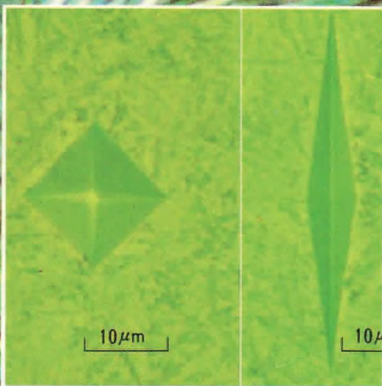


# ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

...esztetepéldány

**KEMÉNYSÉGMÉRÉS**  
módszertani melléklet

2. évfolyam  
3. szám  
1992.





## ANYAGVIZSGÁLOK 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:

Becker István  
dr. Borbás Lajos

Fücsök Ferenc  
dr. Havas István

Kecskés Péter

Koczor Zoltán

dr. Pólos László

Szabó Sándor

dr. Tóth László

Szerkesztő:

Moldvai Ferencné

Kiadja:

TESTOR BT.

Felelős kiadó:

Szapponos György

ügyvezető igazgató

Előfizetési díj 1992-re  
(1-4 szám): 760,- Ft

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

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

Nyomda:



1119 Bp., Nándorfejérvár köz 15.

Tel.: 186-3318

Felelős vezető: Szabó Lajos

Szedés: PC-Print BT.

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

**FIGYELEM!**  
**Le ne maradjon!**  
**Idejében**  
**fizessen elő!**

ISSN 1215-8410

## Köszöntjük a 100 éves bányász-kohász egyesületet!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE) szellemi gyökerei Selmebányán eredtek ott, ahol a világ egyik legrégebbi műszaki főiskolája, az 1735-ben alapított akadémia csaknem kétszáz éven keresztül működött nemzetközileg elismert tudós professzorok irányításával.

Az akadémia az anyagvizsgálat tudományos műhelye is volt. Például - lapunk jelen számának vezértémájára gondolva - Kerpely Antal, a vaskohászati tanszék vezetője, a vasúti sínek minősítésére 1878-ban olyan eljárást alkalmazott, amely lényegében megegyezik a több mint negyedszázaddal később bevezetett és ma is használatos Rockwell-féle keménységméréssel. De ő dolgozta ki a melegtörő-próba - mai szóhasználattal - gyorselemzési módszert, amely adagvezetés közben a gyakorlott vaskohászt tájékoztatta a frissítés menetéről, a folyékony acél összetételéről és minőségéről.

Természetes, hogy ebben a szellemi környezetben 1892. június 27-én megalapított OMBKE tagjai sorában kezdettől fogva mindmáig megtaláljuk az ércek, ásványok, a fémek és ötvözetek szerkezetét és tulajdonságait kutató és vizsgáló szakembereket is. Hiszen a bányászat, de különösen a kohászat olyan igényeket ébresztett, amelyek kielégítése az anyagvizsgáló módszerek és eszközök egyre gyorsuló ütemű fejlődését, illetve alkalmazását eredményezte századunkban a kémiai összetétel gyors és pontos meghatározásától kezdve, a kvantitatív metallográfiai vizsgálaton át, a technológiai sorba is beépíthető, roncsolásmentes vizsgálóberendezésekig.

Az OMBKE története összefonódott a két szakma, a honi gazdaság és országunk történetével. A selmebányai alma mater Sopronba kényszerült, majd végül, új környezetbe, Miskolcra költözött. Ott ápolják szellemi örökségét és tárgyi emlékeit. Így lett a Miskolci Egyetem a színhelye az OMBKE centenáriumi ünnepségsorozatának, amely június 25-én az emlékkiállítás megnyitásával kezdődött, tudományos üléssel, jubileumi szakestéllyel, tanévzáró ünnepséggel, valamint tiszteletadással: a bányász-kohász hősök emlékművének és a volt professzorok szobrainak felavatásával folytatódott. Az ünnepségsorozat a június 27-i jubileumi közgyűléssel zárult.

Köszöntjük a jubiláló egyesület tagságát szerkesztőbizottságunk és olvasóink nevében is!

Reméljük: a centenáriumi emlékezés és tiszteletadás erőt és önbizalmat adott az egyesület tagjainak ahhoz, hogy egy torz értékrend kényszere alatt válságba került honi bányászatunkat és kohászatunkat újjászervezzék, hasznosítva száz év minden bölcsességét és tapasztalatát.

Ehhez, a mindannyiunk javát szolgáló, de halaszthatatlan munkájukhoz kívánunk sok sikert és jó szerencsét!

Lehofer Kornél



## KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN

Dr. Czinege Imre, dr. Réti Tamás, dr. Sárossy György: Erő – behatolási út mérésén alapuló keménységmérési eljárások Hardness testing methods by means of force and penetration measuring Härtemessverfahren mittels Kraft- und Eindringtiefmessung .....	73
A regisztrációs keménységmérés modellezése Modelling of the recording hardness test Simulation der registrierenden Härtemessung .....	75

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK – TESTING METHODS – PRÜFMETHODEN

Ifj. Vorsatz Brunó, Szóke Erzsébet: Otvözetek szövetszerkezetének és keménységének kapcsolata Relation between the structure and the hardness of alloys Zusammenhang zwischen Gefüge und Härte der Legierungen .....	76
Kovács Gábor: Keménységmérés és mérésügy Hardness test and measuring matter Härtemessung und Messwesen .....	80
Ifj. Petik Ferenc: Keménységösszehasonlító lapok és behatolótestek Standardized blocks and indenters for hardness test Standardblöcke und Eindringkörper für Härtemessung .....	81
Tóth Mihály: Keménységmérőgépek típusvizsgálata és hitelesítése Test and verification of hardness testing machines Typenprüfung und Eichen der Härteprüfmaschinen .....	83
Dr. Thamm Frigyes: Maradó feszültségek mérése röntgen-diffrakciós módszerrel Measuring of the residual stresses by means of X-ray diffraction Prüfung der Restspannungen mittels Röntgenstrahlbeugung .....	85
Dr. Krallics György, dr. Szabadits Ödön, dr. Lovas Jenő: Ciklikus folyásgörbék felvétele a lemezalakítási folyamatok számításához Pick-up of the cyclic flow curve to calculation of the sheet-forming's process Aufnahme der ciklische Fließkurve zum Rechnung des Blechverformungsprozesse .....	89
Dr. Kabai Imre, dr. Seres László: Nemesített acélok és gömbgrafitos öntöttvas kopási és pittingképződési hajlamának vizsgálata Investigations of wear and pitting of the hardened steels and cast iron with spherical graphite Prüfung der Verschleißfestigkeit und Grübchenbildung von hartvergütet Stähle und nodular Gusseisen .....	91

