett alkalmazott kutatás új rendező elvek és érdekeltségek mentén történő újjászervezhetőségét igazolta.

–ferko–

A K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függése

Dr. Lehofer Kornél

Az anyagszerkezetük fémtani jellemzői alapján együttvizsgálható ötvözetcsoportok mechanikai tulajdonságainak leírására korábban kidolgozott módszert [1] alkalmazva korrelációs összefüggést vezetünk le az inkoherens kiválásokkal keményített szilárd oldat matrixú szerkezeti anyagok K_{IC} törési szívósságának szerkezetfüggésére.

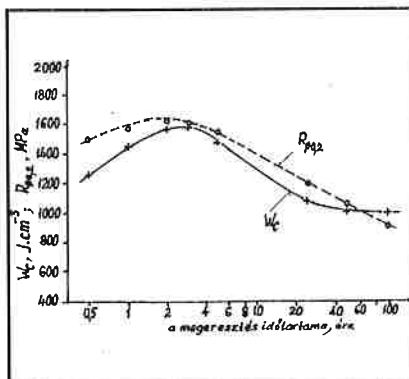
Bevezetés

A szerkezetekben kimutatott anyagihiányok veszélyességének megítéléséhez a szerkezet anyagának törésmechanikai jellemzőinek – többek között a K_{IC} értékének – az ismerete nélkülözhetetlen.

Az anyagok és állapotuk sokfélesége miatt ezen jellemzők kizárólagosan vizsgálattal történő meghatározása időigényes. Sokszor már nem is lehetséges, mivel a korábban üzembe helyezett szerkezetekből mintát venni már nincs módunkban. Viszont az időszakos állapotellenőrzés alkalmával feltárt anyagihiányok veszélyességének megalapozott elbírálásához szükséges lenne ezek ismeretere.

A szerkezeti anyagok jelentős részének anyagszerkezete kemény, inkoherens kiválásokkal – az acéloknál főleg karbidokkal – keményített szilárd oldat. Indokolt tehát a K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függését ezen anyagmodellrel választva tárgyalni.

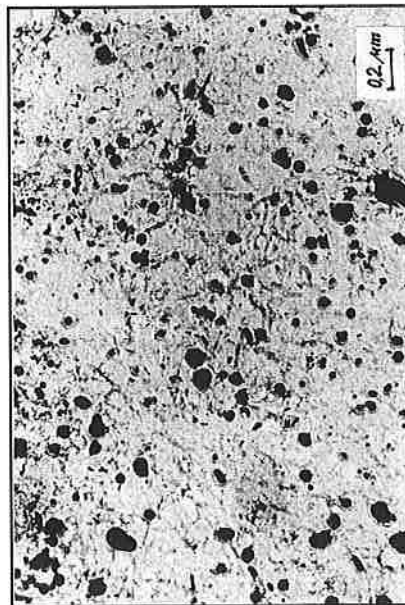
Az inkoherens kiválásokkal keményített anyagszerkezetet hőkezeléssel állítjuk elő, mégpedig a növelt hőmérsékletű oldó-homogenizáló kezelést követő gyors hűtéssel – fázisátalakulással kísérve vagy a nélkül – létrehozott túltelített szilárd oldat mérsékelt hőmérsékletű megeresztésével. Ez a művelet sor törésmechanikai szempontból akkor optimális, amikor a stabil méretű inkoherens kiválások megjelenésére jellemzően a folyáshatár maximumát követő még viszonylag nagy értéke a W_C fajlagos törési munka – amely a K_{IC} -vel négyzetgyökarányos – maximum értékével párosul, amint ezt ferrites CrMoV- és CrMoVW-ötvöztetésű melegsziárd



1. ábra. A K14 jelű acél folyáshatárának és törési munkájának változása az 580°C-on végzett megeresztést követően

acélokkal korábban elvégzett kísérleteink is alátámasztották [2].

Szemléltetésül az 1. ábra az 1050°C-ról olajban edzett K14 jelű acél $R_{p0.2}$ folyáshatárának és W_C törési munkájának változását mutatja az 580°C-os megeresztés közben. A 2. ábra ezen acél optimális állapota anyagszerkezetének karbideloszlását szemlélteti szénextrakciós replika módszerrel készített elektronmikroszkopos felvételen.



2. ábra. Az 1. ábra szerinti W_C maximumhoz tartozó anyagszerkezet karbideloszlása

Az anyag szerkezete és szívóssága

A fajlagos törési munka, és így a K_{IC} törési szívósság értékét alapvetően meghatározza a sima szakító próbatesten mérhető Z szakadási kontrakció, amelynek értéke a szóban forgó anyagszerkezeti modellnél az inkoherens kiválások f térfogathányadának a függvénye:

$$Z = 1 - \exp\left(-a - k \frac{1-f}{f}\right) \quad (1)$$

ahol a és k kísérlettel meghatározott állandók. Az (1) összefüggést M. Slesar és társai sikerrel alkalmazták még a gömbszerű porusokat tartalmazó porkohászati fémekre is [3].

Az (1) összefüggést összegezve az ϵ_c valódi kontrakciós nyúlásra felírható

$$\epsilon_c = \ln \frac{1}{1-Z} \quad (2)$$

összefüggéssel, a valódi nyúlás szerkezetfüggésére az

$$\epsilon_c = k \frac{1-f}{f} - a \quad (3)$$

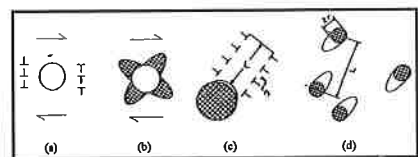
kifejezést kapjuk.

Fullman elemzései alapján [4] a gömbszerű kiválásokat tartalmazó rendszerben az L átlagos távolságra lévő d átlagos átmérőjű kiválások f térfogathányadára érvényes összefüggések-ből a (3)-ban szereplő kifejezésre az

$$\frac{1-f}{f} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L}{d} \approx \frac{1}{R_{p0.2}} \quad (4)$$

összefüggés vezethető le.

A kapott eredmény teljesen összhangban van a kemény inkoherens kiválásokkal keményített szilárd oldat matrixú anyag üregképződéssel végbemenő szívós törésének fézfizikai modelljével, amelyet több szerző eredményeit felhasználva M. F. Ashby foglalt egységbe [5] és a 3. ábra szemléltet vázlatosan.



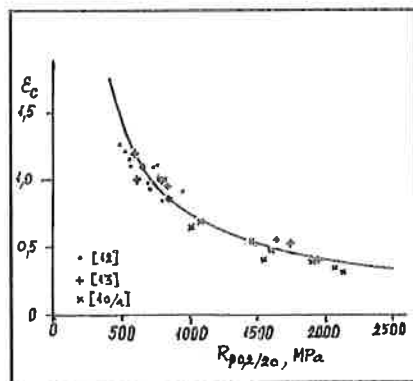
3. ábra. A szívós törés fézfizikai modellje Ashby szerint [5]

E modell szerint a képlékeny alakváltozás kezdeti szakaszában a kemény kiválások körül felhalmozódó diszlokáció hurkok (a) képlékeny zónákat hoznak létre (b) előidézve további diszlokációk helyi képződését és felhalmozódását e zónákban (c). Az alakváltozás egy kritikus értékénél – amely Ashby szerint $\epsilon_k = 0.5 \cdot n \cdot b$, ahol b a felhalmozódott n számú diszlokáció hurok Burgers-vektora; illetve a kiválás alakjától függő, de a teljes valódi törési alakváltozás mintegy tízedénél – felszakad a kiválás – matrix határfelület (c). Az így képződött üregek törést okozó növekedéséhez L/d nagyságrendű, alapvetően a kiválások f térfogathányadától függő, valódi alakváltozás szükséges (d). Ezt fejezi ki a (4) összefüggés.

Figyelembe véve egyrészt, hogy valamely adott összetételű ötvözet hőkezelési gyakorlatja a már említett optimális mechanikai tulajdonságok elérésére törekszik, és ezért a kiválások f térfogathányada és L átlagos távolsága megváltoztatásának alapvető eszköze az ötvöztartalom változtatása, miközben a kiválások átlagos d mérete gyakorlatilag állandó marad; másrészt, hogy az ötvözet folyáshatára az Orován-féle összefüggés szerint $1/L$ értékével egyenesen arányos, a (4) összefüggés jó közelítéssel a folyáshatár reciprokának lineáris függvénye.

Korábban kimutattam, hogy a különböző összetételű, stabil kiválásokkal keményített, de a minőségre és rácsszerkezetre azonos matrixú ötvözetek egy csoportot alkotnak, anyagszerkezetük jellemezhető a 20°C-on mért $R_{p0.2}$ folyáshatárakkal [6] és ezzel, mint másodlagos szerkezeti paraméterrel leírhatók az ötvözet-csoport mechanikai tulajdonságai [1, 6].

Ezt a tézist érvényesítve, a 4. ábra meggyőzően szemlélteti a kiválásokkal keményített ferrites acélcsoportra a (4) összefüggés kielé-



4. ábra. A kiválásokkal keményített ferrites szerkezeti és szerszámacélok valódi nyúlásnak változása folyáshatár függvényében

gítően pontos érvényességét. A 20°C-on mért valódi szakadási nyúlásra kapott korrelációs összefüggés:

$$\varepsilon_c = \frac{635}{R_{p0.2}} + 0,09 \quad (5)$$

Az időben és térben különböző gyártású acélokon mért adatok [10/a, 12, 13] együttes értékelésére tekintettel a korreláció kielégítően szoros: $r = 0,974$.

Vagyis, valamely ötvözetcsoportha az ε_c valódi szakadási nyúlásra a (6), és így a Z kontrakcióra a (7) összefüggés írható fel:

$$\varepsilon_c = A \cdot \frac{1}{R_{p0.2}} + B \quad (6)$$

$$Z = 1 - \exp \left[- \left(\frac{A}{R_{p0.2}} + B \right) \right] \quad (7)$$

ahol A és B az ötvözetcsoportha érvényes korrelációs állandók.

Korábban egy kvalitatív elemzés már nyilvánvalóvá tette, hogy a karbidokkal keményített ferrites szerkezeti és melegsilárd szerszámacélok K_{IC} törési szívóssága a folyáshatár függvényében jellegében a (7) szerint változhat [1], összhangban azzal a kísérleti tapasztalattal, miszerint a szakadási kontrakció és a K_{IC} között a korreláció lineáris [7], azaz

$$Z = a \cdot K_{IC} + b \quad (8)$$

A (7) és a (8) egyenlőségéből a K_{IC} törési szívósság anyagszerkezet-függésére a következő korrelációs összefüggést kapjuk:

$$K_{IC} = C - D \cdot \exp \left[- \left(\frac{A}{R_{p0.2/20}} + B \right) \right] \quad (9)$$

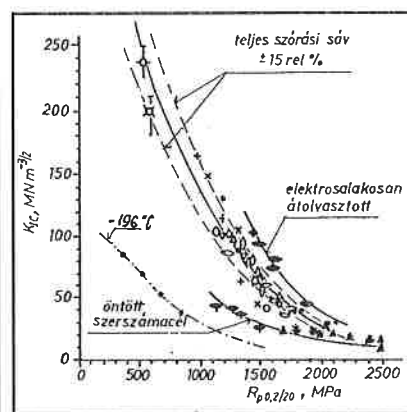
ahol A, B, C és D az ötvözetcsoportha érvényes korrelációs állandók, $D = 1/a$, $C = (1 - b)/a$.

Az (5) korrelációt felhasználva illesztettük a (9) összefüggést a különböző összetételű, stabil kiválásokkal keményített ferrites szerkezeti

és szerszámacélokon itthon és külföldön mért adatokra [2, 8, 9, 10/a]. A korreláció kielégítően szoros: $r = 0,993$. A ferrites acélok K_{IC} törési szívóssága 20°C-on a

$$K_{IC} = 401 - 566 \cdot \exp \left[- \left(\frac{653}{R_{p0.2/20}} + 0,09 \right) \right] \quad (10)$$

korrelációs összefüggés szerint változik. A korreláció a normál metallurgiai eljárásokkal gyártott, megfelelően átkovácsolt és hőkezelt, kiválásokkal keményített ferrites acélok csoportjára érvényes. Ezt szemlélteti az 5. ábra, amelyből az is kitűnik, hogy az együtértékelhető acélcsoportok képzésekor a szívósságot befolyásoló járulékos fémtani kritériumokat is érvényesíteni kell. Nevezetesen, külön csopor-



5. ábra. A kiválásokkal keményített ferrites szerkezeti és szerszámacélok K_{IC} törési szívósságának változása folyáshatár függvényében

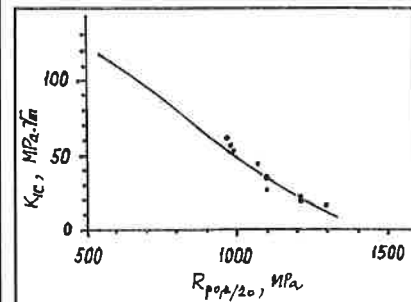
tot képeznek az öntött és hőkezelt acélok, mivel az inhomogén szerkezet és az eredeti ausztenit szemcsék határain dúsult vagy kivált szennyezők illetve ötvözők következtében szívósságuk kisebb; valamint az elektroszalakosan átolvasztott, megfelelően átkovácsolt és hőkezelt acélok, mivel szívósságuk nagyobb, lévén a zárvány- és szennyezőtartalmuk lényegesen kisebb.

A hőmérséklet csökkenésével szerkezeti anyagainak szívóssága – különösen a térben középpontos köbös rácsú szilárd oldat mátrixuké – jelentősen csökken. A K_{IC} törési szívósságra vonatkozóan viszonylag kevés adat áll rendelkezésünkre. Ezért is nagy a jelentősége az egyes ötvözetcsoportha hozzaferhető adatok, az ismertetett elvek szerinti, együttes értékelésének.

Az 5. ábrán feltüntetett L. Pesek és társainak egy mikroötvözött ferrites szerkezeti acélon – 196°C-on mért K_{IC} értékeket [11]. Látható, hogy a 20°C-hoz képest a K_{IC} értékei lényegesen kisebbek, de a változás jellege az anyagszerkezetre jellemző másodlagos paraméter, a 20°C-on mért folyáshatár függvényében, azonos.

A ferrites acélokhöz képest kevés adat ismert az Al-, vagy a Ti-bázisú szerkezeti anyagaink törési szívósságára vonatkozóan. Ám az

ismertetett módszerrel a jelenleginél használhatóbb számítógépes adatbankot létesíthetnénk. Példaképpen a 6. ábra K. T. Lee és R. T. S. Hubbard vizsgálati eredményeit felhasználva szemlélteti egy nagy szilárdságú Ti-ötvözet 20°C-on mért K_{IC} törési szívósságának változását folyáshatár függvényében. [10/b.]



6. ábra. Nagy szilárdságú Ti-ötvözet 20°C-on mért K_{IC} törési szívóssága a folyáshatár függvényében

Befejezésül hangsúlyozni szeretném, hogy a korábban kidolgozott, és többek között a kúszási és kifradási tulajdonságok leírására már sikerrel alkalmazott módszerrel [1] nem csak a statikus, hanem a dinamikus szívóssági anyagjellemzők szerkezetfüggése is leírható fémtanilag megalapozott korrelációs összefüggésekkel.

Hivatkozások

- [1] Lehofer, K.: A folyáshatár mint anyagszerkezet-jellemző, Magyar Fórum Tudományos Találkozó előadásai, II. kötet, pp. 432–438. Budapest, 1986.
- [2] Artinger, I. – Korach, M. – Lehofer, K. – Markó, J.: Proc. 5th Conf. on Dimensioning..., Budapest, 1974. Vol. I. p. 214.
- [3] Slesár, M.: Proc. 5th Symposium on Metallography, Part 1., pp. 131–155. Vysoké Tatry, 1983.
- [4] Fullman, R. L.: Trans. AIME, 197 (1953) p. 447 és p. 1267.
- [5] Ashby, M. F.: Strengthening Mechanism in Crystals, Kelly and Nickolson, Eds., p. 137. Elsevier Press, 1971.
- [6] Lehofer, K.: Proc. 4th Conf. on Dimensioning, Budapest, 1971. p. 89.
- [7] Domonkos, L. – Schuchtar, E. – Trampus, P.: Orsz. Törésmechanikai Szeminárium, I. kötet, p. 61. Aggtelek, 1981.
- [8] Baker, T. S. – Johnson, R.: J. Iron and Steel Inst. 11 (1973) pp. 783–91.
- [9] Eriksson, K.: Scandinavian J. of Metallurgy, 2 (1973), p. 1970.
- [10] Fracture Toughness of High-Strength Materials: Theory and Practice, ISI Publications 120, 1970. a) Firth, K. – Garwood, R. D.: pp. 81–89. b) Lee, K. T. – Hubbard, R. T. J.: pp. 127–129.
- [11] Pesek, L. – Holly, A. – Veles, P.: Proc. 5th Symposium on Metallography, Part 2., pp. 44–50. Vysoké Tatry, 1983.
- [12] NIRM Fatigue data sheetes, Tokyo, Japan 1978/79.
- [13] Acél atlasz, Budapest, 1971. Csepel Művek, Anyagvizsgáló Osztály

Az érintkezési feszültség mérési módszerei

Dr. Thamm Frigyes

Bevezetés

Érintkezési feszültség* vagy felszíni nyomás alatt szilárd testek közötti érintkező felületeken átadódó – általában helyről helyre változó nagyságú – nyomófeszültséget értjük. Nagysága és eloszlása függ az érintkező testek alakjától és szerkezeti anyaguk rugalmas viselkedésétől. Az érintkezési feszültség eloszlása számítással zárt alakban csak néhány egyszerű esetben (gömbök és hengerek érintkezése) határozható meg [1]. Más esetekben az eloszlás számítása még a korszerű számítástechnika (véges elemek) alkalmazása esetén is igen nehéz, mert az érintkezési felszín nagyságát az érintkező testek helyi alakváltozása határozza meg. Így az érintkezési feszültség nagysága és eloszlása még az átadódó erő nagyságától is függ. Az eset nemlineáris, tehát nincs arányosság a terhelő erő és az érintkezési feszültség között. A számítás ezért több-kevesebb közelítő feltételezésre van utalva, ami, az esetenként igen bonyolult és hosszadalmas számítások eredményei iránt kétséget ébresztethet és azok kísérleti ellenőrzését igényelheti.

Nem könnyű ugyanakkor megbízható mérési módszert találni az érintkezési feszültség kísérleti meghatározására sem. A mérőberendezésnek illetve mérőérzékelőnek ugyanis kellően kicsinek illetve vékonyknak kell lennie, hogy beférjen az érintkező felületek közé úgy, hogy jelenléte ne zavarja meg magát az érintkezési folyamatot, ha pedig rugalmas testek közötti érintkezés esetét vizsgáljuk, a berendezésnek károsodás nélkül tudnia kell követnie az érintkező felszínnek esetenként elég nagy alakváltozását illetve torzulását.

A felszíni nyomás mérés útján való meghatározásának három jól elkülöníthető alkalmazási területe van. Ezek:

- ergonómia
- intelligens robotok fogókészülékei
- gépszerkezetek (csapágú, tömítés), acél-szerkezetek (csuklók, saruk)

A különböző alkalmazási területeken nagyon eltérő az érintkező testek jellege, ezért a mérőberendezésekkel szemben támasztott igények is igen eltérők. Ezeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az eltérő igények eltérő megoldási módokra vezettek. Ennek tudható be, hogy igen sokféle, eltérő mérési elveken alapuló módszer alakult ki, melyeket több-kevesebb sikerrel alkalmaztak és alkalmaznak. A következőkben az egyes mérési módszereket, a mérési elvek szerint csoportosítva ismertetjük. Esetenként hivatkozunk az alkalmazási területre.

* Az érintkezési feszültségtől, illetőleg a felszíni nyomástól meg kell különböztetni a σ_p palástnyomásnak az építőmérnöki gyakorlatban elterjedt fogalmát. Ez utóbbi alatt az érintkezési felületre merőlegesen ható erőnek a feltételezett nagyságú felfekvő felületre vonatkoztatott átlagértékét értik. Így pl. az 1. ábrán bemutatott egyenlítésű szegecs esetén $\sigma_p = F/(d \cdot v)$. A palástnyomás megengedhető σ_{ph} határértékét építőipari acélszerkezetekben használatos szerkezeti anyagok számára az MSZ 15024/1–85 szabvány tartalmazza.

1. táblázat. Az érintkezési feszültség mérésének főbb alkalmazási területei; az alkalmazási területek igényei a mérési módszerrel szemben.

Alkalmazási terület	A vizsgálat célja	A vizsgált érintkező testek jellege	Követelmények a mérőberendezéssel szemben
Ergonómia	Ülések, test- és láb-támaszok felszínének kialakítása	Puha, rugalmas, vagy viskoelasztikus érintkező felszín, nagy rugalmas alakváltozások	Nagy alaktorzulást elviselni tudó, néhány mm vastag, sok mérőhelyet magában foglaló mérőréteg
Intelligens robotok	A robot fogóberendezése és a kezelt test közötti felszíni nyomás csúcsértékének folyamatos ellenőrzése a kezelt test biztos megfogása és sérülésének elkerülése érdekében	A kezelendő testek alakja esetenként bonyolult, falvastagságuk kicsi, felszínük sérülékeny	Viszonylag merev, kis falvastagságú mérőréteg, főleg helyezett puha (az emberi kezét utánozó) felszíni réteggel, közepes számú (50–150) mérőhellyel
Gépszerkezetek, acél-szerkezetek	Elastohidrodinamikai kenési állapotban levő csapágók terhelhetőségének növelése. Biztos tömítés elérése csővezetékben, gépjárműmotorokban, acélszerkezetek saruinak célszerű kiképzése	Merev érintkező testek, közöttük helyileg igen éles érintkezési feszültségcsúcsok	Igen vékony mérőréteg, igen nagy helyi feloldóképességgel

Diszkrét mérési pontokban mérő módszerek egyenkénti kiértékeléssel

Multi-Brinell-módszer

Ennek alkalmazásakor a felfekvő felületek közé egyenletes, a méretű négyzetes alakú eloszlásban egyforma átmérőjű golyócskákat helyeznek el (2. ábra). Az elvégzett terhelés után szétszerelt alkatrészek érintkezési felszínén keletkezett d_i golyóbenyomódásokat mérik a Brinell-vizsgálatnak megfelelő módon.

A mérési eredményeket a felfekvő felületen végzett szabályszerű Brinell-vizsgálattal kell hitelesíteni. A vizsgálat feltételezi a vizsgált felszín mindenütt egyforma keménységét. Így valamely d_i lenyomathoz hozzárendelhető az F_i terhelő erő, és az i -ik golyó környezetében az átlagos érintkezési feszültség: $p_i = F_i/a_i^2$.

A hosszadalmas mérési és kiértékelési menet miatt ez a módszer nem nagyon tudott elterjedni.

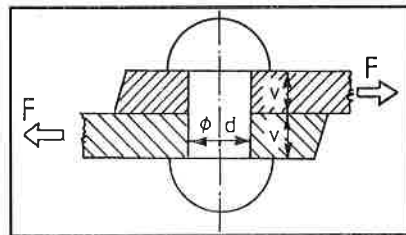
Elring-ólmódó-módszer

Ezt a módszert [2] gépjárműmotorok hengerfejtömítésének vizsgálatára dolgozták ki. A kísérletkor alkalmazott hengerfejtömítésbe kb. 3 mm átmérőjű lyukakat vágnak és ezekbe la-

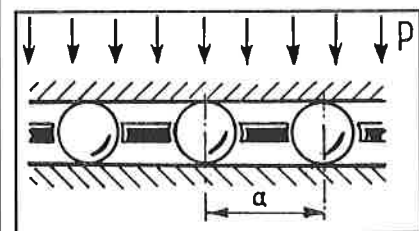
zán, a tömítésnél valamivel vastagabb ólmódócskákat helyeznek. A dugócskák vastagságát úgy határozzák meg, hogy azok a szerelés közben elszorított képlekeny alakváltozás hatására a tömítés lyukait éppen kitöltik és szétszereléskor a tömítéssel együtt kivethetők legyenek. A tömítésből kivett dugók vastagságát mérőórával lemérik és a mért vastagságból a tömítőréteg erő-összenyomódás görbéjéből visszaszámítják a szerelt tömítésben volt felszíni nyomást. Egy példát a mérődugóknak a hengerfejben való elhelyezésére és a mért dugó-vastagságok eloszlására egy henger kerülete, valamint a hengeröntvény szimmetriasíkja mentén a 3. ábra mutat.

DTI (Direct Tension Indicator) alátét

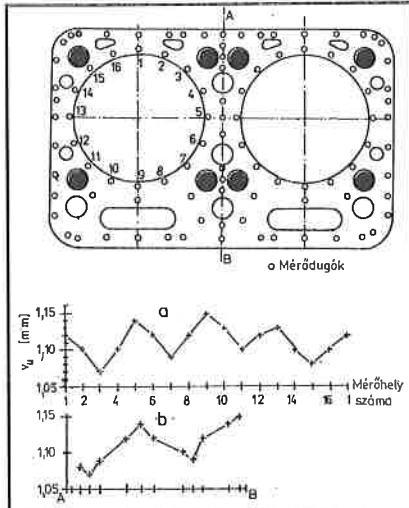
Ez a módszer az előzőhöz hasonló elven működik. Az alátétet a fejescsavar feje alá helyezve alkalmazzák. A módszer lényege [3], hogy gondosan kilagyított, ellenőrzött anyagú, besajtoló bütykökkel ellátott alátét bütykeinek (4. ábra) a csavar meghúzásakor elszorított belapulását veszi alapul. A belapulás, ami hézagmérővel egyszerűen ellenőrizhető, mértéke a csavarfej és az alatta levő öntvénytest közötti felszíni nyomásnak és egyben a csavar előfeszítésének is. Egy alátét viselkedését előkísérlettel, nyomógépen bevizsgálva, az f hézagból a felszíni nyomás nagysága is meghatározható.



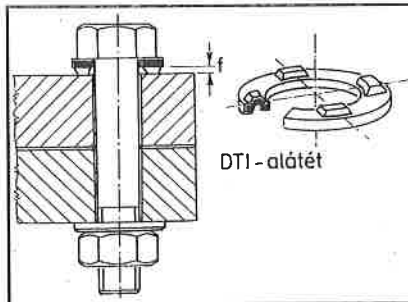
1. ábra. Az érintkezési feszültségtől megkülönböztetendő palástnyomás értelmezése az egyenlítésű szegecs példáján.



2. ábra. Multi-Brinell-módszer az érintkezési feszültség mérésére.



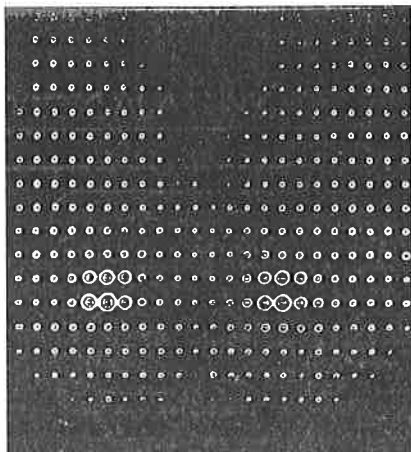
3. ábra. Eling-ölomdugó-módszer alkalmazása kéthengeres motor hengerfejtömítésén [2].
Felül: a mérőhelyek elhelyezése.
Alul: a szerelés során eltorzult dugók magasságának eloszlása a) a henger kerülete mentén; b) az AB szakasz mentén.



4. ábra. DTI-alátét: a csavar meghúzásakor a bűtykök belapulása (az f hézag csökkenése) megadja a csavarfej alatti felfekvési nyomást.

CPD (Contact Pressure Display) módszer

Ezt a módszert ergonómiai célokra fejlesztették ki [4]. Ülő vagy támaszkodó emberi testrészek alá gumilemezt helyeznek, melynek tül-ső felére átlátszó puha műanyag félgömböket ragasztottak. Ezek színe erősen elüt a gumilemeztől. A félgömbök vastag üveglemezzel érintkeznek. Az üveglapon láthatóvá váló felfekvési felületük a mértéke a gumilemez elő-

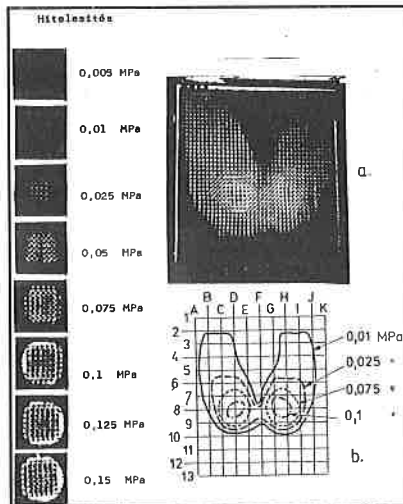


5. ábra. Ülő embernek az ülésre gyakorolt nyomása eloszlásának képe a CPD-módszerrel [4] szerint.

lapjára támaszkodó személy felszíni nyomásának. Ülő ember által az ülő felületre kifejtett felszíni nyomás hatására az üveglapon megjelenő képet az 5. ábra mutatja. A gumilemezt ismert felszíni nyomással terhelve a félgömbök felfekvési köreinek átmérője a felszíni nyomásra kalibrálható.

Ergotest-módszer

Szintén ergonómiai célból került kifejlesztésre [5]. Mérési elve az előbbihez hasonló, de attól abban különbözik, hogy a vizsgált személyrel érintkező gumilemez hátsó felére kemény golyókat ragaszt, melyek megterheléskor egy átlátszó PUR-lemezbe nyomódnak be. APUR-lemez alulról üveglap támasztja alá. A benyomódások hatására a PUR-lemezben optikai kettősfőtér keletkezik, amit hátról reflexplariszkóppal lehet megfigyelni. A keletkező feszültségoptikai kép színes gyűrűből áll. Ezek uralkodó színárnyalata azonban függ a felszíni nyomástól. Ismert felszíni nyomással hitelesítő képsort készíthetve körülhatárolható a felfekvő felületen adott nyomásfokozattal terhelte felületrészek. Egy felvett színsáv-ábrát, a nyomás-hitelesítő képsorozatot és a felszíni nyomás szintvonalainak ábráját a 6. ábrán foglaltuk össze. Meg kell jegyezni, hogy a fekete-fehér képek nem képesek a kísérlet alkalmával megjelenő színes képeket megfelelően érzékelteni.



6. ábra. Az 5. ábrának megfelelő eset vizsgálata Ergotest-módszerrel [5] szerint.

Felületi nyomás mérése villamos érzékelőkkel

Az előző pontban ismertetett módszerek hátránya a mérések hosszadalmas, munkaigényes kiértékelése. Ezt igyekeznek kiküszöbölni a következőkben ismertetett módszerek, melyek a mérőérzékelők által szolgáltatott villamos jeleket számítógépen értékelik ki. Kifejlesztésüket nagyban segítette a vékonyréteg-technológia terén az utóbbi években elért gyors fejlődés.

Felületi nyomás villamos érzékelésére három módszer került eddig alkalmazására:

a) **Kapacitív érzékelő.** Ezeknél a dielektrikumként működő gumiszzerű rugalmas réteg vastagságváltozása a réteg két felszínére felvett elektródák közötti kapacitás változását okozza.

b) **Piezorezisztív érzékelők.** Ezeknél a nyomásérzékelő réteg villamos ellenállása csökken a rétegösszenyomódásának hatására.

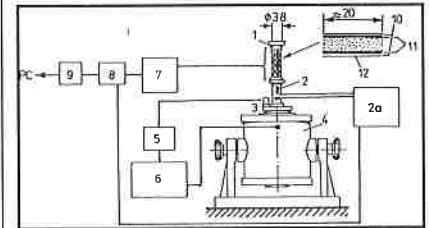
c) **Piezoelektromos érzékelők.** Ezeknél az érzékelő fólia felszínei között a felületi nyomás hatására villamos feszültség keletkezik.

A következőkben egy-egy példán mutatjuk be a már kifejlődött mérési módszereket

Az EMED-rendszer

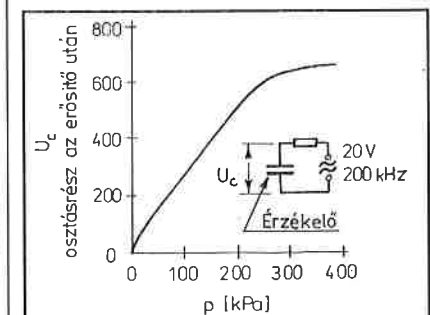
Ez kapacitív érzékelővel működik [6], az érzékelőt és a hozzá kapcsolódó számítógépes rendszert a Novel GmbH (München) gyártja elő. Az érzékelő cella dielektrikuma szilikongumi. Egy cella kb. 20 mm átmérőjű.

Ennek egy alkalmazási példáját, az érzékelő felépítését és a kiértékelő berendezés blokk-sémáját a 7. ábra mutatja. A bemutatott ergonómiai vizsgálat célja az volt, hogy meghatározzák, hogy emberi kéz rázkódásnak



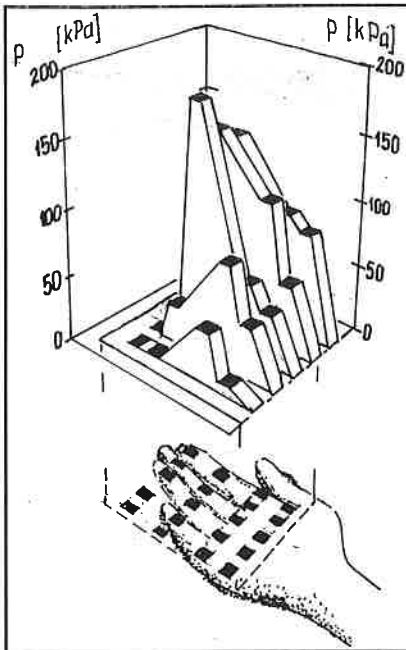
7. ábra. Emberi kéz által kifejtett szorító nyomás mérése függőleges irányban rezgetett fogantyún az EMED-rendszer segítségével. Az ábra jobb felső sarka kinagyítva mutatja az érzékelő szerkezeti felépítését. 1. A mérőhelyekkel ellátott fogantyú. 2. Nyúlásmérő ellenállások az eredő erő és nyomaték mérése. 2a. A nyúlásmérő híd. 3. Gyorsuláserzékelő. 4. Rázóasztal 5. Sávszűrő. 6. Teljesítmény-erősítő. 7. Adapter. 8. Analóg-digitál átalakító. 9. Csatlakozó (interface) a számítógéphez. 10. Műanyag burkolat. 11. Rézfólia: a kondenzátor fegyverzete. 12. Szilikongumi dielektrikum.

kített fogantyút mekkora erővel tud tartósan markolni és a fogantyúra a markoló erő milyen eloszlásban adódik át. Ehhez a rázóasztalra szerelt fogantyúra 20 érzékelőt helyeztek. Ezen kívül a fogantyú számára felragasztott nyúlásmérő ellenállásokkal meghatározták a fogantyúra ható eredő erőt és nyomatékot. Az érzékelő felvett kalibrációs görbét a 8. ábra,



8. ábra. A 7. ábra kapacitív mérőérzékelőinek kalibrációs görbéje. A használható mérési tartomány kb. 250 kPa-ig terjed.

egy felvett felületi nyomás diagramot a 9. ábra mutat. Az ábrán feltüntetjük az egyes mérőhelyeknek a fogó kézhez képest elfoglalt helyzetét is. A kísérletet 100 N fogóerő és a fogantyú 100 Hz frekvenciával függőleges irányban ± 1 g csúcsértékű gyorsulást keltő rezgetése mellett végezték.



9. ábra. A 7. ábra berendezésével meghatározott érintkezési feszültség a fogó kéz és a fogantyú között, 100 N eredő szorító erő és a fogantyú ± 1 g legnagyobb gyorsulással történő rezgetésekor [6] szerint. Az ábrán feltüntetett az egyes mérőhelyeknek a fogó kézhez csatlakozó helyét is.

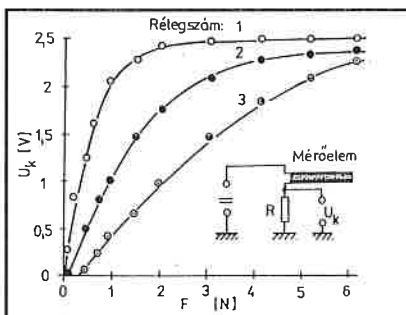
A kapacitív érzékelő kényes a hozzá csatlakozó vezeték saját kapacitásának zavaró hatására, viszont alig mutat hiszterézist. Így különösen alkalmas dinamikai kísérletek elvégzésére.