## SZÁMÍTÁSTECHNIKA – COMPUTERTECHNICS – COMPUTERTECHNIK

Dr. Kálló Miklós: Földrengésszimulációs kísérletek rázóasztalon Earthquake simulation tests by means of shake table Erdbebensmodellversuchen mittels Rütteltisch .....	94
Szírmainé dr. Somogyi Szilvia: Korszerű számítógépes anyagkiválasztó és hőkezelő rendszerek Modern computer systems to choice and heat treatment of the materials Moderne computer-systeme für Auswahlen und Wärmebehandlung der materialen .....	96

## SZABVÁNYOSÍTÁS, MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – STANDARDISATION, QUALITY ASSURANCE – NORMUNG, QUALITÄTSSICHERUNG

Dr. Varga Lajos: Piaci követelmények és az ISO 9000 szabvány összefüggései Relations among the market requirements and the standard ISO 9000 Zusammenhänge zwischen die Marktanforderungen und die Norme ISO 9000 .....	97
Hírek – News – Nachrichten .....	99

## MÉRFÖLDKÖVEK – MILESTONES – MEILENSTEINE

Kajdi Gyula köszöntése – Greeting – Begrüssung .....	100
Anyagvizsgálat-történet History of material testing Geschichte der Materialprüfung .....	102

ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDER OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER .....	102
---	-----



# Erő – behatolási út mérésén alapuló keménységmérési eljárások

dr. Czinege Imre\* - dr. Réti Tamás\* - dr. Sárossy György\*

## Bevezetés

A mikroelektronika, valamint a mérés- és számítástechnika közelmúltban tapasztalt fejlődésével párhuzamosan előtérbe került a keménységmérési módszerek továbbfejlesztése, automatizálása is. A fejlesztési törekvéseket elsősorban a mérés gyorsaságának és megbízhatóságának növelése, a mérés szubjektív tényezőinek kiküszöbölése, valamint az eredmények számítógépes feldolgozásának és dokumentálásának igénye motiválta. A megújulás két fő irányaként a klasszikus keménységmérési eljárások elektronizálása, és az eddigiektől eltérő mérési eljárások kidolgozására tett kísérletek jelölhetők meg. A kialakuló új szemlélet lényege az, hogy a keménységvizsgálat az idő függvényében végbemenő dinamikus folyamat, ahol a keménység értelmezése a terhelés és a behatolási mélység elektromikus regisztrálásán és számítógépes feldolgozásán alapul.

## Irodalmi áttekintés

Keménységen a szilárd anyagoknak az alakváltozással szembeni ellenállását szokás érteni, azt az ellenállást, melyet egy szűrőszerszám behatolásával szemben kifejtenek. Ebből következően a klasszikus eljárások mérőszáma a terhelés és a lenyomat nagyságára jellemző méret kombinációjából adódott; *Brinell*, *Vickers* és *Knopp* eljárásnál az erő és a maradékon alakváltozott felület hányadosaként, *Rockwell* keménységmérésnél pedig az adott erőhöz tartozó benyomódási mélységként. Ezen hagyományos mérések főbb jellemzői a következők:

- A keménységi mérőszám származtatása mindössze két adat, a névleges terhelő erő és a kapott lenyomat nagyságát jellemző geometriai méret alapján történik, a mérés egész folyamatának és az eredményt befolyásoló tényezők többségének figyelmen kívül hagyásával,
  - A keménység meghatározására kizárólag a maradó alakváltozással létrehozott lenyomat szolgál, a rugalmas alakváltozást az értékelés nem veszi figyelembe.
  - A mérés szubjektív hibákkal valósul meg, és off-line típusú adatfeldolgozásra épül.
- Ezzel a statikus szemlélettel ellentétben valamennyi új típusú keménységmérés közös jellemzője, hogy a keménység definiálásához

használt geometriai alapadat a terhelő erő hatására folyamatosan változó behatolási mélység. A mérés során az  $F$  terhelő erőt, valamint az anyagba hatoló szűrőszerszám elmozdulását villamos erőmérő cellával, illetve útdóval mérik, és az eredményeket rendszerint digitalizált formában rögzítik. A keménység értelmezéséhez a felvett erő-idő és út-idő függvényeket digitális jelfeldolgozással értékelik. Általában megjegyezhető, hogy az erő – behatolási mélység folyamatos detektálásán alapuló új módszerekkel kapott keménységek, és a hagyományos eljárásokkal meghatározott mérőszámok közvetlenül nem számíthatók át egymásba, csak kísérletileg meghatározott regressziós kapcsolatok írhatók fel közöttük.

Az új módszerek egy tipikus példája az a keménységmérési eljárás, amelyről *Brunner* és *Schimmer* [1] számol be. A mérés legfőbb jellemzője, hogy szinte minden anyagra alkalmazható, a mérőszám zérustól végtelenig terjed, a mért keménység független a terhelő erőtől, a rugalmas és maradó alakváltozás külön detektálható és értékelhető, sőt még az anyag folyási viselkedésére is lehet következtetni. Méréskor az  $F_v$  vizsgált erő zérustól 200 N-ig folyamatosan növekszik az  $s$  behatolási mélység lineáris függvényeként. A linearitást speciális kompenzátor egység, valamint a szűrőszerszám különleges kialakítása biztosítja (a profilgörbe parabola). A mérés adataiból számított HW keménységet a

$$HW = \frac{F_v(s)}{s} \quad (1)$$

képlet definiálja, mértékegysége formálisan N/mm, értékészlete zérustól plusz végtelenig terjed.

A hagyományos keménységmérési eljárások továbbfejlesztése során a kutatók a meglévő *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell* keménységmérőgépek elvét megtartva próbálták különféle villamos erő-út érzékelőkkel folyamatos regisztrátumokat felvenni.

Ezen kísérletek középpontjában az állt, hogy miként lehet a regisztrátum alapján a keménységet definiálni, milyen pontossági követelmények támasztandók az egyes paraméterek mérése során, milyen kapcsolatban van a létrejövő rugalmas és maradó alakváltozás a keménységgel és az anyag szerkezetével, valamint az újonnan értelmezett keménység hogy hasonlítható össze a hagyományos mérőszámokkal?