Piezorezisztív módszer

Az ezzel a módszerrel mérő berendezéseknek ma már számos kiviteli formája létezik, bár legtöbbjük egyelőre kísérleti állapotban van. A nyomásérzékelő réteg is különféle lehet.

a) Vezető fémrészecskével töltött elasztomer

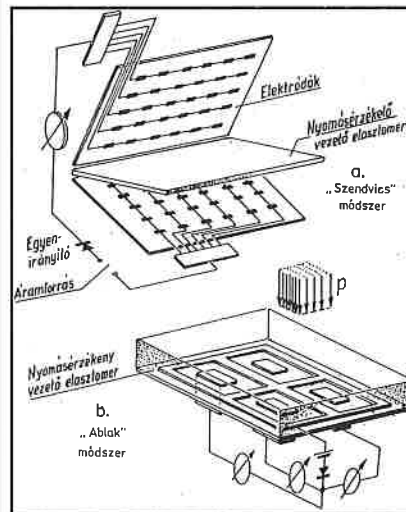
Működési elve az, hogy az elasztomer összenyomódásakor egyre több vezető részecske kerül egymással fémes kapcsolatba, ami az elektromos ellenállást csökkenti. A mm nagyságrendű vastagságú réteg ellenállása természetesen nem arányos a rá nehezedő nyomással, hanem egy telítettségi érték felé törekszik. A mérőelemet a 10. ábrán feltüntetett módon áramkörbe kapcsolva és egyenárammal táplálva az elem ellenállásának csökkenésekor



10. ábra. Villamosan vezető szemcsékkel töltött elasztomer réteggel működő felszíni feszültségmérő érzékelő kalibrációs görbéi az elektródák közé helyezett mérőrétegek száma függvényében.

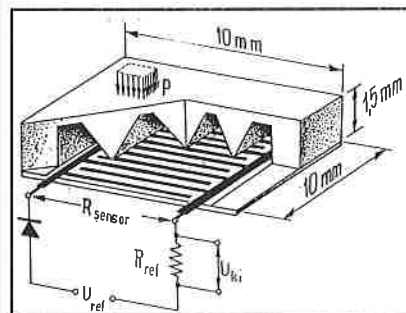
növekszik a vele sorba kötött R ellenálláson mérhető U_k feszültség. Ennek változását mutatja a 10. ábra. A telítődés által megszabott felső méréshatár értékét növelni lehet ugyan több réteg egymásra helyezésével (l. a 10. ábrát), de ezáltal növekszik a mérőelem vastagsága is.

Ezt az érzékelő-típust főleg intelligens robotokban alkalmazzák. Ahhoz, hogy a fogókészülék viszonylag kis felszínén minél több mérőhelyet lehessen elhelyezni, az érzékelő elektródákat közös piezorezisztív rétegre helyezik. Ezek bekötésére két elrendezési mód terjedt el, melyeket a 11. ábra mutatja. A szendvics-rendszerben, melyet az ábra szétvágva mutat [7], a PETP-fóliára felgőzölt elektródák a piezorezisztív réteg ellenkező oldalain helyezkednek el és egyik oldalon soronként, a másikon oszloponként vannak összekötve. A két oldal csatlakozásait multiplex-módszerrel sorban leolvassa adódnak a mért értékek, melyeket számítógép dolgoz fel. Az ún. ablak-módszer [8] esetén mindkét kivetítés a nyomásérzékelő rétegnek a felfekvő felülettel ellentétes oldalán van elhelyezve, az egyik elektróda mintegy ablakként körül fogva a másikat. Ez az elrendezés a mérőhelyek valamivel nagyobb közét eredményezi, de a mérési értékek egyszerre hívhatók le.



11. ábra. Közös piezorezisztív réteget alkalmazó sokmérőhelyes érzékelő szerkezeti felépítésének két kiviteli formája.

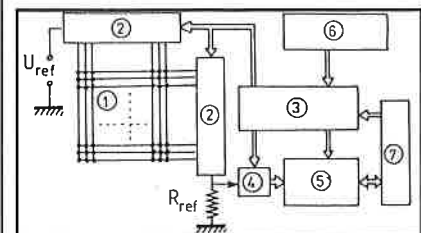
A piezorezisztív rétegek mindegyik kiviteli formája változó igénybevétel esetén többkevesebb hiszterézist mutat. Így gyorsan változó nyomások vizsgálatára kevésbé alkalmasak.



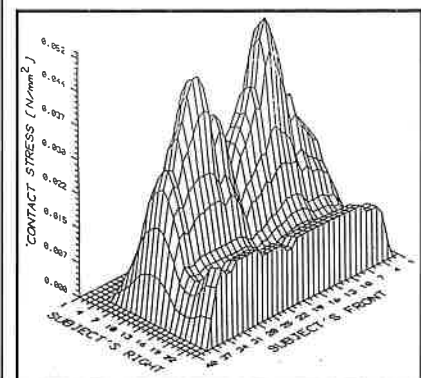
12. ábra. CGMR-módszer érzékelőjének felépítése. A vezető elasztomer fogai a rájuk ható p nyomás alatt ellapulnak és ezzel áthidalják a fésűszerűen egymásba nyúló elektródákat.

b) Torzuló fésűs ellenállásréteg

A 11. ábrán bemutatott érzékelők viszonylag merev réteget képeznek, nagy besüllyedéseket igénylő ergonómiai vizsgálatok számára kevésbé alkalmasak. Ennek a hiányosságának a kiküszöbölésére dolgozták ki a CGMR (Contact Geometry Modulation Resistive Transducer) érzékelőt [9], amelynek felépítését a 12. ábra mutatja. Ennél a recés felszíni félvezető réteg csúcsai zárják rövide a fésűszerűen egymásba érő elektródákat. A felszíni nyomás hatására a rugalmas félvezető réteg alakja eltorzul és ezzel felfekvési felülete az elektródákon megnövekszik, így csökken az átmeneti ellenállás. Mivel a nyomáseloszlás hiteles felrajzolására sok érzékelő szükséges [9] szerint pl. $40 \times 24 = 960$ db), a csatlakozó huzalok számának csökkentésére itt is szükséges a multiplex-kapcsolás, amint azt a 13. ábra mutatja. Úlő személy által székre kifejtett felszíni nyomás számítógéppel kiértékelt eloszlását a 14. ábra mutatja.



13. ábra. A CGMR-módszer elektronikájának bloksémája. 1. Mérézélektrodák 2. Multiplexerek. 3. Vezérlő logikai egység. 4. Analóg-digitális átalakító. 5. Memória. 6. Kezelőpult. 7. Csatlakozó (interface) a számítógéphez.

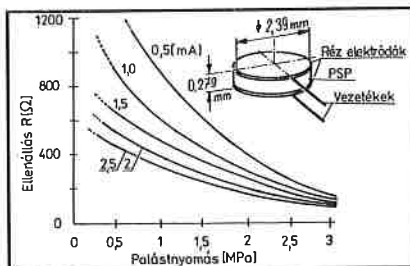


14. ábra. Széken ülő személynek az ülésre kifejtett felszíni feszültsége számítógéppel kiértékelve a 13. ábra berendezésén [9] szerint.

Az érzékelőknek közös áramkörökbe kapcsolása, valamint az előzőekben ismertetett közös piezorezisztív réteg azt eredményezheti, hogy az egyes mérőhelyek villamosan vagy mechanikusan befolyásolják egymást. A villamos befolyásolásra a cross talk kifejezést használják. Ennek csökkentésére vagy mindegyik érzékelő egyik elektródájának közös villamos potenciálra kell lenni, vagy az áramkörökbe egyenirányítót kell elhelyezni az áram visszafolyásának elkerülésére, amint azt a 11. és 12. ábrák is mutatják.

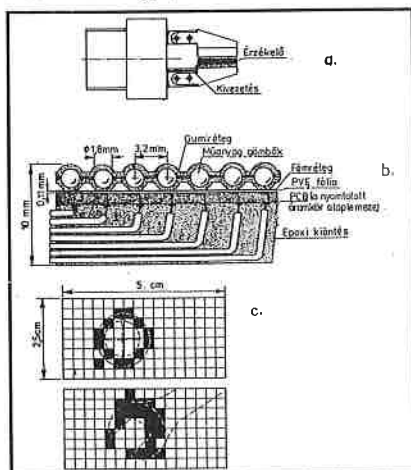
c) PSP-réteg

Kísérlet történt arra, hogy különlegesen kifejlesztett piezorezisztív anyag felhasználásával egészen kis méretű érzékelő elemet készítsenek [10]. A 15. ábrán bemutatott méretű és ellenállás-karakterisztikájú érzékelő félvezető



15. ábra. Nyomásérzékelő festékréteggel (PSP) működő mérőérzékelő felépítése és kalibrációs görbéi [10] szerint.

rétege (PSP: pressure sensitive paint) ritka földfémek vegyülete cirkónium-tetrakloriddal [11]. Az anyag száradó festékként kapható (gyártó: ELAB Microducers Inc. Costa Mesa California, USA), száradás után kemény réteget alkot. A kikeményedett réteg ellenállása erősen hőfokfüggő, különösen 25 és 30 °C kö-



16. ábra. Piezoelektromos elven működő, érintkezési nyomásmérő érzékelővel felszerelt (taktilis) robot-fogókészülék

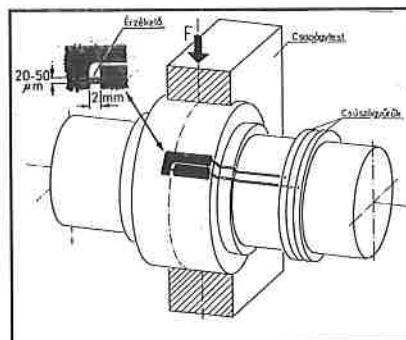
- a) A fogókészülék az érzékelővel
- b) Az érzékelő szerkezeti felépítése
- c) Két példa 8 x 16 mérőhelyes érzékelő által érzékelt érintkezés területi eloszlására. A fogott alkatrészek tényleges körvonalát szaggatott vonallal jelöltük [12] szerint.

zött, hisztérézise viszont elég kicsi. Az alapanyag nyilván igen magas ára mindeddig megakadályozta ennek az érzékelőfajtának a szélesebb elterjedését.

Piezoelektromos elven működő nyomásérzékelők

Az ilyen érzékelőkkel felszerelt nyomásmérő egységeket szintén az intelligens robotok fogókészülékeikben alkalmazzák. Piezoelektromos elemként PVF₂ (polivinilidifluorid) fóliákat alkalmaznak. Egy robot fogófejébe beépített ilyen érzékelő kísérleti kiviteli formáját a 16. ábra mutatja. Az ábra a) részén a fogófej elrendezése látható az alsó fogópórára szerelt érzékelővel. A b) ábrarész az érzékelő szerkezeti felépítését mutatja. A 0,11 mm vastag PVF₂ fólia (gyártó: Solvay, Brüsszel – Belgium) kétoldalt felgőzölt fémbrutásai közül az egyik földpotenciálra van, a túloldaliból az egyes mérőhelyeknek megfelelő elektródákat marataknak ki. A fóliának ezt a felét nyomatott a vezetős számkí. A fóliát lapra helyezve és a kivezetéseket ezen átvezetve egyenként szubminiatur 0.65 mm külső átmérőjű kábelekkal csatlakoztatják kiértékelő elektronikához. Ezeknek a kivezetéseknek a helyszükséglete határozza meg a gyakorlatilag megvalósítható mérőhelyek számát. Az érzékelő réteg fölötti gumiréteg az ebbe beágyazott műanyag gömbökkel van hivatva az emberi kéz puha fogását utánozni. A műanyag gömböket az érzékelő elektródák fölé helyezve a felszíni nyomás az érzékelő helyekre koncentrálódik, ezáltal csökkentve azok kölcsönös befolyásolását, a korábban már említett cross talk effektust. A gumiréteg hőszigetelő tulajdonsága ezen kívül csökkenti még a PVF₂ fólia erős hőfokfüggésének káros hatását is. A 16. ábra c) része 8 x 16 = 128 érzékelő pontból álló érzékelő által rekonstruált felszíni nyomáseloszlás minőségi képét mutatja. Az ábrán szaggatott vonallal bejelöltük a fogott tárgy tényleges körvonalát.

A PVF₂ rétegben a felszíni nyomás hatására keletkező elektromos töltéseket az egyéb piezoelektromos érzékelőknél használatos ún. töltéserősítőkkel alakítják mérhető feszültségértékké. A kiértékelő elektronika felépítése

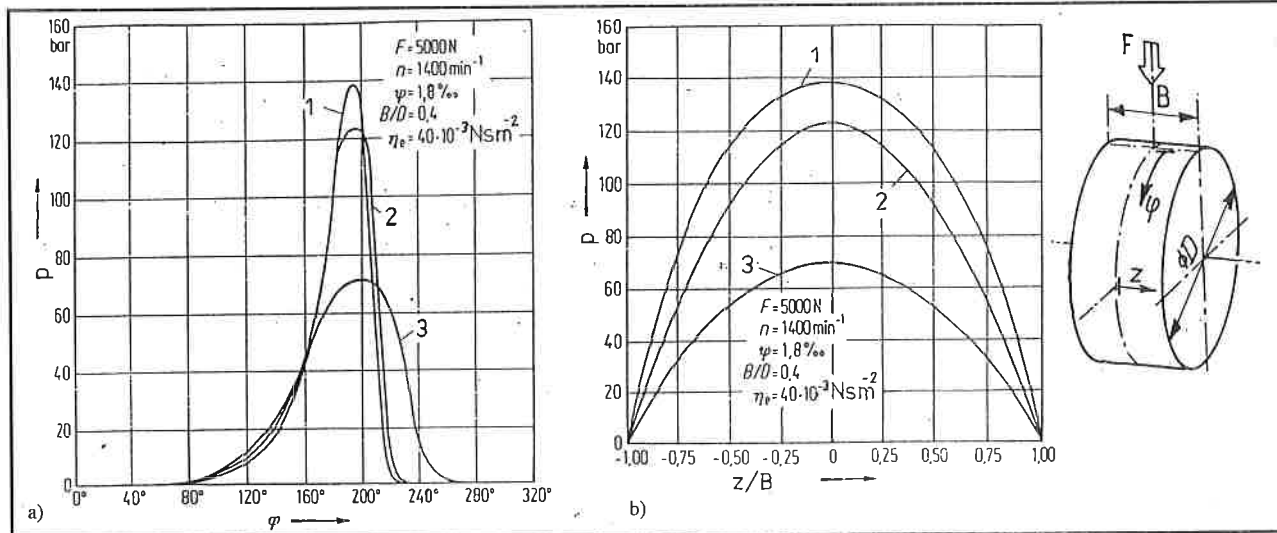


17. ábra. Csap felszínére felgőzölt érzékelő elasztó-hidrodinamikai kenési állapotban levő csapágy olajrétegében fellépő nyomás eloszlásának mérése [13] szerint.

nagyjából hasonló a 13. ábrán bemutatottal, és egyben a fogókészület által kifejtett erő szabályozását is ellátja.

Felszíni nyomás mérése csapágyban felgőzölt érzékelővel

Egy különleges, alapkutatás jellegű vizsgálati módszer elasztó-hidrodinamikai kenési állapotban levő csapágyak kenőanyagrétegében fellépő nyomás vizsgálatára a csap felszínére felgőzölt érzékelő réteggel való mérés. [13] Ehhez a csap felszínére megfelelő szigetelő réteg felvitele után vákuumban mangánin vagy nikkel-króm ötvözetből való réteget gőzölnek fel. Az érzékelő réteg alakját marattással hozzák végleges alakra, amit a 17. ábra mutat. A réteg villamos ellenállása a felszíni nyomás hatására megváltozik (csökken). Ahhoz, hogy a hozzávezetések ellenállása a mérést ne hamisítsa meg, a tulajdonképpeni érzékelő méretét a hozzávezetésekéhez képest igen kicsire kell elkészíteni, amint azt a 17. ábra is mutatja. A tapasztalatok szerint megfelelően felgőzölt érzékelő ellenáll a mechanikai hatásoknak olyan mértékben, hogy a kísérleti járatások időtartamát kibírja. A mérés egyetlen mérőhelyen történik, de a csap forgatása által a nyomásnak a csap egy köre mentén való eloszlása – lényegében a dinamikus nyúlásmérő technikában szokásos mérőhid és regisztráló berendezés segítségével – felrajzolható, amint



18. ábra. A 17. ábra berendezésével mért nyomáseloszlás siklócsapágyban a csap kerülete és az alkotó mentén [13] szerint. A görbék jelölése: 1. Elméletileg meghatározott eloszlás 2. A bemutatott berendezéssel mérve 3. Összehasonlító mérés piezoelektromos nyomásmérőcellával. η_e : kinematikai viszkozitás φ : fajlagos csapjáték.

azt egy példán a 18. ábra a) része mutatja. A nyomás alkotórányban való eloszlását oly módon határozzák meg, hogy a megfelelően hosszú csapot a csapágyban tengelyirányban elmozdítják. Egy ilyen eloszlást a 18. ábra b) része mutat.

A 18. ábrán a felgőzölt érzékelőkkel mért nyomáseloszlást összehasonlították a hidrodinamikai elmélet alapján számítottal és egy konvencionális piezoelektromos mérőcellával mért eloszlással. Az a tény, hogy a felgőzölt érzékelővel mért eloszlás jobban egyezik az elmélettel mint a mérőcellával mért, arra mutat, hogy előbbi az olajréteg folytonosságát kevésbé zavarja meg mint az utóbbi. Az ismertetett vizsgálati módszer nyilván csak laboratóriumban valószínűleg meg, kényes, gondos előkészítést és kísérleti technikát kíván.

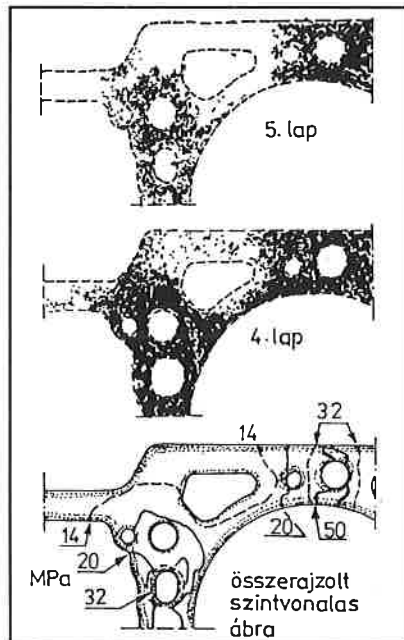
A nyomáseloszlás folyamatos mérése

Különösen a szerelt gépalkatrészek között felfekvő felületeken fellépő nyomáseloszlás vizsgálatára szükség van olyan, nagyobb felületdarabokon egyszerre mérő módszerekre, melyek mérőberendezése olyan vékony fólia, ami a szerelt felszínnek merevségi viszonyait nem befolyásolja. Az ilyen feladatokra két módszer vált ismertté

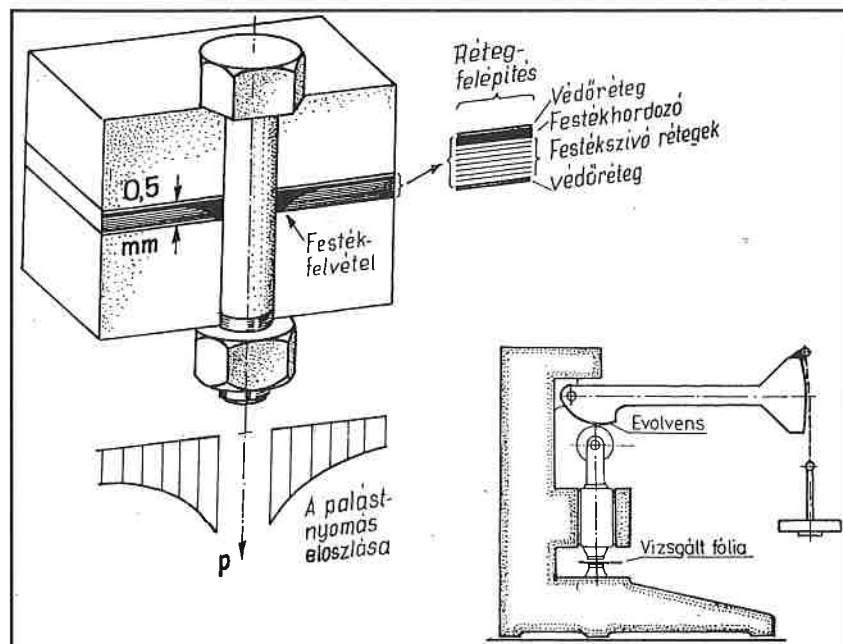
A Lechler-Elring-féle penetrációs fólia

Ez a módszer tulajdonképpen az irodai átütőpapír elvén működik [14]. Egy festékhordozó réteg alá megfelelő számú festékszívó réteget helyeznek (19. ábra). A két szerelt felszín közötti nyomás mértékében hatol a festékhordozó festékanyaga kevesebb vagy több festékszívó rétegbe, ezáltal a felszíni nyomás különböző értéket körül lehet határolni az egyes festékszívó rétegeken megjelenő festékfoltok alapján. Általában 6-10 festékszívó réteget szokás a festékhordozó alá helyezni, így az egész fólia vastagsága a kétoldalt elhelyezett védőrétegekkel (l. a 19. ábrát) együtt kb. 0,5 mm. A festék behatolása az egyes rétegekbe függ az al-

kalmazott festéktől, a hőmérséklettől a felszíni nyomástól és annak működési időtartamától is. Amódszer hitelesítéséhez a 19. ábrán bemutatott berendezés alkalmas, amelyben a fóliát karos emelőn keresztül, súlyterheléssel megvalósított, ismert nagyságú felszíni nyomással terhelik. A terhelés időtartama és a hitelesítéskor uralkodó hőmérsékletnek egyeznie kell a kísérlet körülményeivel. Általában 20-90 perc terhelési időtartam szokásos, hogy a felszíni nyomás keltéséhez szükséges szerelés esetleg eltérő időtartama ne okozzon kiértékelési hibát. Egy példát motor hengertejének felfekvő felszínén fellépő nyomáseloszlás mérésére a 20. ábra mutat. Az ábra felső felén a festékhordozó alatti 4. és 5. festékszívó rétegen (lapon)



20. ábra. Példa a penetrációs fólia alkalmazására és az érintkezési feszültség szintvonalai az egyes lapok festéknyomainak határvonalai alapján [14].



19. ábra. A Lechler-Elring-féle penetrációs fólia érintkezési feszültség mérésére és a számszerű kiértékeléshez szükséges hitelesítő berendezés.

észlelt festékezés és a felszíni nyomásnak az egyes lapok festékezésének képe alapján megrajzolható szintvonalai vannak felrajzolva.

Ezt a vizsgálati módot eredményesen alkalmazták különösen a gép- és járműiparban, de valószínűleg kizárítja a következőkben ismertetendő módszer

A Fuji prescale film

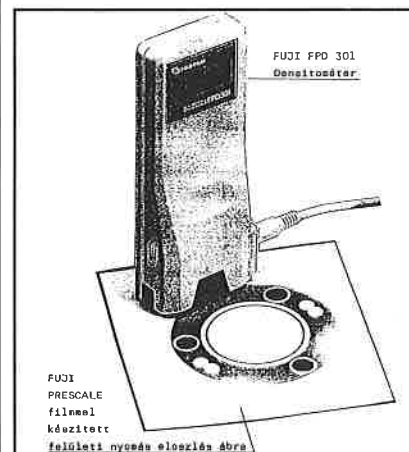
Ezt a felületi nyomásérzékelő fóliát a színes fényképezés filmanyagának tapasztalatai alapján dolgozták ki [15]. Működése azon alapul, hogy a különböző nagyságú, mikroszkopikus méretű kapszulákban színeképző anyag van elhelyezve. A kapszulákat tartalmazó réteg mellett külön helyezkedik el egy előhívó tartalmazó réteg. A fóliára ható felszíni nyomás hatására a kapszulák (nagyságuk sorrendjében) felrepednek, és a színeképző az előhívóval érintkezésbe kerülve élénk piros színűre hívódnak. Mivel növekvő nyomással a felrepedt kapszulák részaránya nő, a fólia színárnyalata is a felszíni nyomás függvénye lesz.

A gyárilag előállított fólia a kereskedelemben kapható, négyféle érzékenységi fokozatban.

Az LLW típusjelű fólia mérhető nyomástartomány 0,5 - 2,5 MPa, az LW jelű 2,5 - 10 MPa, az MW jelű 10 - 50 MPa, a HS jelű pedig 50 - 130 MPa.

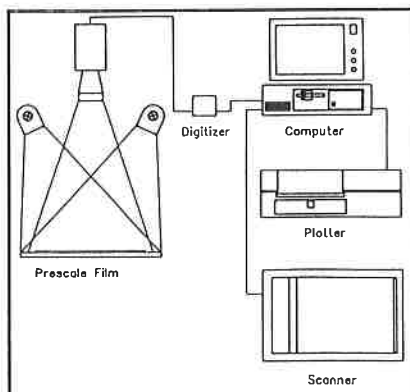
Az első három típus két különálló rétegből áll: az egyik (A-film) tartalmazza a színeképző anyagot tartalmazó kapszulákat, a másik (C-film) az előhívó anyagot. A HS típusú egyrétegű, mind a színeképzőt, mind az előhívót tartalmazza. A fóliák 5 - 35 °C hőfokon, 20 - 90 % relatív légnedvesség között alkalmazhatók.

A kísérlet tartamára a gyártó kétféle programot ad meg: *tartós terhelés esetén* a szerelési időtartam és a szerelt állapot 2-2 percig tartson, míg *transziens terhelés esetén* a két időtartam 5-5 sec. A fenti körülmények betartása esetén a keletkezett képek a gyártó által megadott színskálával közvetlenül összehasonlíthatók, ezáltal hozzávetőleges képet kaphatunk a felszíni nyomás eloszlásáról. Ennél sokkal pontosabb mérési eredményekhez juthatunk a fólia színének denzitometrikus kiértékelése útján. Ehhez a gyártó kifejlesztette az FPD 301 típusjelű kézi digitális denzitométert (21. ábra). Ez a vizsgálat felfekvő felszín 2 mm



21. ábra. Fuji prescale filmmel készített érintkezési feszültség ábra és annak számszerű kiértékelésére kifejlesztett FUJI FPD 301 típusú denzitométer, [15] szerint.

átmérőjű tartományára ható felszíni nyomás értékét közvetlenül kijelzi vagy az FPD 303 típusú íróberendezésen kinyomtatja.

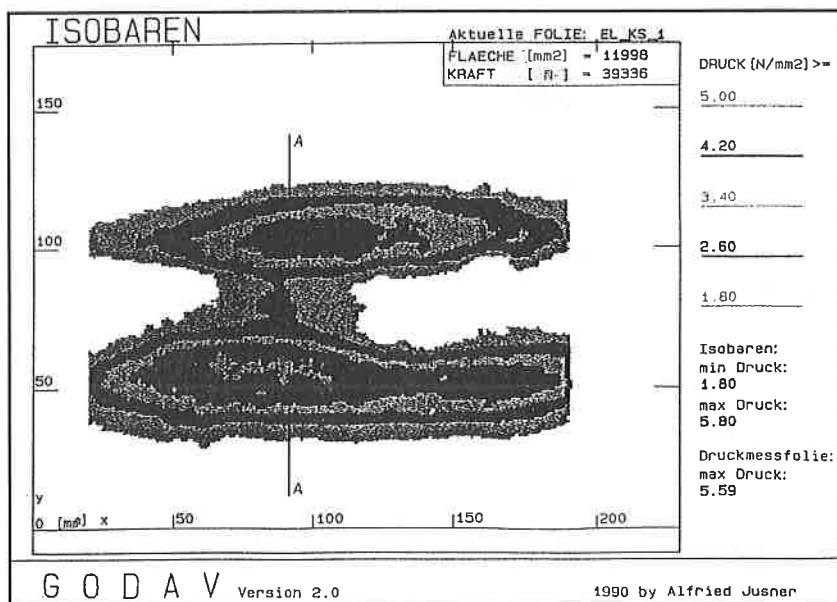


22. ábra. A Jusner-féle kiértékelő berendezés a FUJI Prescale filmek lenyomatainak egyidejű szintvonalas kiértékelésére [16] szerint.

A pontonkénti kiértékelést elkerülendő, Jusner és Hoffmann [16] az elszíneződött fóliának videó-kamerával felvett képét digitalizálja 16 denzitometriai fokozatban, majd ezeket kalibrációs színkálával összehasonlítva felületi nyomásértékekre számítja át. A kiértékelő berendezés blokk-sémáját a 22. ábra mutatja. A számítógépi memóriában tárolt nyomásértékekből szintvonalas ábrákat rajzol ki, amire egy példát a 23. ábra mutat.

Irodalom

- [1] Ponomareff Sz. D.: Szilárdsági számítások a gépészetben 3. kötet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
- [2] Mickel, E.-Stadelmann, W.: Die Zylinderkopfdichtung im wassergekühlten Fahrzeugmotor. ATZ 59/1957/ 9. sz. 265-269. o.; 60/1958/ 1. sz. 13-19. o.
- [3] Fastorq DTI Washer (Ismeretetés) Turbomechanics 35/1994/ 1. sz. 49. o.
- [4] Brosh, L.-Arcan, M.: The sitting posture as a contact mechanics problem. Proc. 9th Int. Conf. on



23. ábra. Példa a 22. ábra berendezésének alkalmazására (felszíni nyomás darusín és rugalmas alap között). A szintvonalas ábra eredetileg színes, [16] alapján.

Experimental Mechanics, Copenhagen. 1. kötet 122-131. o.

- [5] Borbás, L.-Dajka, J.: „ERGOTEST” investigations to determine the geometry of drivers seat in auto-buses and lorries. Proc. 8. Danubia-Adria-Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics. Gödöllő, 1991. 12-13. o.
- [6] Gurram, R.-Gouw, G. J.-Rakheja, S.: Grip pressure distribution under static and dynamic loading. Experimental Mechanics. 33/1993/ 3. sz. 196-173. o.
- [7] Ryosuki Masuda: Tactile signal processing and tactile feedback control for dexterous handling motion. Proc. IEEE Int. Workshop on Intelligent Robots and Systems, Tokyo 1988, 53-58. o.
- [8] Hirzinger-Dietrich: Multi-Sensor-System für Roboter. Technisches Messen 53/1986/ 286-292. o.
- [9] Prutchi, D.-Arcan, R.: Dynamic contact stress analysis using a complaint sensor array. Measurement 11/1993/ 197-210. o.
- [10] Brown, T. D.-Muratori, D. R.: Miniature piezore-

sistive transducers for transient fast-body contact-stress problems. Experimental Mechanics 19/1979/ 214-219. o.

- [11] Clark, D. B.: Pressure-sensitive material measures explosion forces or footfall of a fly. Product Engineering, 1957. szept. 16. 106-109. o.
- [12] Fiorillo, A. S.-Dario, P.-Bergamasco, M.: A sensorized robot gripper. Robotics 4/1988/ 49-55. o.
- [13] Peecken, H.-Köhler, A.: Moderne Messtechnik mittels aufgedampfter Geber in Gleit- und Wälzlager. Konstruktion 32/1980/ 6. sz. 241-246. o.
- [14] Schäfer, R.: Verfahren zur Bestimmung der Pressungsverteilung zwischen verspannten Flächen. MTZ 9/1970/ 391-394. o.
- [15] FUJI FILM PRESCALE Pressure Measuring System. Users Handbook A FUJI Photo Film Co. Ltd. ismertetője.
- [16] Jusner, A.-Hoffmann, K.: Graphik-orientiertes Druckmessfolien-Auswerte-Verfahren (GODAV). ÖIAZ 136/1991 7/8. sz. 327-330. o.

Könyvismertetés

Szalai József: A faanyag és faalapú anyagok anizotróp rugalmasság- és szilárdságtana (A mechanikai tulajdonságok anizotrópiája)

Sopron, 1995. A szerzők kiadása. Terjedelme: 399 oldal, 183 ábrával.

A könyv egyrészt a fával foglalkozó szakemberek (faipari mérnökök, faipari üzem-mérnökök, faépítéssel és -építéssel foglalkozó mérnökök, technikusok) érdeklődésére tarthat számot, másrészt a faipari mérnökképzés tankönyveként használható. Bemutatja a természetes faanyag biológiai növekedése során kialakult és a faalapú anyagok (rétegelt lemezek, forgácslap, farostlemez stb.) mesterségesen kialakított belső szerkezeti felépítését és annak anizotrópiával való kapcsolatát. A kristályok szerkezeti felépítésének analógiájára egységes szemléletet ad az anizotrópia értelmezésére és jellemzésére. A mechanikai viselkedés két alapvető jellemzője a rugalmasság és a szilárdság. Az ezekkel kapcsolatos legújabb elméleti és kísérleti eredmények képezik a könyv tárgyát. Összefoglalja és értékeli a korábbi tudományos eredményeket kiegészítve azokat a legújabb kísérleti tapasztalatokkal. Tartalmazza néhány fontos fafaj és faalapú anyag konkrét anyagjellemzőit. A faszerkezetek méretezésével foglalkozó szakemberek számára bemutatja és elemzi az anizotróp anyagokra alkalmazható tönkremeneteli elméleteket. Útmutatást ad az ezen a szakterületen szükséges további kutatások irányvonalára.

Megrendelhető: Dr. Szalai József, egyetemi docens

Erdészeti és Faipari Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék. 9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.

Ára: 1350 Ft + 12% áfa = 1512 Ft.

A szállítás utánvétellel, a postaköltség felszámításával történik.

A METALLOGRÁFIA

anyagai,
berendezései

Az Ön partnere az anyagvizsgálatban

**GRIMAS® IPARI
KERESKEDELEM**

Tel.: 277-4470; Fax: 276-0557

Szövetségünk munkájáról

Tisztelt Tagtársak!

Tisztelettel köszöntöm Szövetségünk tagjait abból az alkalomból, hogy vezetőségünk határozata értelmében, a tagdíjfizetők egyúttal díjtalan előfizetőivé váltak az Anyagvizsgálók Lapjának.

E negyedévenként megjelenő szaklapból nem csak átfogó képet kaphatnak a szakterületünket közvetlenül is érintő, a tartályok minőségbiztosításához és állapotellenőrzéséhez, de az esetleges káresetek okainak feltárásához is nélkülözhetetlen korszerű vizsgálati módszerekről és eszközökről, hanem Szövetségünk önálló hírvonatából rendszeresen tájékozódhatnak tevékenységünkről, vezetőségünk határozatairól, annak érdekében is, hogy kapcsolódni tudjanak a magunk elé tűzött feladatok érdemi megoldásához. Alap és benne a hírvonatunk arra is módot ad, hogy tagjaink közölhessék felelősségteljes szakmai munkájuk tapasztalatait, és véleményeiket az érvényben lévő rendelet-szabályzat-szabvány-rendszerünkben bizonyára fellelhető ellentmondásokról, illetve ezek feloldására vonatkozó javaslatokról, továbbá a Szövetségünk szakterületébe tartozó kérdésekről.

Tagjaink előtt jól ismert, hogy Szövetségünk megalakulását az Európai Unió irányelveit szem előtt tartó jogszabály-harmonizáció, nevezetesen a 11/1994. IKM tartályrendelet indította, célul tűzve a társadalmi támogatást és érdekképviselést ezen műszaki biztonságtechnikai és környezetvédelmi, de visszahatásában – pl. a tárolási veszteségek csökkentése, illetve az esetleges károk megelőzése révén – gazdasági szempontból is fontos szakmai tevékenységhez.

Ahhoz, hogy a több tízezer tárolótartály állapotellenőrzése, karbantartása és javítása a rendelet követelményeivel összhangban szakszerűen, egységesen értelmezett műszaki és vizsgálati elvek szerint valósuljon meg, Szövetségünk elsődleges feladatának tekintette a vizsgaköteles tanfolyami képzés megszervezését. Ez célszerűen az Oktáv

Rt. intézményi bázisán valósult meg, és 1994. júliusától rendszeres a tartályvizsgáló, -tisztító illetve karbantartó-javító szakokon a tanfolyami képzés. A szakképesítés megszerzésének feltételeit, illetve az egyes képesítések tevékenységi körét az Anyagvizsgálók Lapja ez évi 2. számában indított hírvonatunkban is közöltük.