A változt kérdésekre az irodalom [2-16] nem ad teljesen egyértelmű választ, de az idézett művek tanulmányozása mindenki szá-

mára meggyőzővé teheti, hogy a viszonyok hallatlanul bonyolultak, és az új típusú regisztrátumok feldolgozásakor is szükség van számos egyszerűsítő feltételezésre. Ezek fényében érthető, hogy a század elején kidolgozott keménységmérési eljárások miért voltak olyan hosszú ideig elfogadottak kétségtelen hibáik ellenére is.

## Az erő – út mérésén alapuló eljárások értékelési elve

Közismert, hogy a *Vickers* és *Brinell* eljárás geometriai jellemzőként a lenyomat átlóját fogadja el, de ez az ismert összefüggésekkel átszámítható behatolási mélységre. *Vickers* mérésnél a két mennyiség közötti kapcsolat:

$$d = 2\sqrt{2} \cdot s \cdot \operatorname{tg} 68^\circ = 7,0006 s \quad (2)$$

Ezzel a keménységet definiáló összefüggés: (megkülönböztetésül az erő – út mérésből értékelt keménységi mérőszám jellemző betűje felső indexben szerepel)

$$H^v = 0,00386 F/s^2 \quad (3)$$

*Brinell* méréskor a lenyomat átlójára a szokásos  $d = 0,375 D$  értéket felvéve az átló és a lenyomat mélysége közötti kapcsolat

$$d = 10,28 s \quad (4)$$

A keménységi mérőszám a közismert alakú

$$H^B = \frac{0,102 F}{D \pi s} \quad (5)$$

képlettel adható meg. A felírt egyenletekből az alábbi következtetések vonhatók le:

- a (3) egyenletből következik, hogy *Vickers* mérésnél az  $F(s)$  függvénykapcsolat parabolikus. Tekintettel arra, hogy a mérés során a behatolási mélység  $s_0$  kezdeti értéke (a zérus terheléshez tartozó út) csak elvileg definiálható, célszerű ezt a (3) egyenlet átalakításakor figyelembe venni:

$$F = \frac{H^v}{0,00386} (s - s_0)^2 \quad (6)$$

A digitálisan felvett erő – út diagram összetartozó pontjaira az

$$F = a (s - s_0)^2 \quad (7)$$

parabolát illesztve az a értékével közvetlenül kifejezhető a keménység.

- *Brinell* méréskor az  $F(s)$  függvénykapcsolat lineáris, az arányossági tényező a geometriai jellemzőkön kívül csak a keménységet tartalmazza:

$$F = D \frac{\pi}{0,102} H^B s \quad (8)$$

\* Bánki Donát Műszaki Főiskola



Ennek következtében elegendő az  $F(s)$  egyenes iránytangensét meghatározni, majd azt a (8) egyenlet arányossági tényezőjével összevetve a keménység számítható.

– A (2), illetve (4) egyenletekből látszik, hogy a lenyomat átlója és mélysége közötti kapcsolatban kerekítve egy tízes szorzó szerepel. Ez azt jelenti, hogy a mélység meghatározásakor legalább egy nagyságrenddel pontosabban kell mérni, mint az átló mérésekor, hogy a keménységi mérőszám kiszámításakor ugyanakkora pontosság legyen elérhető, mint a hagyományos Brinell és Vickers eljárásnál. Feltételezve, hogy ez utóbbi esetekben a leolvasási pontosság egy ezred mm, a lenyomat mélységét tízezred mm pontossággal kell mérni. A nagyságrendek szemléltetésére egy példa: 0,21 mm-es Vickers lenyomat átlónak 0,03 mm mélység felel meg, ezt 300 tizedred mm-ben kell kijelteni, amely jelentős követelmény a mérőrendszerrel szemben.

A Rockwell keménységmérésnél az előbbiekhez hasonló átszámítási igények nem merülnek fel, mert ez a mérőszám közvetlenül a benyomódási mélységgel van meghatározva. Ezért a közismert definíciók egyenlet a

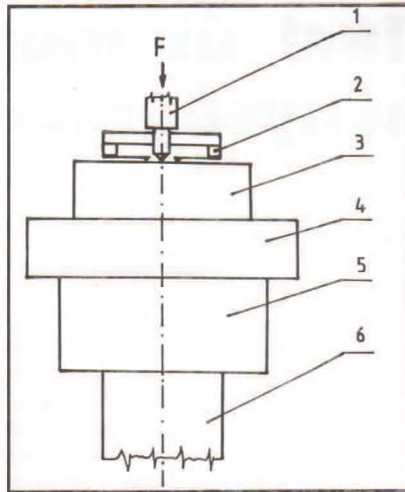
$$H^{RC} = 100 - \frac{s}{0,002} \quad (9)$$

alakot vesz fel. A képletben  $s$  a maximális terheléshez tartozó teljes benyomódás, és az  $F_0 = 98,1$  N előterheléshez tartozó benyomódás különbsége. Az erők ismeretében a két benyomódási mélység és azok különbsége egyszerűen meghatározható.

A vázolt gondolatmenet röviden bemutatta a digitálisan felvett erő – út diagramok értékeléséhez felhasználható összefüggéseket. A mérési adatok felvétele, valamint a lineáris és a parabolikus közelítő függvények illesztése a legkisebb négyzetek módszerével számítógéppel oldható meg a jelenlegi igények és lehetőségek szintjén.

## Mérő- és jelfeldolgozó rendszer

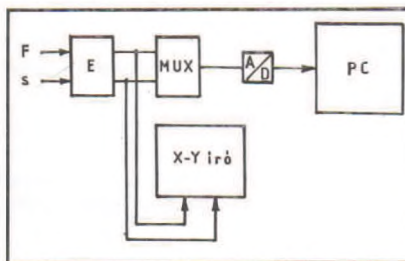
A vázolt alapelvek ismeretében a Főiskola a Paksi Atomerőmű Rt. jogelődje, a PAE megbízásából két mérőrendszert dolgozott ki atomerőművi berendezések, illetve a reaktorban besugárzott próbatetek vizsgálatára. A kísérleti mérőegység elvi felépítését az 1. ábra mutatja. Az eddigi megoldásoktól alapvetően eltérő módon az 1. mérőtestre közvetlenül van felerősítve a 2. nyúlásmérő bélyeges elmozdulásérzékelő, melynek tapintói a szűrőszerszám közelében a mérendő felületre támaszkodnak. A kétoldali elrendezés a hajlításból eredő hibák kiküszöbölésére szolgál. A 3 próbatet a gép 4 asztalán nyugszik. Az asztal és a 6 terhelő orsó között van elhelyezve az 5 villamos erőmérő cella, így lényegében bármely univerzális keménységmérőgépre felszerelhető a teljes mérőrendszer a gép összes eredeti funkciójának változtatlanul hagyása mellett. Ezáltal az erő – út mérésen



1. ábra Erő-út mérésen alapuló keménységmérés elvi vázolata

alapuló értékelés eredményei közvetlenül összehasonlíthatók a hagyományos vizsgálatokkal.