Annak érdekében, hogy a képzés, illetve a vizsgáztatás műszaki tartalma, illetve követelményei összehangoltan érvényesüljenek, Tartálytechnikai Tanúsító Testület szervezését kezdeményeztük, – az alakuló ülés szeptember 27-én volt –, amelyben mind a társadalmi szakmai szervezetek, mind az érdekelt hatóságok és intézményeinek képviselői helyet kapnak.

Szövetségünk ugyancsak feladatának tartja részvételét a szakterületet érintő törvény- és rendelettervezetek véleményezésében, és a hozzájuk kapcsolódó szakmai szabályzatok, szabványok kidolgozásában, illetve a meglévők szükség szerinti módosításában.

Mivel jelenleg a civil szervezetek részvételi mechanizmusa ezen feladatokban még akadozva működik – tapasztalhattuk éppen a 11/1994. IKM rendelet módosítása során is –, ezért is tartotta vezetőségünk fontosnak alapító tagként jelen lenni a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) és a Nemzeti Akkreditálási Testület (NAT) alakuló közgyűlésein, és képviselőink révén rendszeres információs és munkakapcsolatot létesíteni e köztestületekkel.

Vezetőségünk legutóbbi, október 2-i ülésén dr. Somogyi György tagtársunkat kérte fel a szabályzattervezet szerteágazó munkájának koordinálására. Ezúton is kérem jogi tagjainkat és szakértő tagtársainkat, hogy tekintsék kiemelt szövetségi feladatnak a tárolótartályok biztonságtechnikai szabályzatának kidolgozását.

Holl Józsefné
elnök

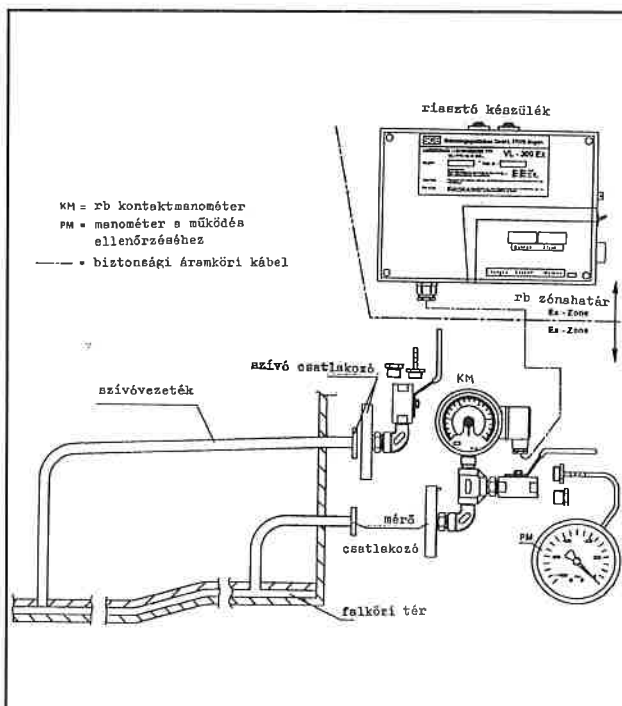
Engedélyezett szivárgásfigyelő készülékek

Szövetségünk több szakmai fórumán tagtársaink már megismerkedhettek – működő modelleken szemlélítve is – a német SGB – Sicherungsgerätee Bau GmbH. szivárgásfigyelő készülékeivel, amelyek a dupla falú vagy fenékű tárolótartályok, illetve dupla falú csővezetékek száraz falközi terében létesített vákuum, vagy túlnyomás lyukadás okozta megváltozására hang- és fényjelzéssel figyelmeztetik az üzemeltetőt. Az ilyen közvetlen és folyamatosan működő egyedi szivárgásfigyelő készülékkel felszerelt tartályok és csővezetékek tulajdonképpen folyamatos tömörségi próba alatt üzemelnek. Alkalmazásukkal a lyukadás okozta környezetszennyezés teljes biztonsággal elkerülhető.

Az SGB-szivárgásfigyelő készülékekre – a 11/1994. IKM rendelet előírásának megfelelően – **az ÁEEF megadta a behozatali engedélyeket.** A kizárólagos hazai forgalmazó, a Testor BT. pedig, az Oktáv Rt. szervezésében eddig már három alkalommal tartott **szerezői és karbantartói tanfolyamot**, mégpedig azon cégek tagjai és alkalmazottai számára, akik korábban már megszerezték a tartályvizsgálói képesítést. Így ezen kiegészítő képzéssel ezek a szakemberek jogosultakká váltak az SGB-szivárgásfigyelő készülékek rendszerbe szerelésére, az évenkénti, illetve az esetleges riasztási eseményt követő kötelező funkcionális ellenőrzésére, valamint a karbantartási munkák elvégzésére, és minden ilyen tevékenység aláírásukkal hitelesített jegyzőkönyvezésére.

Mindezek eredményeként a közvetlen és folyamatos szivárgásfigyelést megvalósító **SGB-készülékek rendszerbe szerelt hazai alkalmazásának minden műszaki és jogszabályi feltétele teljesült.**

– ferko –



Az SGB VL-300 Ex robbanásbiztos kivitelű, vákuumos szivárgásfigyelő rendszerbe szerelési vázlata a föld feletti, álló, hengeres, dupla fenékű tárolótartály példáján

Módosították a tartályrendeletet

Tagságunk előtt nem kell bizonyítani, hogy a 11/1994. (III. 25.) IKM rendelet hatálybalépése óta megelégnél a szakmai tevékenység az éghető folyadékok és olvadékok tárolásában érdekeltek körében. Ezért is kísérte mindig élénk érdeklődés azokat a fórumokat, amelyek a rendelet alkalmazásával szerzett tapasztalatok áttekintését tűzték napirendre, módot adva a hatóságot képviselők és az érintettek kötetlen párbeszédére, segítve a félreértések tisztázását, illetve az esetleges rendeletmódosítást vagy a rendelet révén kötelező alkalmazásúvá vált szabványok, illetve szabályzatok módosítását kívánó kérdések körülhatárolását.

Az ÁEEF, mint illetékes hatóság képviseletében dr. Somogyi Sándor műszaki igazgatóhelyettes már az Anyagvizsgálók Lapja ez évi február 14-i fórumán körvonalazta a közel egy év tapasztalata alapján szükségesnek ítélt módosításokat is (AL 1995/1. sz.). Ezt követően Szövetségünk vezetősége a rendeletmódosítás első tervezetéhez kialakította saját véleményét, és az egységes értelmezést és végrehajtást segítő műszaki irányelvek (MI) tervezeteit. Ezek képezték a június 19-i tartályfórumunkon a megvitatás tárgyát, melyeket ezt követően postáztunk is írásos véleményezés céljából, igaz az MI-tervezetekhez már nem mindenben illeszkedő módosított rendelettervezettel. Az ezekre kapott tucatnyi írásos észrevételekért ezúton is kifejezzük köszönetünket.

Végül is észrevételeinkre hatósági visszajelzést nem kapva, már csak a megváltoztatott rendeletet olvashattuk a Magyar Közöny 1995/76. számában 44/1995. (IX. 15.) IKM sorszámmal.

Ilyen előzmények után szervezte meg az Oktáv Rt. a Szövetség felkérésére az október 2-ai rendeletértelmező tartályfórumot, amelyen az ÁEEF képviseletében dr. Somogyi Sándor műszaki igazgatóhelyettes adott részletes tájékoztatást, mégpedig egységes keretbe foglalva a tartályrendeletet módosító 44/1995. (IX. 15.) IKM, a szénhidrogén-emisszókortárolásáról szóló 9/1995. (VIII. 31.) KTM és a kereskedelmi tevékenységet módosító 11/1995. (IV. 27.) IKM rendeletek nyomán kialakult jogszabályi helyzetet. Továbbá, véleményezésre átadta a résztvevőknek az ÁEEF 6/1995 számú Műszaki Igazgatóhelyettesi Szakmai Utasítás tervezetét, amely az ÁEEF-szervezeteinek összehangolt jogszabályalkalmazását írja elő. A résztvevők számos kérdést tettek fel, és ezzel interaktívvá vált a tájékoztató előadás, biztosítva az összefüggés forrásait. A megváltozott helyzet lényeges elemeit az alábbiakban foglaljuk össze.

A rendeletmódosítások lényeges elemei

A 11/1994. (III. 25.) IKM alaprendeletet (R) módosító 44/1995. (IX. 15.) IKM rendelet (RM) kiterjesztette az R hatályát

- a maró és mérgező folyadékokat tároló tartályokra is, amelyeket a tulajdonosnak ez év végéig be kell jelenteniük a hatóságnak;
- a tároló létesítmény egészére is, azaz a tartályok működéséhez szükséges technológiai, biztonsági berendezésekre, a csővezetésekre, szerelvényekre, tartozékokra, és azok elhelyezésére, használatbavételére, javítására, felújítására, átalakítására, továbbá ellenőrzésére.

Az R 8.§-ának módosított (1) és (4) bekezdései, valamint az új (5) bekezdés értelmében

- a jövőben nem csak a létesítmény telepítéséhez kell létesítési, illetve üzemeltetéséhez használatbavételi engedélyt kérni, hanem javítási engedélyt is a létesítmény javításának, felújításának, átalakításának az elvégzéséhez, és a tulajdonosnak kell a kérelemhez csatolni az új 6. mellékletben megnevezett és az esetben érdekelt hatóságok hozzájárulásait is;

- megszűnt a fennmaradási engedély fogalma! Így az új 8.§ (4) szerint, az R hatálybalépése előtt telepített, illetve üzembe helyezett, de létesítési, illetve használatbavételi engedéllyel nem rendelkező tartályok (tároló létesítmények) – ha jogszabály másként nem rendelkezik [pl. a 9/1995. (VIII. 31.) KTM] – az RM hatálybalépésétől számított nyolc évig tovább használhatók. De ezekre is érvényes a bejelentési, valamint az új 13.§ (1) szerinti ellenőrzési kötelezettség. Továbbá, ha a nyolc év alatt javításra, felújításra kerül sor – ami engedélyköteles –, akkor a tároló létesítményt a vonatkozó szabványokban előírt állapot-

ba kell hozni, és utána használatbavételi engedélyt kell kérni. Ennek hiányában a tároló létesítmény nem üzemeltethető tovább.

Ide kapcsolódik viszont az egyes kereskedelmi tevékenységek gyakorlását módosító 11/1995. (IV. 27.) IKM rendelet 4. § (1) bekezdése, miszerint „...a kőolaj- és földgáztermékekkel történő nagykereskedelmi tevékenység esetén a nyilvántartásba vétel feltétele, hogy a kereskedő rendelkezzen a termék tárolásához szakhatóságok által alkalmasnak minősített raktárral, helyhez kötött tárolótartállyal...” Ez pedig akkor megfelelő, ha van használatbavételi engedélye!

Közbevetőleg meg kell jegyeznünk, hogy az R alapján eddig kiadott fennmaradási engedélyeket a hatóság használatbavételi engedélynek ismeri el, illetve az R alapján folyamatban lévő fennmaradási kérelmekre, a feltételek teljesülése esetén, használatbavételi engedélyeket fog kiadni.

Továbbá, mód lesz arra is, hogy a hatóságilag előzetesen engedélyezett javítási típus technológiák szerint elvégezhető javításokra ne kelljen eseti engedélyeket kérni, hanem csak a javítás megtörténtét kelljen bejelenteni.

Visszatérve az R alaprendeletre, amelynek 13. §-ának (1) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(1) A tárolótartályoknál időszakos ellenőrző vizsgálatokat kell tartani, amely tízévenkénti belső tisztításból, szerkezeti vizsgálatból és ötévenkénti tömörségi próbából áll.”

Megjegyezzük, hogy az éveket a tartály használatbavételének napjától kell számolni. Azaz, ha valamely tárolótelepen több tartály üzemel, akkor is az egyes tartályok üzemeltetési helyére kiadott használatbavételi engedélynek a dátuma az irányadó.

A közvetlen és folyamatosan működő egyedi szívárgásfigyelő berendezéssel felszerelt dupla falú tartályok tömörségi próbája a szívárgásfigyelő rendszer működésének évenkénti ellenőrzése.

Ide kapcsolódik a motorbenzinek tárolásakor, töltésekor, szállításakor és áttöltésekor keletkező szénhidrogén-emisszió korlátozásáról szóló 9/1995. (VIII. 31.) KTM rendelet, amelynek 6. §-a szerint két-évenként ellenőrizni kell a gőz visszavezető vagy véggázkezelő előírt hatásfokú működését. Ezen korszerű környezetvédelmi berendezések felszerelésére, a rendelet hatálybalépése előtt üzembe helyezett létesítményeknél, – az éves motorbenzin-forgalomtól függően – 3–10 év türelmi idő van engedélyezve, (lásd a táblázatot) kivéve ha időközben az üzemanyagtöltő-állomás nem kerül felújításra.

Az átalakítás türelmi ideje a 9/1995. (VIII. 31.) KTM 9. §-a szerint

A létesítmény	Korszerűsítés és türelmi idő	
Üzemanyagtöltő-állomás éves forgalma m ³ -ben külterületen: 		

Szövetségünk időről időre hasonló fórumok megszervezésével kívánja kellő részletességgel tájékoztatni tagságunkat és az érdekelt feleket a jogszabályi környezetünk változásairól, illetve a közérdekű tapasztalatokról.

Dr. Lehofer Kornél

Az American Society for Non-destructive Testing (ASNT) etikai kódexe

Ezen etikai kódex – szelelmében és megfogalmazásában – vezérelvként kell szolgáljon az ASNT működése és a tagsága számára. Minden tag kötelessége, hogy mindenkor betartsa a következőket:

1. A tag mindenkor szem előtt kell tartsa az Egyesület jó hírnevét.
2. A tag tevékenysége során megtartja a szakmai fegyelmet, korrekt módon viselkedik partnerével, legyen az alkalmazó, alkalmazott, ügyfél vagy versenytárs; tiszteltben tartja partnereinek személyi szabadságát és önállóságát; betartja az írott és íratlan törvényeket valamint erkölcsi normákat.
3. Nem tart kapcsolatot olyan szervezetekkel, amely az Egyesület vagy saját nevét megtévesztő módon használja.
4. Elkerüli, hogy az Egyesület bármelyik tagjának szakmai hírnevét vagy üzleti tevékenységét közvetlenül vagy közvetetten rontsa.
5. Hírdetései legyenek szakmailag megalapozottak, az üzleti ajánlatok kizárólag valós adatokon alapuljanak, ne legyenek részrehajlóak és mentesek legyenek kétes magatartástól.
6. A vevőnek mindenkor korrekt információt kell adni annak érdekében, hogy a roncsolásmentes anyagvizsgálókról, az Egyesületünkről helyes kép alakuljon ki.
7. A roncsolásmentes anyagvizsgáló munkavégzéséhez információkat

kap, a vizsgálatok során megállapításokat tesz, ezeket mindenkor bizalmasan kezeli, hacsak ellenkezőjére nem hatalmazták fel.

8. Nem szabad eladni ugyanazt a tevékenységet vagy szolgáltatást többször, hacsak ebben a felek másként nem egyeznek meg.
9. A vevő megbízásainak mindenkor a legjobb tudásuk szerint tesznek eleget. A munkavégzésük során szem előtt tartják az élet és vagyonbiztonság követelményeit, a társadalom és a környezet védelmét.
10. Folyamatosan fejleszti a roncsolásmentes anyagvizsgálatot a kapcsolatban álló szakmai körökkel együttműködve, az elért eredményekről rendszeres tájékoztatást ad, ehhez felhasználja az Egyesület által nyújtott lehetőségeket (szemináriumok, konferenciák, szaksajtóban közzétett publikációk stb.).
11. Az Egyesület ösztönzi és támogatja tagjait szakmai fejlődésükben, e tekintetben kiáll tagjai mellett a munkaadókkal és felügyeleti intézményekkel szemben.
12. Amennyiben a jelölt az etikai kódex előírásainak szellemében cselekszik, az Egyesület nem zárkózik el a tag felvétele elől.

Megjegyzés: A kódex első alkalommal 1964-ben, a fenti szöveg az 1991. évi felülvizsgálatot követően jelent meg.

A mérnökök társadalmi szerepe és felelőssége

A párizsi székhelyű FEANI, az Európai Mérnökszervezetek Szövetsége – az 1951. évi megalakulását követően első ízben – Budapesten, szeptember 26–29. között tartotta közgyűlését, vb- és munkabizottsági üléseit. E rangos eseménysorozat még ünnepélyesebbé tette az eurómérnöki diplomák átadási aktusát, amely elismerésben idén 65 kollégánk részesült, és ezzel a magyar eurómérnökök száma 317 főre emelkedett.

A testületi üléseken túl, kiemelkedő esemény volt az a **nemzetközi konferencia**, amely a **mérnökök szerepe és felelőssége a szociális jólét megteremtésében** témakört tűzte napirendjére.

A félnapos konferencia, dr. Konkoly Tibor elnökletével, a fegyelmet időbeosztásnak köszönhetően, továbbgondolásra alkalmas módon, több szempontból közelítve bizonyította a közös nyilatkozatban megfogalmazottakat, miszerint: „...a mérnöki közösségnek alapvető szerepe van a fenntartható fejlődésben, a természetes és az épített környezetünk védelmében, a technológiák fejlesztésében és elterjesztésében, amelyekkel meghatározó módon járulnak hozzá a szociális jólét megteremtéséhez.”

Az elhangzottak gondolati lényegét leszűrve és továbbgondolva, a konferencia üzenete eképp összegződött bennem.

A mérnöki közösségre a társadalmi munkamegosztás által kiosztott felelősségteljes szerep kör betöltése megkívánja a mérnöki hivatás etika szabályainak árnyaltabb felmutatását és értelmezését, valamint érvényesítése társadalmi feltételeinek megteremtését, illetve – ha kell – kikényszerítését demokratikus eszközökkel. Az ebből fakadó, illetve az ehhez kapcsolódó feladatok rendszeres ellátása a mérnökszervezetek egyik alapvető feladata kell legyen.

A mérnököktől elvárható és a társadalmi ellenőrzés által számon is kérhető felelősségteljes magatartás alapja a függetlenség a szakmai módszerek és eszközök megválasztásában és a döntéshozatalban. Ugyanúgy, ahogy ez az orvosok tevékenységében ma már sokkal kiegyensúlyozottabban érvényesül, köszönhetően az orvosi etikát 2000 év óta máig is tápláló hippokratészi gyökereknek.

Azt, hogy milyen mértékű károk – és nem csak anyagi! – származhatnak abból, ha a mérnöki közösség így értelmezett cselekvési és döntési függetlenségét a kiegyensúlyozott civil társadalom fölé nőtt politikai hatalom akár csak alkalomadtán, pláne ha a diktatúrákra jellemzően tartósan korlátozza, mindannyian tudunk saját tapasztalatból is honi példákat sorolni.

A felelősségteljes mérnöki magatartás kialakításában jelentős

szerepe van az oktatásnak, amely képessé kell tegye a mérnököt a műszaki és társadalomtudományi – az ún. social systems engineering – ismeretek rendszerszemléletű alkalmazására – felhasználva a társadalmi érdekcsoportokkal folytatott párbeszéd során megfogalmazott igényeket, de szem előtt tartva a fenntartható fejlődés stratégiai célt –, azaz a közjólét emelését szolgáló igények kielégítésére olyan megoldás-változatok kidolgozására teszi képessé, amelyek közül kizárólag logikai elveket követve lehet választani és megvalósításáról dönteni.

Szerencsére ennek a szemléletnek a honi mérnökképzésben a reformkorig visszanyúló gyökerei vannak, amelyből, mindennek előtt Pattantyús Á. Géza műegyetemi tanár gondozásának köszönhetően, ma is követhető irányt mutató eszmefa növekedett, amelyet, és ez a fontosabb, mérnökeink világszerte – szervezeten a FEANI által is – elismerésre méltó tevékenysége igazolt!

Befejezésül hadd idézzem Pattantyús Á. Géza professzor úr szavait abból az előterjesztésből, amelyet a mérnökképzés korszerűsítése körüli mérnökegyületi vitában, 1931. október 17-én a MMÉE Gépészeti, Gyáripari és Elektrotechnikai Szakosztályának ülésén adott elő. (Megjelent az MMÉE Közlöny 1932/33–36. számában, a 193–198. oldalon.)

„...A technikai haladás századában a mérnökképzést... évről évre jobban ríhezíti a tanulmányok tárgyi tartalmának rohamos bővülése, amellyel szemben áll a tanulmányi idő korlátozottsága és a diák túlterheltségének veszélye. ...A nehézségeket kétféle módon igyekeztek áthidalni. Az egyik irányzat... különösen Németországban... az ún. specialisták nevelését tűzte ki feladatául.

Műegyetemünk ezzel szemben kezdettől fogva mindvégig kitarított a másik irányzat mellett, amely abból az elvből indult ki, hogy minden mérnöki részlettudásnak a gyökere a mélyen megalapozott és a gyakorlat követelményeit mindenkor szemmel tartó elméleti képzés. (...) De még ennek a helyes elvnek szemmel tartásával is egyre bővül a felsőoktatás anyaga, nemcsak a szorosan vett technikai irányú gyakorlat tárgyi tartalmának megnövekedésénél fogva, hanem azért is, mert a magyar mérnöknevelésnek fokozott súlyt kell vetnie arra is, hogy a műegyetemi hallgató a technikai feladatok gazdasági és szociális vonatkozásait, közgazdasági és közigazgatási kapcsolatait is megismerje.”

Dr. Lehofer Kornél

A törésmechanika rövid története

Dr. Tóth László*

„It has been said that no man is civilized or mentally adult until he realises that the past, the present, and the future are indivisible.” (Azt tartják, hogy az ember nem civilizált vagy szellemileg nem érett mindaddig, amíg tudomásul nem veszi, hogy a múlt, a jelen és jövő egy és oszthatatlan.) Igaz ez a tudomány bármely területére, így a törésmechanikára nézve is. E közlemény egy rövid áttekintést kíván adni mindazon mérőföldkövekről, amely lehetővé tette azt, hogy a Royal Society már 1979-ben *Fracture Mechanics in Design and Service – Living with Defects* címmel szervezhette meg konferenciáját.

Bevezetés

Tudván azt, hogy a „történetnél” már csak a „történelmet” nehezebb és kockázatosabb írni nem vállalkozhatom a törésmechanika teljes részletességű történeti háttérének bemutatására. Ennek nyilvánvalóan több oka van. Az egyik, és legkézenfekvőbb az, hogy ismereteim bizonyára hiányosak. Másik okot a területi kötöttségek okozzák. Hogy mégis születőben van e rövid áttekintés, az egyrészt a kiemelt első mondat következménye, másrészt azon elhatározásból, hogy midőn az *Anyagvizsgálat rövid története* [1] című kis füzetet írtam, számos olyan anyagot gyűjtöttem össze, amelyet szívesen megosztok a tudományterület érdeklődőivel. E gondolataimat csak erősítette az, hogy az 1907-ben született *George Rankie Irwin*-nel, a törésmechanika gyakorlati alkalmazásnak „apjával” két alkalommal is hosszán beszélgethettem Bécsben (1989. júliusában és 1993. novemberében).

A technológia és műszaki élet fejlődését taglaló munkák általában egy-egy korszakot átfogóan, az arra legjellemzőbb elnevezéssel illetik. Az egyik nemrégien megjelent, igen jó szellemben íródott könyv [61] a

- kőkorszakot (-időszámítás előtt 4000-ig), a
- fémkorszakot (időszámítás előtt 4000-tól a magyar honfoglalásig), a
- víz és a szél korszakát (1000-tól 1732-ig), a mechanikus mozgatású gyorsvetélszövőszék bevezetéséig, az
- ipari forradalom korszakát (1733–1788), az izzólámpa bevezetéséig, az
- elektromosság korát (1879–1964), a számítógép megjelenéséig, az
- elektronika korát (1947–1972), és az
- informatika korát

különbözteti meg.

E három utóbbit az információs lehetőségek bővülése szempontjából a

- telefon kora (1860–1900), a
- rádió és televízió kora (1900–1950), a
- számítógép kora (1951–1975), a
- személyi számítógép kora (1976–1989) és a
- multimédia kora (1990-től napjainkig)

megnevezéssel is széles körben használják.

A szilárdság mechanika tárgyalásának fejlődése (1500–1900)

A töréssel, annak körülményeinek vizsgálatával minden korban foglalkoztak (a kőszerszámoktól napjaink ipari és természeti problémáig pl. földrengés). Mégis azt kell mondani, hogy a szilárdság, terhelhetőség megismerése végzett első szisztematikus vizsgálatokat csupán a középkorban végezték először. Ezek közül kiemelkedő *Leonardo da Vinci* szakító kísérlete és *Galileo Galilei* befogott tartók szilárdságának megismerésére végzett vizsgálatai.

Leonardo da Vinci megállapította azt, hogy a hosszabb huzalok szilárdsága kisebb, de ennek okára nem tudott matematikai elveken nyugvó magyarázatot adni. Noha *Galilei* elvileg hibásan számította a különböző keresztmetszű tartók szilárdságát, mégis ő volt az első aki matematikai absztrakciókat alkalmazott. Ezen lépés indította el a modern mechanikai szemlélet kialakulását.

A mikroszkóp, a teleszkóp, a levegő pumpa, a víz fagyáspontjához kötött hőmérsékleti skála megalkotója, az életének egy részét Cambridge-ben eltöltött építész *Robert Hooke* volt az, aki a rugóelmélet megalkotásával az 1660-as évek elején újtára bocsátott egy új tudományterületet, a rugalmasságtant. Az 1662. november 12-én a Királyi Akadémia kurátorává (Curator of the Experiments for the Royal Society) választott, mindössze 27 éves *Hooke* e területen folytatott tevékenységét az 1678-ban kiadott könyvében foglalta össze. (Mindezekről az *Anyagvizsgálók Lapja* 1994/2. számában már beszámoltam.)

Emde Mariotte volt az, aki kísérleteivel bizonyította, hogy *Galilei* tévedett, és a hajlított tartóknál van semleges szál. Ez a munka az 1680-as évekre datálódik.

A három generációt át nyolc kiváló matematikust és fizikust adó Bernoulli családból *Jacob Bernoulli* volt az, aki 1694-ben megadta a rugalmasan alakváltozó hajlított tartók rugalmas szálának leírására alkalmas összefüggést.

Az 1707-ben Baselben született és 1783-ban St. Petersburgban meghalt *Leonhard Euler* volt az, aki a tartók elméletét megteremtette. Az 1757-ben írt, és 1759-ben kiadott „*Sur la force de colonnes, Mémoires d'Académie de Berlin*” címmel megjelent munkát a szilárdságtan egyik megalapozó művének tekintik az e területtel foglalkozó történészek.

Charles Auguste Coulomb (1736–1806) bevezette a nyírási alakváltozás fogalmát, a semleges szál helyzetét leíró összefüggést. E munkákat a Párizsi Tudományos Akadémián publikálta 1773-ban.

Az 1773 június 13-án született, és mindössze 24 évesen a Royal Society tagjává választott, 1795-ben Göttingenben fizikából, 1798-ban Cambridgeban orvostudományokból doktorált *Thomas Young* 1807-ben a „*Lectures on Natural Philosophy*” c. munkában publikálta a nevét azóta is őrző rugalmassági modulus definícióját. Ezzel az anyagok rugalmas viselkedésének megismerésére irányuló kutatások elméletileg is megalapozottá váltak.

Marie Henri Navier (1785–1836) volt az, aki 1821. május 14-én a Párizsi Tudományos Akadémián ismertette a rugalmasságtan általános matematikai elméletét, majd 1826-ban az anyagok mechanikájával kapcsolatban publikál-

ja az első könyvet „*Résumé des Leçons données à l'école des ponts et chaussées sur l'application de la Mécanique à l'établissement des constructions et des machines*” címmel, amelyet előbb Navier (1833-ban), majd Saint-Venant dolgozott át 1864-ben.

A Párizsban 1789-ben született *Augustin Cauchy* (1789–1857) 1822. szeptember 30-án a Párizsi Tudományos Akadémián „*Recherches sur l'équilibre et le mouvement intérieur des corps solides ou fluides élastiques ou non-élastiques*” címmel tartott előadásában definiálta a mechanikai feszültség fogalmát megteremtve ezzel a mai értelemben vett szilárdságtan alapjait. A rugalmasságtan matematikai elméletének gyakorlati alkalmazása is *Cauchy* nevéhez fűződik, majd 1827-ben megállapítja, hogy a rugalmas alakváltozási viszonyok általános leírására két, egymástól független rugalmas anyagállandóra van szükség.

Mindössze egy évvel később, 1828. április 14-én a francia matematikus és fizikus *Simeon Denis Poisson* (1781–1840) a Párizsi Tudományos Akadémián „*Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques*” címmel tartott előadásában a rugalmasságtan általános elvét adja meg, bevezetve a kereszt- és hosszirányú alakváltozás hányadosát kifejező anyagi paramétert, a napjainkban *Poisson-számnak* nevezett fogalmat.

G. Wertheim (1815–1861) 1842. július 12-én a Párizsi Tudományos Akadémián „*Recherches sur l'élasticité*” címmel tartott előadásában bevezeti a rugalmassági határ fogalmát.

A rugalmasságtan általános elméletének kidolgozása után kétirányú fejlődés indult meg. Az egyik az elmélet gyakorlati alkalmazása, a másik pedig a terhelhetőségi határfeltételeket leíró viszonyok tisztázása. Az első területen *M. G. Lamé* (1795–1870) 1852-ben „*Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*” munkája a rugalmassági jellemzők szükséges számának tekintetében, és *Saint-Venant* (1797–1886) a prizmatikus rudak csavarási feladatának megoldásában volt alapvető. Ez utóbbi munka 1855. június 13-án hangzott el a Párizsi Tudományos Akadémia ülésén „*Mémoires des Savants étrangers*” címmel. Később 1870-ben a fémek képlekeny alakváltozásai feltételeinek jellemzésére használható folyási kritériumot fogalmazta meg 1870-ben.

A terhelhetőségi határállapot tekintetében a múlt század második felében a német iskola képviselői voltak a meghatározó egyéniségek. Így a Holstein-ben született *Otto Mohr* (1835–1918) 1882-ben javasolta a napjainkban nevével fémjelzett folyási, avagy rideg anyagoknál a törési kritériumot.

Az alakváltozási és törési folyamatok természetének megismerésében igen sokat köszönhetünk *Johann Bauschingernek* (1834–1893), aki egyben az anyagvizsgáló szakemberek periódikus találkozóit, konferenciáit is elindította.

A Lemberg-ben (Lviv-ben) született *Richard von Mises* (1883–1953) 1913-ban adta meg a folyási, avagy rideg anyagoknál a törési kritériumot (függetlenül *M. T. Huebertől*, aki 1904-ben publikálta elképzelését).

* Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék

A szilárdság mechanikai tárgyalásának fejlődése 1900-tól

Az ipari forradalom meglódulásával, gyakorlatilag az 1800-as évek elejétől – de később annak közepétől különösen – a mechanika és ezen belül a szilárdságtan számos gyakorlati probléma megoldását célozta. Ezek közül két-számtalán az anyagok makroszkopikus folyási határa alatt bekövetkező törések kiküszöbölésére irányultak. Tekintettel arra, hogy a mérnöki szerkezetek minden esetben tartalmaznak feszültséggyűjtő helyeket, az itt kialakuló mechanikai viszonyok tisztázása fokozatosan előtérbe került.

Karl Weighard (1874–1923) volt az első aki kimutatta, hogy nagyon **éles bemetszés** környezetében ébredő feszültségek a bemetszés csúcscsától mért távolsággal arányos, valamint a bemetszés síkjával bezárt szöget kifejező függvények szorzataként számíthatók. **Ez a felismerés tekinthető a törésmechanika megalapozásának.**

A rugalmasságtan síkbeli feladatainak általános megoldására **G. V. Kolosov** disszertációjában 1909-ben kidolgozott, a komplex függvények alkalmazásán nyugvó módszer teljesen új utakat nyitott a feszültséggyűjtő helyek környezetének elemzésére. E területen a konformis leképezés sajátosságaiból adódó lehetséges előnyöket kihasználva **N. I. Muskhelishvili** oldott meg igen sok feladatot.

Weighardtól függetlenül **Inglish C. E.** közlött megoldást az éles bemetszések környezetében kialakuló feszültségek számítására 1913-ban. Az angol nyelvű és részben a kelet-európai – országok hosszú ideig e munkát tekintették a törésmechanika megalapozójának. A Bécsi Műszaki Egyetem munkatársa, **H. P. Rossmanith** az idézett Weighard-cikk angol nyelvű változatának elkészítésével sokat tett annak érdekében, hogy az említett hegemonia megdőjön.

A törésmechanika tényleges megalapítójának mégis az angol **A. A. Griffith** (1893–1963) tekinthető, aki 1920-ban közlött munkájában a **repedést tartalmazó szilárd test teherbírásiának leírására javasolt energetikai megfontolást.**

Ezt követően **H. M. Westergaard** 1939-ben a repedéscsúcs környezetében kialakuló feszültségmező számítására ismertette megoldását rugalmas közeg esetén. Az I. II. és III (repedés síkjára merőleges, azzal párhuzamos nyíró és csavaró) terhelési módokra közlött megoldások a **Kolosov-féle** általános megoldás részeseteinek tekinthetők.

I. N. Sneddon 1946-ban ismertett közleménye az egyik legátfogóbb elemzés a rugalmas közegben levő repedés környezetében kialakuló **feszültségi, alakváltozási mező** számítási módszerére. E megoldások jellegzetessége az, hogy a feszültségek tekintetében $1/\sqrt{r}$ jellegű **szingularitás** van, ahol r – a repedéscsúcstól mért távolság.

A törésmechanika második világháborút követő fejlődése ugrásszerű volt. Ezt alapvetően két dolog motiválta. Egyrészt a Liberty hajók tömeges sérülését, rideg törését előidéző okok egyre alaposabb megismerésének – és ezzel a törések kiküszöbölésének igénye, másrészt az új, nagyobb szilárdságú anyagok hadipari bevezetése kapcsán észlelt váratlan törések.

Az előzőkből következően mind az elméleti, mind pedig a gyakorlati alkalmazás területén igen jelentős előrelépések történtek.

Az elméleti megfontolások alapvetően annak mérlegelésére koncentrálnak, hogy

miképpen szüntethető meg a feszültségmező $1/\sqrt{r}$ jellegű szingularitása a repedés csúcscsának környezetében. Ennek kézenfekvő megoldása volt az, hogy a repedéscsúcs közvetlen környezetében az anyagban valamilyen feszültségeloszlást feltételeznek. A repedést tartalmazó elem egyensúlyi viszonyait így annak feltételezésével elemzik, hogy a csúcs környezetében egy, a repedés hosszától független, csak az anyagi sajátosságoktól függő feszültségeloszlás alakul ki, – mintegy egy csipeszként viselkedve. E feladat megoldására az 1950-es évek végéig nem született igazán átfogó elméleti munkák. Egyszerűbb és némileg formális közelítést a magyar származású **Orowan Ede** adott 1945-ben a töretfelület röntgendiffrakciós vizsgálatával, majd **Irwin** 1948-ban. Az igazi megoldások az említett szerzők 1955-ben, ill. 1957-ben publikált munkáiban lettek ismertelve [62, 29]. A **Moszkvai Mechanikai Iskola** kiemelkedő alakja **G. I. Barenblatt** volt az első aki 1959-ben átfogó matematikai elemzést adott ezen a téren [18, 19, 20]. Modelljének alapvető feltételezése volt, hogy a repedéscsúcs környezetében ébredő feszültségek eloszlásának jellege meg egyezik az atomok közötti kötéserők eloszlásával. Noha korrekt matematikai megoldást ad, mégis azt kell mondanunk, hogy a gyakorlatban nem alkalmazhatók eredményei. Ennek oka az, hogy a modellben szereplő anyagi jellemzők – a kohéziós szilárdság – nem mérhető mennyiségek. **V. V. Panaszjuk és M. Ja. Leovon**, az **Ukrán Mechanikai Iskola** képviselői ugyanezen évben, 1959-ben közölnek rideg anyagokra olyan modellt, amelyben szereplő anyagjellemző mérhető [33]. Az angol **D. S. Dugdale** 1960-ban közlött, és azóta is állandóan hivatkozott munkájában [40] azzal a feltételezéssel élt, hogy a repedéscsúcs környezetében ébredő feszültségek nem haladják meg az anyag folyási határát. Ez az ún. **képlékeny ék** hossza a terhelés nagyságától, a repedés hosszától és az anyag folyási határától függ. Az ugyancsak angol **A. A. Wells** volt az első, aki 1961-ben a repedéscsúcs szétnyílásának kritikus értékét, mint anyagjellemzőt definiálta [39] és mérésére módszert javasolt.