A villamos mérő- és jelfeldolgozó rendszer blokkvázlatát a 2. ábra mutatja. A mért  $F$  erő és  $s$  elmozdulás nyúlásmérő bélyeges jeladói az E jelű erősítő bemenetére csatlakoznak, a két mérőcsatorna az 5 V-os kimenő jelét az A/D konverterrel egybeépített multiplexer (MUX) fogadja. Az eredményeket ipari szabványú számítógép (PC) dolgozza fel. Fizikailag mind az erősítő, mind az analóg-digitál átalakító a számítógépbe van beépítve. Az erősítő kártya saját fejlesztésű, a PCL 812 jelű univerzális kártya ADVANTECH gyártmányú. Járulékosan a mérőrendszerhez csatlakoztatható egy analóg plotter is hagyományos regisztrumok készítése céljából. A vázolt rendszerrel ugyanúgy lehet mérni, mint hagyományos eljárással, a számítógépes program az útjel adott szintjéről indítja a mintavételezést, az erő maximumának elérése után parancsot ad a letérhelésre, majd ennek megtörténte után elvégzi a kiértékelést.



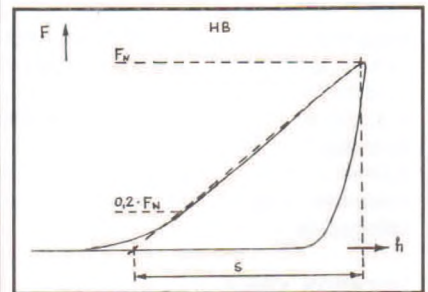
2. ábra Villamos mérőrendszer az erő- és útjel feldolgozásához

Az erő- és útmérő egység az ismert módon hitelesíthető. A 2000 N méréshatárú cella megfelelő a 2,5 mm átmérőjű Brinell golyóval acél próbatetekeken végzett méréshez, valamint a HV30 Vickers keménységméréshez is. Az útmérő méréshatára Brinell mérésnél 0,5 mm, Vickers mérésnél 0,2 mm. Ez utóbbi esetben a 12 bites A/D konverter felbontóképességét figyelembe véve egy digit tizedred mm-nek felel meg.

Megjegyzendő, hogy az ismertetett berendezés az előzetes méréshez és előkísérletekhez szolgáltatott adatokat, a tényleges mérőrendszer saját terhelő egységgel ellátva készült, az atomerőművi igényeknek megfelelően, teljesen távvezérelt kivitelben.

## A kísérleti eredmények értékelése

Egy Brinell keménységmérés során felvett regisztrumot, valamint az értékeléshez szükséges mennyiségek jelölését a 3. ábra mutatja. Az ábrán a  $h$  benyomódási mélység a vízszintes tengelyen,  $F$  a függőleges tengelyen van feltüntetve. A regressziós egyenes illesztését a számítógép a felterhelés bizonytalanságai miatt az állandósult lineáris szakaszon,  $0,2 F_N$  és  $F_N$  között végzi el. Az egyenes egyenletének ismeretében az 0 és  $F_N$  erőkhöz tartozó  $h$  útértékek számíthatók, ezek különbsége adja a névleges erőhöz tartozó  $s$  benyomódást, mely a (8) képletben szerepel. Ezzel az értékelési móddal a felterheléskor



3. ábra Brinell keménységmérés során felvett erő-út diagram és az értékeléshez használt jellemzők

mért erő-út diagram mérési pontjainak 80 %-a figyelembe van véve, tehát a mérési bizonytalanságok minimálisak. Megjegyzendő viszont, hogy ez a számítási modell mind a rugalmas, mind a maradó alakváltozást figyelembe veszi. Elvileg a visszaterhelési szakasz ismerete módot nyújtana a rugalmas alakváltozás elkülönítésére, de ez az elemzés még nem készült el.

Hasonló értékelés készült a Vickers és Rockwell eljárásra is, természetesen az egyes módszerek eltérő sajátosságainak figyelembevételével. A teljes mérési ciklus vezérlésére kidolgozott számítógépi program főmenüje a következő választásokat kínálja:

- BEÁLLÍTÓ ÜZEM
- ALAPADATOK
- MÉRÉS
- ÉRTÉKELÉS
- ADATTÁROLÁS
- KILÉPÉS A PROGRAMBÓL

Beállító üzemben történhet az erő- és útjel hitelesítése, valamint az egyes mennyiségek nullpontjának beállítása. Az Alapadatok menüje választást kínál az egyes keménységmérési eljárások között (HB, HV, HRB, HRC), és módot ad a méréshatárok, léptéktényezők változtatására. Mérés üzemmódban a számítógép elmozdulás jelről indítja a mintavételezést, folyamatosan rajzolja a mérési



pontokat, majd a névleges erő elérések hangjelzést ad. Ezután hagyományos gépen a kezelő, automata berendezésen a beavatkozó szerv elvégzi a leterhelést, szintén folyamatos adatgyűjtés közben. Az *Értékelés* menüpontban a számítógép meghatározza a mért adatokból a keménységet, majd az *Adattárolás* funkcióban mód van az összes mérési eredmény és a számított értékek eltárolására. Teljesen automatikus üzemmódban ezek a feladatok emberi beavatkozás nélkül végrehajthatók.

Az ismertetett berendezéssel és értékelési módszerrel kapott eredményeket a hagyományos keménységmérések eredményeivel összehasonlítva lehetőség nyílt a kétféle mérés közötti regressziós kapcsolatok kiszámítására. Ezek eredményeit összefoglalóan az *1. táblázat* mutatja.