Az 50-es évek második felében az USA-ban is igen nagy erővel folynak a töréshez kapcsolódó elméleti kutatások. Az európai irányzattól ez abban tér el, hogy a gyakorlati alkalmazás is igen erősen előtérbe kerül. Ekkor születik **George Irwin** számos alapvető publikációja. A sort az 1956-ban publikált **repedés terjesztését szolgáló erő, a G-konceptió** nyitja – George vagy feleségének Georgina név első betűjét használva jelölésnek [27]. A közlemény első mondata így hangzik: „In this discussion a crack extension force tendency concept will be used”. Munkatársa, **Joe Kies** – akit **Irwin** így jellemezett „this terrific guy never had a PhD but was the best co-worker” – javasolta a Vest Coast Aircraft Company-nak, hogy az anyagok repedés terjedésével szembeni ellenállását a **G x E** szorzattal jellemezzék (E – Young-modulus). Ezt a javaslatot honorálták a feszültségintenzitási tényezőnek a **K (Kies)** jelölés bevezetésével a korábban használt **k** jelölés helyett.

Paul Paris volt aki a **fáradásos repedés** terjedési körülményeinek leírására első alkalommal javasolta a **feszültségintenzitási tényező amplitúdóját**, a ΔK -t 1961-ben. Igaz a leadott közleményt először elutasították, így végül a

University of Washington kiadványában jelent meg a napjainkban minden egyes tankönyvben használt, és a fáradásos repedés terjedésével foglalkozó publikációkban szinte nélkülözhetetlen **Paris-összefüggés**. Erről az elutasításról **Paul Paris** így írt 1982-ben:

„Ironically, the paper was promptly rejected by three leading journals, whose reviewers uniformly felt that it is not possible that an elastic parameter such as K can account for the self-evident plasticity effect in correlating fatigue crack growth rates.”

A törésmechanika történetében új fejezet kezdődött a törésmechanikai elveket rugalmas képlékeny anyagegyenletre kiterjesztő **J-integrál** fogalomrendszerének bevezetésével. Az angolszász és német nyelvterületen **J. R. Rice**-nak tulajdonított koncepciót azonban először **Cherepanov G. P.** publikálta 1967-ben. Annak ellenére, hogy Rice közleménye egy évvel később, 1968-ban jelent meg minden tankönyv, közlemény a Rice nevét megörökítő **J-integrál** jelölést alkalmazza.

Újabb jelentős előrelépést a rugalmas anyagegyenletre, de általános terhelésre érvényes **alakváltozási energiasűrűség** kritériumrendszer publikálása jelentette. **A. G. C. Sih** által közölt modell lényege az, hogy a repedés akkor terjed, ha egy adott térfogategységben (vagy felületegységben) az anyagra, és a vizsgált feltételeire jellemző kritikus nagyságú alakváltozási energia halmozódik fel, a repedés pedig abba az irányba terjed, amelyikbe az adott mezőben felhalmozott energiának minimuma van. E koncepciót a szakirodalom **Sih** nevének kezdőbetűjének megfelelően **S-kritériumként** használja.

A görög **P. S. Theocaris** 1982-ben javasolta azt, hogy a **Sih** által definiált térfogat- vagy felületegységet a repedéscsúcs rugalmas-képlékenyen alakváltozott zóna határán – ahol a torzulási energia konstans – kell felvenni [64]. Ez így tulajdonképpen a térfogatváltozásra, a **feszültségi tenzor első skalár invariánsára** vonatkoztatott törési kritérium. A szakirodalom ezt a modellt **T-kritériumként** használja.

Később 1987-ben a **feszültségi tenzor harmadik** (ill. két évvel később, 1989-ben egy újabb közleményében a **második**) **skalár invariánsára** alapozott törési kritériumot [65] definiál a görög **G. A. Papadopoulos DET-kritérium** néven. Mindkét kritériumot erősen kritizálja **Spyropoulos** egy 1992-ben megjelent munkájában. E közlemény egyben előrevetíti napjaink feladatait is, a korrekt, a kísérletekkel igazolt, az anyag viselkedését figyelembe vevő repedésterjedési feltételeket leíró kritériumok felállításának szükségességét többtengelyű terhelésre.

A kvázistatikus és ismétlődő terhelésre kidolgozott törésmechanikai elveknek növelt hőmérsékleteken végbemenő kúszásos repedés-terjedés körülményeinek leírására számos próbálkozás született az 1970-es évek második felében. E munkák közül **Nicholson** és **Formby** valamint **Landes** és **Begley** közleményei mellett **Taira** és munkatársainak közleményei kiemelkedtek.

A törésmechanika fejlődésnek újabb nagy lendületet adott a gyakorlati alkalmazás igénye abban az esetben

– ha a terhelés többtengelyű és az anyag rideg, illetve

– ha a terhelés egytengelyű és az anyag rugalmas-képlékeny viselkedésű.

Az előbbire nézve számos kritériumrendszert fogalmaztak meg az

$$F(K_I, K_{II}, K_{III}, K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC})=0$$

törési kritérium alakjára nézve. Ezek feszültség, alakváltozási vagy pedig energetikai megfontolásokon alapulnak.

A gyakorlati alkalmazás szempontjából lényegesebb a rugalmas-képlékeny törésre vonatkozó kritériumrendszer. Ennél nagyobb probléma a képlékeny alakváltozás miatt jelentkező mérhető figyelmebe vétele. Ebből adódóan számos ún. *kettős kritériumot* dolgoztak ki a törés feltételeinek kijelölésére. Ezek összefoglalása a **D. G. H. Latzko** által szerkesztett könyvben megtalálható, így ismertetésüktől eltekintek.

Utószó

Mint ahogy azt a bevezetésben említettem *történetnél* csak a *történelmet* nehezebb és kockázatosabb írni. A területi kötöttségek miatt a történetírásnál is igen-igen nagy a kockázat. A törésmechanika fejlődését tekintve nem írhattam

- az először 1838-ban megfigyelt kifáradásról (ezt a fogalmat a „fatigue” szóval először 1853-ban **Braithwaite** használta [47]), annak történetéről [45–53], a magyar származású, elismerésre méltóan hosszú életű **Kármán Tódor** (1881. május 11. Budapest, 1963. május 7. Aachen) szerepéről e tudományterület fejlődésében [15, 16], a vasúti közlekedés fejlődésének és a kifáradás területén folyó kutatások kapcsolatáról,

- az ugyancsak magyar születésű **Ludwig von Tetmajer**-nek a szilárdságtan és az anyagvizsgálat fejlődésében betöltött szerepéről,

- a hazai szakembereknek, így elsősorban a **Budapesti Iskola** megteremtőjének **Gillemot Lászlónak** és követőinek munkásságáról,

- az alkalmazott szilárdságtanban igen jelentős szerepet vállaló, a Kievi Műszaki Egyetemen tanszékét alapító, majd 1922-ben USA-ba emigrált, irigylésre méltó hosszú életű (1878. december 23. Spotovka, 1972. május 29-én Wuppertalban meghalt, urnáját lakóhelyén Palo-Altóban helyezték el lánya kívánságára) **Sz. P. Timoshenko**-ról [11–13],

- a műszaki fejlődés és a törési esetek gyakorisága közötti kapcsolatáról, ennek szerepéről visszahatásairól az egyes területeken folyó kutatásokra, azok irányaira,

- az egyes történeti periódusokban készített áttekintő tanulmányokról, azoknak a további publikációk témaválasztásában játszott szerepéről.

E hiányosságok egy részét igyekszem az al pótolni, hogy az említett problémákhoz kapcsolódva számos irodalmat gyűjtöttem össze, és adtam meg az irodalomjegyzékben, mintegy előrevetítvén e dolgozat folytatásának tervezett főbb irányait is.

Irodalom

- [1] Tóth L., Haase D. W., Sebek M.: Az anyagvizsgálat rövid története. MTS Tréning Centrum. Miskolc. 1994. 50p.
- [2] Czoboly E.: A törésmechanika fejlődése és jelenlegi főbb irányai. Műszaki Tudomány. 1977. 43. évf. p. 391–412.
- [3] *Fracture Mechanics Retrospective: Early Classic Papers.* (1913–1965). Szerk.: Barsom J. M. ASTM, 1987.
- [4] Weiss, V., Yukawa.: Critical Appraisal of Fracture Mechanics. ASTM STP 381. 1965.
- [5] *Rossmann H. P.: Biographical Sketch of Prof. Dr. G. R. Irwin.* ISTLI Founding Symposium. Bécs. 1993. November 18–19.
- [6] *Panasjuk V. V.: An Outline of the Development of Fracture Mechanics and Strength of Materials Investigations.* ICF 8. Kiev. A View from the Eastern Europe. Lviv, 1993. p. 7–48.

- [8] Tóth L.: Fémek és szerkezetek törése. Alkalmazott törésmechanika. GTE Kiadvány. Budapest. 1986. II. fejezet.
- [9] Irwin G. R.: A törésmechanika fejlődése. A Technische Versuchsanstalt-on 1993. November 18-án tartott előadás, amelyről videofelvétel készült.
- [10] Girvin H. F.: A Historical Appraisal of Mechanics. International Textbook Company. Scranton. Pennsylvania. 1948. 253p.
- [11] Timoshenko S. P.: History of Strength of Materials. Mc. Graw-Hill Book Company. Inc. 1953.
- [12] Timoshenko S. P.: Strength of Materials. D. V. Nostrand Company, Inc. 1. Kiadás 1936, 2. kiadás 1941., 3. kiadás 1956.
- [13] Timoshenko S. P.: Vosponinjanja. Párizs 1963., Kiev 1993. Naukova Dumka. 424 p.
- [14] Pisarenko G. Sz.: Stephan Prokofjevich Timoshenko. Moskov. Nauka. 1991. 239p.
- [15] Örvények és Repülő. Kármán Tódor élete és munkássága. Kármán Tódor, Lee Edson. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1994. 339p.
- [16] Fatigue of Aircraft Structures. Szerk.: Barros W., Ripley. Pergamon Press. 1963. International Series of Monographs in Aeronautics and Astronautics.
- [17] Mekhanika v CCCP za 50 let. Szerk.: Szedov, L. I., Lavrentev, M. A., Mikhajlov, G. K., Muszhelisvili H. I., Chernov, G. G., Nauka. Moszkva. 1972. Parton V. Z., Cherepanov G. P. Mekhanika Razrusheniya. p.365–468.
- [18] Barenblatt G. I.: O ravnovesnykh treshhinakh, obrazujushhissja pri khrupkom razrushhenii. Obshhie predstavlenija i gipotzy. Osesimmetrichnye treshhiny. Prikladnaja Matematika i Mekhanika. 1959. Vol. 23. vyp. 3. p.434–444.
- [19] Barenblatt G. I.: O ravnovesnykh treshhinakh, obrazujushhissja pri khrupkom razrushhenii. Prájlinojnye treshhiny v ploskikh platinkakh. Prikladnaja Matematika i Mekhanika. 1959. Vol. 23. vyp. 4. p. 706–721.
- [20] Barenblatt G. I.: The Mathematical Theory of Equilibrium Cracks in Brittle Fracture. Prikladnaja Matematika i Tekhnicheskaja Fizika. 1961/4. p.55–129.
- [21] Wieghard K.: Über das Spalten und Zerreißen elastischer Körper. Zeitschrift für Mathematik und Physik. 55. 1–2. pp. 60–103. 1907.
- [22] Inglis C. E.: Stresses in a Plate due to the Presence of Cracks and Sharp Corners. Transactions of Naval Architects. Vol. 55. 1913. p.219–230.
- [23] Griffith A. A.: The Phenomena of Rupture and Flow in Solids. Philosophical Transactions of the Royal Society. Vol. 221. 1920.
- [24] Westergaard H. M.: Bearing Pressures and Cracks. Trans. ASME 61. A-49. 1939.
- [25] Sneddon I. N.: The Distribution of Stress in the Neighbourhood of Crack in an Elastic Solid. Proc. R. Soc. Ser. A. 187, 229. 1946.
- [26] Irwin G. R.: „Fracture Dynamics”. Fracturing of Metals. American Society for Metals. Cleveland. 1948. p. 147–166.
- [27] Irwin G. R.: Onset of Fast Crack Propagation in High Strength Steel and Aluminium Alloys. Sagamore Research Conference Proceeding. Vol. 2. 1956. p. 289–305.
- [28] Irwin G. R.: Relation of Stress Near a Crack to the Crack Extension Force. Int. Congr. Appl. Mech. Brussels. 8. 1957. p. 245–251.
- [29] Irwin G. R.: Analysis of Stresses and Strains Near the End of a Crack Traversing Plate. Journ. of Applied Mechanics. Vol. 24. p. 361–364.
- [30] Cherepanov G. P.: On Crack Propagation in Continuum. Prikladnaja Matematika i Mekhanika. 1967. No.3. p. 467–493.
- [31] Rice J. R.: A Path Independent Integral and Approximate Analysis of Strain Concentration by Notches and Cracks. Trans. ASME. J. Appl. Mech. 1968. 379–386.
- [32] Begley J. A., Landes J. D.: The J-integral as a Failure Criterion. ASTM STP 514. 1972. p. 1–20.
- [33] Leonov M. Ja., Panasjuk V. V.: Razvitok hajdrinicheskikh treshhin v tverdomu tilii. Prikladnaja Mekhanika. 1959. Vol. 5. vyp. 4. p. 391–401.
- [34] Vitvickij P. M., Panasjuk V. V., Jarema S. Ja.: Plastichezkaja deformacija v okresnoszi treshhiny i kriterii razrushhenija. Problemy Prochnosti. 1973/2. p. 3–19.
- [35] Panasjuk V. V.: Predelnye ravnovesie khrupkikh tel s treshhinami. Kiev. Naukova Dumka. 1968. 246 p.
- [36] Panasjuk V. V.: O vaznejshikh zadachakh issledovanij po fiziko-khimicheskoi mekhanike razrusheniya. Fiziko-khimicheskaja Mekhanika Materialov. 1974/4. p. 3–13.
- [37] Panasjuk V. V.: O sovremennykh problemakh mekhaniki razrusheniya. Fiziko-khimicheskaja Mekhanika Materialov. 1982/2. p. 7–27.
- [38] Panasjuk V. V.: Deformacionnye kriterii v mekhanike razrusheniya. Fiziko-khimicheskaja Mekhanika Materialov. 1986/1. p. 7–17.
- [39] Wells A. A.: Critical Crack Opening Displacement as Fracture Criterion. Proc. of the Crack Propagation Symp. Cranfield. Vol. 1. 1961. p. 210–221.
- [40] Dugdale D. S.: Yielding of Steel Sheets Containing Slits. Int. Journ. of Mech. and Phys. of Solids. Vol. 8. 1960. p. 100–104.
- [41] Sih G. C.: Some Basic Problems in Fracture Mechanics and New Concepts. Engineering Fracture Mechanics. Vol.5. 1973. p. 229–234.
- [42] Landes J. D., Begley J. A.: Fracture Mechanics Approach to Creep Crack Growth. ASTM STP 590. 1976. p. 128–148.
- [43] Nicholson R. D., Formby C. J.: The Validity of Various Fracture Mechanics Methods at Creep Temperatures. International Journal of Fracture. Vol. 11, 1975. p. 595–604.
- [44] Taira S., Ohtani R., Kitamura T.: Application of J-Integral to High Temperature Crack Propagation. Trans. of the ASME Vol. 101., 1979. p. 154–161.
- [45] Albert W. A.: Über Triebseile am Harz. Archiv. für Mineralogie, Geognostik, Bergbau und Hüttenkunde. Vol. 10. 1838. p. 215–234.
- [46] Rankie W. J. M.: On the Causes of Fracture of the Unexpected Breakage of Journals of Railway Axles; and on the Means of Preventing such Accidents by Observing the Law of Continuity in their Construction. Min. Proc. Inst. Civ. Eng. Vol. 2. Session 1843. 1842–1843. p. 105–108.
- [47] Braithwaite F.: On the Fatigue and Consequent Fracture of Metals. Min. Proc. Inst. Civ. Eng., Vol.13. 1853–54. p. 463–475.
- [48] Wöhler A.: Bericht über die Versuche, welche auf Königlich Niederösterreichisch-Märkischen Eisenbahn mit Apparaten zum Messen der Biegung und Verdrehung von Eisenbahnwagen-Achsen während die Fahrt angestellt wurden. Zeitschrift für Bauwesen. Vol. 8. 1858. p. 642–651.
- [49] Smith R. A.: The Versailles Railway Accident of 1842 and the First Research into Metal Fatigue. Proc. of 4th. International Conference on Fatigue and Fatigue Thresholds. 15–20 July, 1990. Honolulu. Ed. by H. Kitagawa, T. Tanaka. Materials and Component Engineering Publications Ltd. Birmingham. Vol. IV. p. 2033–2041.
- [50] Mann J. Y.: Bibliography on the Fatigue of Materials, Components and Structures. 1838–1950. Pergamon Press. 291 p.
- [51] Paris P. C., Gomez R. E., Anderson W. E.: A Rational theory of Fatigue. The Trend in Engineering. Vol. 13. No. 1. 1961. p. 9–14.
- [52] Paris P. C.: Twenty Years of Reflection on Questions Involving Fatigue Crack Growth. In Fatigue Thresholds - Fundamentals and Applications. Edited by Backlund J., Blom A. F., Beevers C. J., EMAS, 1982. Warley, Birmingham. p. 3–10.
- [53] Schütz W.: Zur Geschichte der Schwingfestigkeit. Mat.-wiss. und Werkstofftechnik. Vol. 24. 1993. p. 203–232.
- [54] Grigorjan A. T., Pogrebyskij I. B.: Istoriya Mekhaniki. Nauka. Moskva. 1972.
- [55] Fatigue Crack Growth. 30 Years of Progress. Pergamon Press. 1984. Szerk. R. A. Smith.
- [56] Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Budapest. 1992. 539 p.
- [57] Derry T. K., Williams T. I.: A Short History of Technology. From the Earliest Times to A. D. 1900. Dover Publications Inc. New York. 1933. 782 p.
- [58] Messadié G.: Great Inventions through History. Chambers. 1991. 300 p.
- [59] Rolt L. T. C.: Victorian Engineering. Penguin Books. 1970. 300 p.
- [60] Bunch B., Helemans A.: The Timetables of Technology. Simon & Schuster. 1993. 490 p.
- [61] Patufi F. R.: A Technika Krónikája. Officina Nova. Budapest. 1991.
- [62] Orowan E.: Energy Criteria of Fracture. Welding Journal. Vol. 34. 1955. pl. 1575–1605.
- [63] Orowan E.: Transactions Inst. Engrs. Shipbuild. Scotland. 1945. p. 165.
- [64] Theocaris P. S., Andrianopoulos N. P.: The Mises Elastic-plastic Boundary as the Core Region Fracture Criteria. Engineering Fracture Mechanics. Vol. 16. 1982. p. 425–432.
- [65] Papadopoulos G. A.: The Influence of Geometry of Edge-cracked Plates on Crack Initiation. Engineering Fracture Mechanics. Vol. 26. 1987. p. 945–954.
- [66] Spyropoulos C. P.: Some Remarks on the DET-Criterion and Caustics. Engineering Fracture Mechanics. Vol. 43. No. 6. p. 1053–1061.
- [67] Latzko D. G. H., Turner C. E., Landes J. D., McCabe D. E., Hellen T. K.: Post-Yield Fracture Mechanics. Elsevier Applied Science Publishers.
- [68] Tetmajer L.: Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre. Franz Deuticke. 1905.

Dr. Hegedűs Zoltán

(1925–1995)

Búcsúznunk: életének 70. évében elhunyt dr. Hegedűs Zoltán vegyész-mérnök, címzetes egyetemi tanár, a műszaki tudomány doktora.

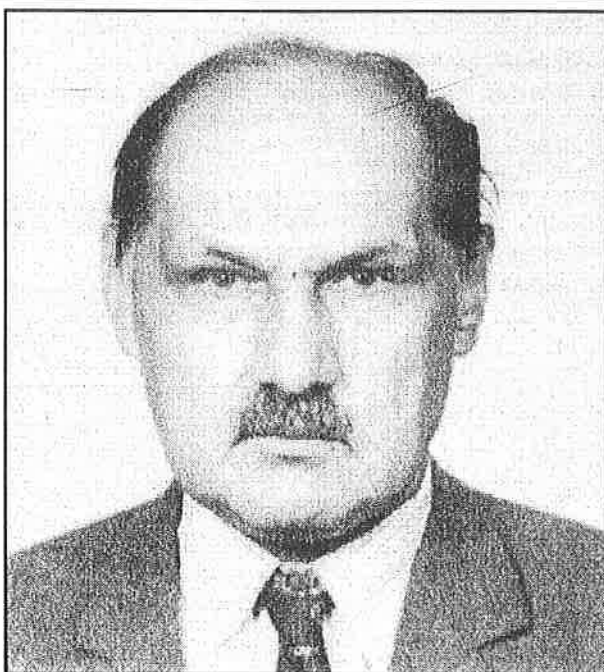
Hegedűs Zoltán 1925. április 25-én született Aknasugatagon (ma Ocna Sugatag, Máramaros megye, Románia). Édesapja bányamérnök volt. 1944-ben Máramaros-szigeten érettségizett. 1949-ben kapott vegyész-mérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1964-ben szerezte meg a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot Gyorsacélok megeresztésekor végbemenő folyamatok mennyiségi vizsgálata című dolgozatával. 1976-ban lett a műszaki tudomány doktora elektrotechnikai acélok vizsgálatával foglalkozó értekezése alapján. 1949 óta dolgozott Csepelen 1985-ig, nyugdíjazásáig, és azután is. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem (ma Miskolci Egyetem) címzetes egyetemi tanára volt. Számos szakmai elismerésben részesült, a Magyar Tudományos Akadémia és a MTESZ több bizottságának volt tagja. 1995. május 21-én hosszú szenvedés után hunyt el Budapesten.

1949 júniusától dolgozott a Csepel Vas- és Fémművek központi anyagvizsgáló laboratóriumában mint vegyész-mérnök 1952 és 1965 között a metallográfiai laboratóriumban, 1958-tól mint a laboratórium vezetője. 1965. június 2-án lett a Csepeli Fémmű kísérleti osztály, majd átszervezés után 1967. szeptember 1-től a kísérlet-kutatás vezetője. 1972. március 3-án kinevezték a Csepel Művek Fémtani és Technológiai Kutató Intézet műszaki igazgatójává. 1980-tól átszervezés után a Csepel Művek Tervezési és Kutatási Intézet főmetallurgusa, 1983-tól nyugdíjba vonulásáig, 1985-ig az Anyagvizsgáló és Gépipari Minőségellenőrző Intézet műszaki igazgatóhelyettese. Ezt követően még évekig dolgozott, segítette a fiatalok munkáját, amíg ebben betegsége meg nem akadályozta.

Számos szakmai elismerésben részesült. Hétszer nyerte el a kiváló dolgozó vállalati kitüntetését. 1958-ban a szakma kiváló dolgozója, 1961-ben a gépipar kiváló dolgozója, 1967-ben a kohászat kiváló dolgozója lett. 1970-ben Ezüstjelvényes Feltaláló, 1971-ben Aranyjelvényes Feltaláló kitüntetését kapott. 1988-ban a 9. ICVM (International Conference on Vacuum Metallurgy) konferencián a Technology of Vacuum Metallurgy Division kitüntetésben részesült.

Több tudományos testületnek volt tagja: a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Fizikai Tudományok Osztálya fizikai bizottságának és a Műszaki Tudományok Osztálya fémtani, majd fémszerkezet-tani bizottságának. 1969 óta a „Comité pour la Sidérurgie Ancien” egyik magyar képviselője volt. Tagja volt még a Nemzetközi Vákuumtechnikai Unió (International Union for Vacuum Technology and Application) magyar nemzeti bizottságának, továbbá az MTA szilárdtest kutatási komplex bizottságának.

Mint a fizikai tudomány lelkes támogatója, 1987-ben megalapította az MTA Matematikai és Fizikai Osztály fizikai bizottsága keretében a Fizikai Díjat, amely egy fődíjból és három díjból



áll. Az igen rangos díjat ma az MTA Fizikai Osztálya ítéli oda az arra érdemes, kiemelkedő munkát végzett kutatóknak.

A MTESZ egyesületeiben is tevékenyen dolgozott. Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek 1952 óta tagja, és részt vett a ritkafém szakcsoport munkájában. 1953-tól a Gépipari Tudományos Egyesület anyagvizsgáló szakosztályában dolgozott, 1958-tól mint a vezetőség tagja.

Közleményeinek, előadásainak és szabadalmainak száma mindösszesen 171 (ezek harmada idegennyelvű). Munkásságának zömét metallográfiai-fémtani dolgozatok tették ki. Számos dolgozat és több szabadalom készült izotróp, kockatextúrás és ötvöztelen elektrotechnikai acélszalagok gyártási kérdéseiről. 1979 óta főleg féműveg-kutatással foglalkozott.

Dr. Hegedűs Zoltán érdekes, sokoldalú, széles körű tájékozottságú egyéniség volt, olyan, mint egy élő lexikon. Bibliográfiai pontosságú idézetekkel szolgált hozzá a kérdésekhez tudományos megbeszéléseken. A szakmai munkában mindig pontos, önmagával és munkatársaival szemben szigorú és igényes volt. Szeretettel foglalkozott fiatalokkal, buzdította őket tudományos munkára, dolgozatok írására, előadások tartására. Szívesen vett részt tudományos továbbképzések tartásában. Többször vett részt az Eötvös Lóránd Fizikai Társulat fémfizikai szakcsoport rendezvényein is előadásokkal.

Élete utolsó éveit több súlyos gond nehezítette. Idős szüleit, akik Kispesten laktak, mindennap látogatta, és életük utolsó időszakában gondozta. Mindketten rövid időn belül hunytak el, így egyedül maradt. Súlyos betegségei erősen legyengítették, és a korábban igen aktív ember hosszú ideig ágyban feküdni kényszerült, amit nagyon nehezen viselt el.

Érdekes személyisége, széleskörű tudása, világos érvelése hiányozni fog a kohászat és a fémfizika területén dolgozó mérnököknek és fizikusoknak, akik ismerték és tisztelték.

Kedves Zoli! Nyugodjál békében, emlékezni fogunk Rád!

—szabó—

Tanfolyamok 1996-ban

MINŐSÉGÜGYI TANFOLYAMOK

TÜV Rheinland Akadémia Hungária – MMT közös, vizsgaköteles német-magyar nyelvű bizonyítványt adó tanfolyamok:

- **Minőségügyi szakember;** időtartama 12 nap
- **Minőségügyi megbízott;** időtartama 15 nap
- **Minőségügyi auditor;** időtartama 13 nap
- **Minőségügyi technikus;** időtartama 16 nap
- **Minőségügyi menedzser;** időtartama 29 nap

Jelentkezés és felvilágosítás: Magyar Minőség Társaság, Somogyi Miklós, tel.: 1 218–3011/473; fax: 1 218–0267

ÉMI-TÜV Bayern, a TÜV Akadémia keretében szervezett, 5 napos, német-magyar nyelvű bizonyítványt adó tanfolyamok:

- **Minőségirányítási megbízott (QMB)**
- **Minőségirányítási auditor (QMA)**
- **Minőségirányítási menedzser (QM)**

Jelentkezés és felvilágosítás: ÉMI-TÜV Bayern Kft.

2000 Szentendre, Dózsa György út 26. Pf. 170.

Tel.: 06/26–315–765; fax: 06/26–315–764

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET TANFOLYAMAI

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
- **Órványáramos 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.

KOMPLEX EUOMÉRNÖKI TOVÁBBKÉPZŐ TANFOLYAM

Időtartam: 900 óra

Regisztrált munkanélkülieknek díjtalan a részvétel!

KÖRNYEZETVÉDELMI TANFOLYAMOK

Az ISO 14000 szabványsorozat szerinti környezetirányítási rendszerek bevezetésére felkészítő, német-magyar TÜV-GTE-bizonyítványt adó tanfolyamrendszer:

- **Alaptanfolyam,** ötnapos
- **Szakosító tanfolyamok**
Környezetvédelmi munkatárs
Környezetvédelmi auditor
Környezetvédelmi megbízott
Környezetvédelmi menedzser

Ipari szennyezés-kibocsátások csökkentésének technológiai és gépészeti megoldásai

Német-magyar TÜV-GTE-bizonyítványt adó mérnöktovábbképző tanfolyam.

Időtartam: 60 óra, (heti egy nap 6 óra)

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 1996-ban

Symp. on Continuous Fiber Ceramic Composites, Berlin, Németország, 1996. január 8–9. Cím: Prof. B. Michel, Fraunh. Einrichtung f. Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Gustav Meyer Allee 25. Gebäude 17., 13355 Berlin, Germany. Tel.: (+49) 3715624462, fax: (+49) 3715624463.

Int. Symp. on Local Strain and Temperature Measurements in Non-Uniform Fields at Elevated Temperatures, Berlin, Németország, 1996. március 14–15. Cím: DVM— Mrs. I. Maslinski, Unter den Eichen 87., 12205 Berlin, Germany. Tel.: (+49) 308113066, fax: (+49) 308119359

SQM '96 – Software Quality Management, Cambridge, Egyesült Királyság, 1996. április 1–3. Cím: Wessex Inst. of Technology, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA, UK. Tel.: 44 (0) 1703293223, fax: 44 (0) 1703292853

7th European Conf. on Composite Materials, London, Egyesült Királyság, 1996. május 14–16. Cím: Ms. Cathy Pearcey, Conf. Dept (C609) Institute of Materials, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB, UK. Tel.: (+44) 1712351391, fax: (+44) 1718231638

4th Int. Conf. on Localized Damage, Fukuoka, Japán, 1996. június 3–5. Cím: Mrs. J. Evens, Conf. Secretariat – LD96 Wessex Inst. of Technology címen (lásd az SQM'96-nál)

IUTAM Symp.: Innovative Computational Methods for Fracture and Damage, Dublin, Írorság, 1996. június 30–július 5. Cím: Dr. P. O'Donoghue, Dep. of Civil Engineering University College Dublin, Earlsfort Terrace, Dublin 2, Ireland. Tel.: 353–1–7067373, fax: 353–1–7067399

5th Int. Conf. on Computer Aided Design in Composite Material Technology – CADCOMP'96, Udine, Olaszország, 1996. július 1–3. Cím: Mrs. A. Goodchild, Conf. Secretariat – CADCOMP'96, Wessex Inst. of Technology címen (lásd az SQM'96-nál)

4th Int. Conf. on Structures under Shock and Impact – SUSI'96, Udine, Olaszország, 1996. július 3–5. Cím: Conf. Secretariat – SUSI'96, Wessex Inst. of Technology címen (lásd az SQM'96-nál)

7th Int. Symp. on Tubular Structures, Miskolc, 1996. augusztus 28–30. Szervezi az IIW XV–E albizottsága, a Miskolci Egyetem és a GTE. Jelentkezés dr. Farkas József, ME, 3515 Miskolc-Egyetemváros.

IIW-központ, Budapest, 1996. augusztus 31–szeptember 6. Szervező: GTE Hegesztési Központ Szakosztály

11th European Conf. on Fracture; Politiors-Futuroscope, Franciaország, 1996. szeptember 3–7. Cím: Prof. André Dragon, LMPM, ENSMA–Site du Futuroscope, B. P. 109–F–86960 Futuroscope Cedex. France. Tel.: 33 49498224, fax: 33 49498238.

9th Int. Symp. on Creep-Resistant Metallic Materials, Hradec nad Ostravici, Cseh Köztársaság, 1996. szeptember 23–25. Cím: Mr. R. Gladis, Research and Development Inst. of Vitkovice, Pohranici 31. CZ–70602 Ostrava–Vítovce, Czech Republic, Tel: +42 692926101, fax: +42 6954777

14th World Conf. on Non-Destructive Testing, New Delhi, India, 1996. december 8–13. Szervező: Indian Society for NDT. Cím: Dr. Baldev Raj, president of ICNDT, director Metallurgy and Materials Group, Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam 603 102, Tamilnadu, India.

Tel.: 04117–40301/40356 (O), 04117–40342 (R), Fax: 04117–40360 és 04117–40336. Jelentkezés előadáskivonattal 1996 januárjában.

Nemzetközi rendezvények 1997-ben

9th Int. Conf. on fracture – ICF9, Sydney, Ausztrália, 1997. április 1–5. Jelentkezés max. 500 szavas előadáskivonattal azonnal! Cím: Prof. A. Dragon, LMPM, ENSMA – Site du Futuroscope B. P. 109. 86960 Futuroscope Cedex, France. Tel.: (+33) 49498224, fax: (+33) 49498238

11th Int. Conf. on Strength of Materials – ICSMA–11, Prága, Cseh Köztársaság, 1997. augusztus 25–29. Cím: Secretariat ICSMA–11 c/o Dr. L. Kunz, Acad. of Sciences of the Czech Republic Inst. of Physics of Materials, Žitkova 22., 61662 Brno, Czech Republic, Tel.: (+42) 5746327, fax: (+42) 54121301

**INSPEC és SPOTCHECH
PENETRÁLÓ ANYAGOK**
ellenőrző etalonok

**MÁGNESES
VIZSGÁLÓESZKÖZÖK**
kézimágnes, Berthold-tárcsa, UV lámpák, és
egyéb eszközök

Az Ön partnere az anyagvizsgálatban
GRIMAS® IPARI KERESKEDELEM
Tel.: 277-4470; Fax: 276-0557

Sheen



Sópermet- és nedveskőd-kamrák



automatizált korróziós vizsgálatokhoz

az ASTM, BS, ISO, IEC, DIN, VG, JIS, MIL és DEF szabványok előírásai szerint

A 100 és 250 literes asztali, és a 450 és 1000 literes álló kivitelű kamrák teljes választékát kínálja a magyarországi forgalmazó:

TESTOR

ANYAGVIZSGÁLAT – MÉRÉSTECHNIKA

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

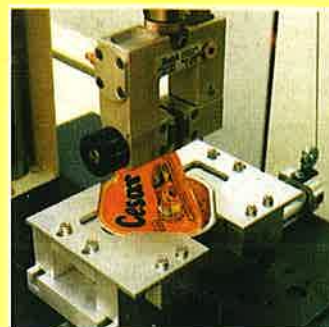
Zwick

Materialprüfung

anyagvizsgálat felsőfokon



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



IKA-Kalorimetersystem – Analysentechnik



IKA KALORIMÉTER szilárd és cseppfolyós anyagok energiatartalmának (fűtőérték, égéshő) meghatározására a DIN 51900, ASTM 240 D, ISO 1928 és BSI szabványok szerint, egyben kén- és halogén-meghatározási lehetőség. Különböző rotációs viszkozitásmérők



Precisa

nedvesség-mérő készülék
analitikai- és táramérlegek
hitelesíthető kivitelben is,
önkalibrálós rendszer,
csatlakoztatható nyomtató
precíziós mérlegasztalok

SVÁJCI MINŐSÉG,
KEDVEZŐ ÁR!

AHLBORN ALMEMO

hőmérséklet, légsebesség,
légnedvesség, nyomás,
frekvencia, mV, mA, fordulat-
szám és egyéb jellemzők
mérése egy készülékkel.

érintés nélküli infrahőfok-
mérők, adatgyűjtők,
szoftverek, nyomtatók.



Magyarországi képviselő: Senselektro Kft. 1064 Budapest VI., Vörösmarty u. 33. Tel.: 3427-982, fax: 2848-180
Forgalmazás, üzembehelyezés, garancia, garanciaidőn túli szervizszolgáltatás, karbantartás,
pótalkatrész- és tartozékszállítás

Kérésre ingyenes részletes gyártmánykatalógust és információt küldünk!