1. táblázat

Benyomódásból számított és mért keménységek összehasonlítása

HX	Tartomány	N	m	b	r <sup>2</sup>
HB	135-285	27	0,8271	47,1969	0,9769
HV	142-484	21	0,9452	46,9025	0,9781
HRC	21-64	22	1,0114	-9,1528	0,9898

A táblázatban például Brinell mérésre a következő egyenlettel definiált regressziós együtthatók találhatók:

$$H^B = m \cdot HB + b \quad (10)$$

Fel van tüntetve továbbá a táblázatban a mérések száma (N), a regressziós együttható négyzete (r<sup>2</sup>), valamint a mért értékek tartománya.

Az eredményekből látható, hogy a regressziós egyenes iránytangense HRC mérés esetén van legközelebb az 1-hez, ezt követi a HV, majd a HB mérés. A nullpont eltolódás (b) a Brinell és Vickers mérésnél közel azonos

és pozitív irányú (a benyomódási mélységből számított értékek magasabbak), ugyanez Rockwell mérésre negatív. A regressziós együttható értéke mindegyik esetben 1-hez közel van, ami a kapcsolat szorosságát jelzi. Ez a tény lehetőséget ad az új eljárással kapott eredmények hagyományos mérőszámokká való átszámítására.

### Összefoglalás

Az erő – benyomódási mélység folyamatos mérésén alapuló új mérő- és értékelő-rendszer valós idejű mérésre ad lehetőséget, a keménység meghatározása objektív kritériumokon alapul. A mérés és értékelés automatizálható, és a berendezés megfelelő terhelő egységgel kiegészítve távirányítottan is működtethető. Az új módszerrel kapott eredmények jól korrelálnak a hagyományosan mért keménységekkel, tehát az új eljárás minden olyan helyen eredményesen használható, ahol nagyszámú mérésre van szükség, vagy környezeti ártalmak miatt kezelő személyzet jelenléte nem oldható meg. A kifejlesztett berendezés alkalmas az erő – benyomódási mélység függvénykapcsolat mélyebb tanulmányozására, és új szemléletű mérőszámok kidolgozására is.

### Irodalom

[1] Brunner, R.G., Schimmer, L.: Ein Neues Härteprüfsystem, ein neues Härteprüfgerät, VDI-Berichte, Nr. 308. (1978)  
 [2] Baden, M., Dengel, D.: Vickershärteprüfung im Kleinlast und Mikrobereich mittels Eindringtiefmessung, HTM 40 1985 107-114.  
 [3] Dengel, D., Kroeske, E.: Vorlastfreie digital Härtemessung mit dem Vickers Eindringkörper zur Ermittlung der Härtekenzahl unter Last, VDI-Berichte, Nr. 308 (1978) 63-69.

[4] Dengel, D., Kroeske, E.: Über Ursache und Unterdrückung der Prüfkraftabhängigkeit der Vickershärte, HTM 39 (1984) 194-198.  
 [5] Gale, K.: Rockwell-Härteprüfung mit verschiedenen Variationen, Materialprüf. 26 (1984) Nr. 3. 69-70.  
 [6] Meincke, H.: Neue Erkenntnisse zur Kugeldruck-Härteprüfung, Materialprüf. 24 (1982) Nr. 1. 21-24.  
 [7] Meincke, H.: Härteprüfgerät mit Tiefenmessung für stofflich und geometrisch ausgezeichnete Materialwerte, Materialprüf. 24 (1982) Nr. 5. 173-176  
 [8] Meyer, R.: Ein Universal-Härteprüfautomat nach Vickers mit Tiefenmessung, VDI-Berichte 583, Härteprüfung in Theorie und Praxis, VDI Verlag (1986) 63-86.  
 [9] Munk, D.: Die Prüfung der Brinellhärte nach dem Eindringtiefmessverfahren, VDI-Berichte, Nr. 308. (1978) 129-134  
 [10] Rupp, D.M.: Verfahren zur Messung von inhomogenen Härteverteilung an metallischen Bauteilen, VDI-Berichte 583, Härteprüfung in Theorie und Praxis, VDI Verlag (1986) 491-512.  
 [11] Sack, W., Schirra, D.: Elektronisches Härteprüfgerät zur automatischen Kontrolle in der Serienfertigung, Materialprüf. 25 (1983) Nr. 1/2. 13-15  
 [12] Schmidt, W., Schaffrath, W.: Die Austauschbarkeit von Härte- und Festigkeitswerten und ihre Beeinflussung durch Anlassen bei Vergütungs- und Kaltarbeitsstählen, Materialprüf. 26 (1984) Nr. 3. 57-61  
 [13] Weiler, W.: Zur Definition einer neuen Härteskala bei Ermittlung des Härtewertes unter Prüfung, Materialprüf. 28 (1986a) Nr.7/8. 217-220  
 [14] Weiler, W.: Ein optimales Härteprüfgerät mit neuartiger Skala zur Ermittlung des Härtewertes unter Prüfkraft, Materialprüf. 28 (1986b) Nr. 10. 311-315  
 [15] Wiertelwski, G.: Elektronische Datenverarbeitung in der Härteprüfung, Materialprüf. 26 (1984) Nr. 3. 67-69  
 [16] Zillmann, L.: Zeitgemasse Härteprüfung, 26 (1984) Nr. 3. 70-73.

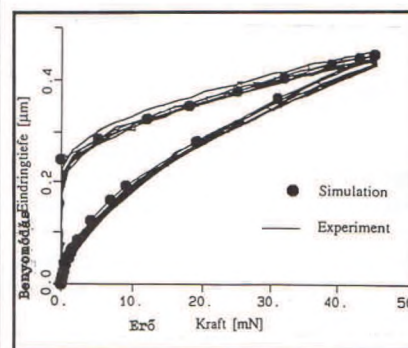
923 073 068-070

## A regisztrációs keménységmérés modellezése

A felületek és rétegek mechanikai tulajdonságait gyakran regisztrációs keménységméréssel jellemzik. Ennél az eljárásnál a gyémánt szűrőszerszámot folyamatosan növekvő terhelő erővel nyomják a vizsgát tárgy felületébe és közben regisztrálják a behatolás mélységét a terhelő erő függvényében. A terhelés és a tehermentesítés jellegzetes menetét szemlélteti az ábra.

A Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik – IWM végelemes modelljével vizsgálható e keménységmérési módszert befolyásoló tényezők, amelyek a következő két csoportba sorolhatók:

- A vizsgálókészülék jellemzői, mint
  - a szűrőszerszám geometriája,
  - a mérés pontossága és
  - a terhelési irány eltérései.
- A bevonattal ellátott próbatest jellemzői, mint.
  - a rugalmas alakíthatósága (rugalmassági modulusz, Poisson-tényező),



Szilícium hordozóra felvitt nio bium-szénhidrogén rétegen több méréssel regisztrált benyomódás – erő görbe és a modellel számított eredmények (•) összehasonlítása

- a képlékeny alakíthatósága (folyáshatár, keményedés),
- a felületi réteg vastagsága,

- a réteg és a hordozóanyag közötti átmeneti zóna tulajdonságai és
- a szűrőszerszám és a próbatest közötti surlódás.

A kísérleti és a numerikus vizsgálat kombinálásával lehetőség van a két csoport jellemző hatásainak elkülönített meghatározására. Ezáltal a próbatest anyagának a terhelő erőre adott jellemző válasza meghatározható. A referencia próbára – például szilíciumra – vonatkozó modellszámítással a vizsgálókészülék kalibrálható, azaz jellemzői kideríthetők. Ezzel a különböző vizsgálókészülékek eredményei összehasonlíthatóvá válnak. A modellezés és a kísérlet kombinálásával kiderített próbajellemzők, mint bemenő paraméterek, felhasználhatók a feszültségeloszlás számításához. Ennek alapján a rétegrendszerrel mondhatunk véleményt. (L.K.)

(A Fraunhofer-Gesellschaft tájékoztatója)



# Ötvözetek szövetszerkezetének és keménységének kapcsolata

ifj. Vorsatz Brunó - Szőke Erzsébet

A keménység minden szilárd halmazállapotú anyagnak könnyen meghatározható, fontos jellemzője. A kisebb terheléssel végzett keménységmérések a szövetelemek, vékony rétegek, fóliák vizsgálatára is alkalmasak. Az anyagvizsgálat gyakorlatában a keménységvizsgálat jól használható eszköz lehet, mert az anyagszerkezeti változások nagyon gyakran keménységváltozással is járnak [1]. A keménységvizsgálat elméletével és gyakorlatával, régóta és sokat foglalkoztak. Dolgozatunkban a keménységvizsgálat egy kevésbé kutatott területével kívánunk foglalkozni, nevezetesen a Vickers-féle keménységmérés terhelő erőtől való függésével a kisterhelésű, illetve mikrokeménység-tartományban. Megkíséreljük bemutatni, hogy milyen, az anyag szerkezetére vonatkozó megállapítások tehetők különböző terhelő erőkkel végzett félmakro- illetve mikro-vickers keménységmérésekből.

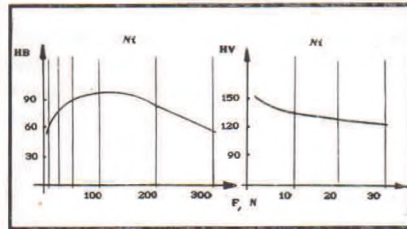
## A keménység fogalma, keménységmérő módszerek

A keménység fizikai tartalmát tekintve a műszaki gyakorlatban nem más, mint egy, a keménységmérés céljából az anyagba nyomott test behatolásával szembeni ellenállás. A keménység mérőszámát a benyomódás létesítéséhez használt erőnek (F) és a benyomódás nagyságára jellemző felületnek (A) a hányadosából kapjuk a Brinell- és a Vickers-módszer szerinti mérésnél. A más jellegű Rockwell-féle keménységmérésnél a keménység mérőszámát meghatározott nagyságú terhelő erőhöz tartozó benyomódás nagysága adja. A Brinell-módszernél (HB) *golyót*, a Vickers-féle módszernél (HV) pedig *gúla* alakú szerszámot nyomunk a felületbe. A mérőszám kiszámításához az erőt N-ban mérjük, de megszorozzuk 0,102-vel, a felületet pedig mm<sup>2</sup>-ben, így az SI-mértékegységeket használva a dimenzió nélkül megadott keménységértékek megegyeznek a régóta megszokott kp/mm<sup>2</sup> dimenziójú értékekkel.

A Rockwell-féle keménységmérés, annak alapvetően más jellege miatt, további tárgyalásunk szempontjából kisebb jelentőségű, ezért továbbiakban ezzel nem foglalkozunk.

Az alakváltozás mértéke, és ezáltal a keménység mérőszáma mind a Brinell-, mind pedig a Vickers-módszernél függ a terheléstől. A két módszert összehasonlítva elmondhatjuk azonban, hogy a Vickers-féle keménységmérés sokkal érzékenyebb a terhelés változására (1. ábra). A Vickers-féle módszerrel lehetőségünk van arra, hogy kisebb terhelésekkel is (kisterhelésű-, félmakro-, illetve mikrokeménység) mérhessünk keménységet és ez

által módunk nyílik arra, hogy tanulmányozzuk: a szerkezet finom változása miképpen hat ki a kisterhelésű-, illetve mikrokeménységre egyes ötvözeteknél.



1. ábra A Brinell és a Vickers-keménység függése a terheléstől

## Elmélet: a Vickers-féle keménység terheléstől való függése

A Vickers-keménységmérés alig érzékeny, a terhelés változására, nagyobb keménységváltozásra csak a kisebb erőtartományban számíthatunk. Meyer szerint a Vickers-keménység mérésénél az F terhelő erő és a benyomódás d átlója között az alábbi összefüggés áll fenn;

$$F = a \cdot d^n \quad (1)$$

ahol a és n, az ún. keményedési kitevő anyagra jellemző állandók.

Mint említettük, a Vickers-módszernél a szűrőszerszám gúla alakú, ezért a nyom felülete az alábbi képlettel írható le:

$$A = k \cdot d^2 \quad (2)$$

ahol k a szűrőszerszám alakját jellemzi.

Mindezek figyelembevételével a keménység értékét, az alapképletbe helyettesítéssel, az F terhelő erővel is kifejezhetjük:

$$HV = \frac{F}{A} = \frac{1}{k} \cdot a^n \cdot F^{\frac{n-2}{n}} \quad (3)$$

A (3) összefüggésből kiolvasható: a Vickers-keménység csak akkor független a terhelő erőtől, ha a vizsgált anyagra a keményedési kitevő n = 2, ekkor HV = a/k = állandó. Azonban az n < 2 eset az általános, mind a makro-, mind a kisterhelésű keménységek tartományában. A változás a kisebb terhelések tartományában nagyobb. A Vickers-keménység tehát – szigorúan véve – terheléstől függetlenül megadva nem jellemzi az anyag keménységét, ezért vezették be az ún. normálkeménység fogalmát [2]. A kisterhelésű, illetve mikrokeménység azonban még néhány más tényezőtől is függ, amit a következőkben foglalunk össze.

## A kisterhelésű keménység jellemzése

A kisterhelésű, illetve mikrokeménység értékét befolyásoló tényezők közül a legfontosabbak:

- a terhelő erő nagysága (a lenyomat mérete)
- a terhelés időtartama
- a vizsgált anyag szövetszerkezete
- a vizsgálókészülék jellemzői: a terhelési sebesség, a mérőoptika jellemzői (pl.: a numerikus apertúra), a gyémánt gúla alak- és mérethibája
- a mechanikai rezgések
- a próbaelőkészítés módja

Látható, hogy a keménység értékét befolyásoló tényezők közül számos a mérőműszerrel van összefüggésben, illetve a mérést végző személytől függ. Ugyanaz a személy, ugyanazzal a műszerrel statisztikus átlagban mindig ugyanakkora hibát vét, tehát ezek a tényezők nagyszámú mérés esetén kevésbé figyelemre méltóak. A próbaelőkészítés hibája szintén kiküszöbölhető. A továbbiakban tehát csupán két tényezőnek, a terhelésnek és a szövet-szerkezetnek a hatásával kell foglalkoznunk.

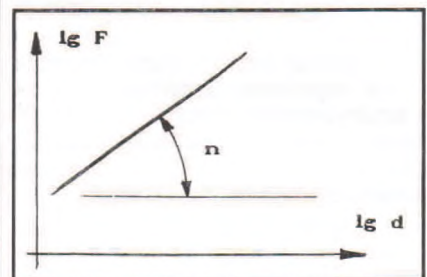
## Jelleggörbe homogén egyfázisú anyagon

Homogén egyfázisú anyagon kiváltképp a terhelés hatása jelentkezik, a szövetszerkezeti hatástól eltekinthetünk. Ugyan valójában minden típusú heterogenitás, így a kristályhatár és a zárványok is hatást gyakorolhatnak a keménység értékére, de ennek hatása a terhelés hatásához képest elhanyagolható. Ezért csupán a terhelő erő hatásával foglalkozunk.

Az (1) egyenletet kétszeres logaritmikussal koordináta-rendszerben ábrázolva, egyenest ad:

$$\lg F = \lg a + n \cdot \lg d \quad (4)$$

Ezt mutatja a 2. ábra. Bückle [2] szerint ez a hatás homogén, egyfázisú anyagon a benyomódás körüli felbontozódásnak tulajdonítható. Másrészt ugyanez úgy is megfogalmazható, hogy a leolvasott nyomatló azért nem arányos a szerszám behatolásához szük-



2. ábra A kisterhelésű Vickers-keménység terhelő erő-nyomatló függvénykapcsolata homogén, egyfázisú anyagon



séges erővel, mert a szerszám valójában rugalmas és egyúttal maradó alakváltozást is létrehoz az anyagban, de a visszatérhelés után mért nyomátó valójában csak a maradó alakváltozás hatását tükrözi vissza. Erre a tényre még később is visszatérünk, amikor azt vizsgáljuk meg, hogy ugyanez a helyzet egyébként többfázisú anyagon is a nagyon kis és a nagy terhelések tartományában.

Újabb fázis hatása

Egy újabb fázis megjelenése a szövetben, legyen az akár kiválás vagy nagyobb méretű második fázis, jelentősen érezeti hatását, mivel megváltoztatja az anyag alakváltozó képességét. Ez a hatás szuperponálódik a terhelő erő okozta hatásra és ezáltal megváltoztatja a  $\lg f = f(\lg d)$  görbe alakját, így befolyásolja az  $n$  kitevő értékét, valamint a keménységet, mint a terhelés függvényét. Például, ha az ötvözetet hőkezelve nő a kiválások száma és ezáltal csökken a köztük lévő szabad úthossz, akkor – a mérések tanúsága szerint – azonos méretű keménységi nyom létrehozásához nagyobb terhelő erő szükséges [3].

Elméletileg a kérdést a következőképpen vizsgálhatjuk meg. Tétélezzük fel, hogy az újabb fázis eloszlása egyenletes a próbában. Feltételezve, hogy a részecskék száma nagy a vizsgált szelvényben, ahol a benyomódást létrehozzuk, joggal mondhatjuk, hogy a terhelésnek egy adott  $d$  nyomátó eléréséhez tartozó megnövekedése ( $\Delta F$ ) arányos a benyomódás felületével. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy  $\Delta F$  arányos azzal az  $F_0$  terheléssel, amelyet homogén, egyfázisú anyagon mérnénk. Az  $F_1$  terhelés így a heterogén szövetre vonatkozóan

$$F_1 = F_0 + \Delta F = F_0 (1 + K) \quad (5)$$

$K$  egy olyan konstans, amely a második fázis eloszlásától és természetétől is függ. Az (5) egyenletet logaritmizálva:

$$\lg F_1 = \lg F_0 + \lg (1 + K) \quad (6)$$

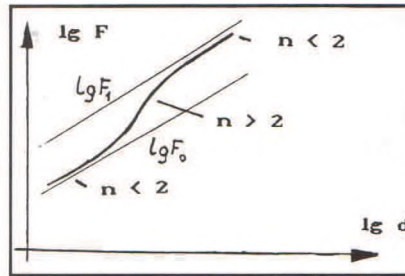
Ez azt jelenti, – ha az  $n$  keményedési kitevő nem változott, hogy  $F_0$ -t és  $F_1$ -t függő változóként tekintve  $\lg F_1 = f(\lg d)$  egyenes párhuzamos a  $\lg F_0 = f(\lg d)$  egyenessel. Közös meredekségük megfelel az alapanyag  $n$  exponensének. Minden a mátrixba épülő újabb fázisnak a hatása így jelentkezik.

Ezek a határgörbék mind a nagyon kis terheléseknél, mind pedig a nagy terheléseknél realizálódnak. Ez azért van így, mert nagyon kis terhelésnél – amikor a nyomátó még jóval kisebb, mint a második fázis részecskék között értelmezhető átlagos, közepes szabad úthossz\* – a homogén egyfázisú anyagra jellemző függvény lesz érvényes. Hasonlóan nagy terhelésnél, amikor a nyomátó jóval nagyobb lesz, mint a szabad úthossz, szintén

\* Az átlagos, közepes szabad úthossz Fullmann-tól származó definíciója:  $\lambda = \frac{1-f}{N_L} V$ , ahol  $f_v$  a részecskék térfogataránya a térfogategységben,  $N_L$  pedig egy egységnyi mérővonalnak a részecskékkel alkotott metszéspontjainak számát jelenti.

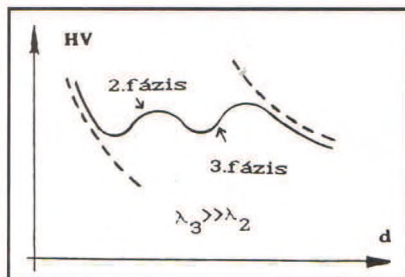
a homogén egyfázisú anyagra jellemző hatás érvényesül.

A kísérleti görbe a két határgörbéből és egy átívelő részből tevődik össze, amely összeköti a két határgörbét. Ez látható a 3. ábrán. A HV-t, mint a terhelés függvényét,



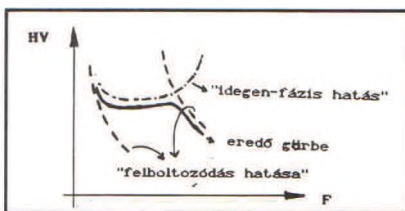
3. ábra Az alapmátrixba ágyazódott újabb fázis megváltoztatja a  $\lg F(\lg d)$  görbe alakját.

lineáris koordináta-rendszerben ábrázolva a határgörbék hiperbolicus görbék formájában jelentkeznek és ez érthető is, mert  $n < 2$  így viszont a (3)-ban a kitevő:  $\frac{n-2}{n} < 0$ . A kísérleti görbe komplikált és nem várt lefolyást mutat, amint ez a 4. ábrán látható: a középső részben a keménységi értékek a terheléstől, vagy ami ezzel egyenértékű a nyomátótlól függően emelkednek, majd ismét csökkenhetnek és növekedhetnek attól függően, hogy hány újabb fázis fejt ki hatását. Tehát a keménységi görbén minimum és maximum is található.



4. ábra Heterogén anyagnál minden újabb fázis hatása az  $HV=f(d)$  görbén jelentkezik

Az 5. ábra kapcsán ezt megkíséreljük bizonyítani. Mint említettük, a kis és nagy terhelések tartományában a homogén, egyfázisú anyagra jellemző hatás érvényesül. Az újabb fázis hatása akkor jelentkezik, amikor a keménységmérő szerszám által létrehozott nyom átlója összemérhetővé válik a második fázis részecskék között értelmezhető szabad



5. ábra A minimum-maximum helyek két hatás eredőjeként alakulnak ki a  $HV=f(F)$  görbén

úthosszal. Ekkor feltehetően a – deformált térfogatban is jelenlévő – második fázisrészecskék által előidézett csúszáságatás következtében a mérhető nyomátó (jelöljük  $d_0$ -val) kisebb lesz, mint az a  $d$  nyomátó, amit az alkalmazott terheléssel az egyfázisú anyagon kapnánk. Tegyük fel, hogy  $d_0$  és  $d$  között a kapcsolat lineáris:

$$d = d_0 + c_0 \quad (7)$$

és írható a Meyer-féle képlet szerint, hogy

$$F = a (d_0 + c_0)^n \quad (8)$$

A nyom felülete ugyanakkor:

$$A = k \cdot d_0^2 \quad (9)$$

A (8)-ből:

$$d_0 = \left(\frac{F}{a}\right)^{\frac{1}{n}} - c_0 = c_1 \cdot F^{\frac{1}{n}} - c_0 \quad (10)$$

$$c_1 < 1$$

A (10) összefüggést beírva a keménység alapképletébe, a második fázis hatását leíró  $HV(F)$  függvényre a következőt kapjuk:

$$HV = \frac{F}{A} = \frac{F}{k (c_1 \cdot F^{1/n} - c_0)^2} = c_2 \cdot F \cdot (c_1 \cdot F^{1/n} - c_0)^{-2} \quad (11)$$

Keresve a függvény szélsőértékét, rendezés után kapjuk, hogy

$$\frac{dHV}{dF} = (c_1 F^{1/n} - c_0)^{-2} \cdot \{1 - 2(c_1 F^{1/n} - c_0)^{-1} \cdot \frac{c_1}{c} \cdot F^{1/n}\} = 0 \quad (12)$$

Mivel csak a második tényező lehet zérus, ezért a kapcsos zárójeles kifejezéssel a terhelő erő szélsőértékére, az  $F_{SZ}$ -re a (13) kifejezést kapjuk, amely, a korábban elmondottakkal összhangban, akkor értelmezhető, ha  $n > 2$ .

$$F_{sz} = \left(c_0 \cdot \frac{n}{c_1 \cdot (n-2)}\right)^n \quad (13)$$

A másodrendű derivált előjelének vizsgálatához az  $F_{SZ}$  értékénél a következő kifejezést kapjuk:

$$\frac{d^2HV}{dF^2} = -2c_2 c_1 \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{c_0 \cdot n}{n-2} - c_0\right)^{-3} \cdot \left(\frac{c_0 \cdot n}{c_1(n-2)}\right)^{(1-n)} \cdot \left\{\frac{1}{n} - \frac{1}{2}\right\} \quad (14)$$

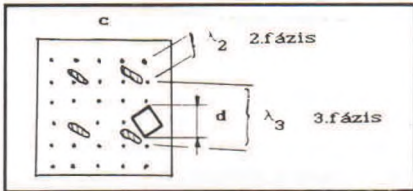
Miután  $\left\{\frac{1}{n} - \frac{1}{2}\right\} < 0$ , ezért  $\frac{d^2HV}{dF^2} > 0$ , tehát az  $F_{SZ}$  helyen a (11)  $HV(F)$  függvénynek minimuma van. Ezt követően a függvény növekszik és ez mindaddig érvényben marad, amíg a terhelés növekedése folytán a nyomátó is már jóval nagyobb lesz, mint az átlagos szabad úthossz. Ezt követően ismét a csökkenő jelleggel fut a görbe, (5. ábra). Amikor a nyomátó, egy újabb fázisra jellemző szabad úthosszal válik összemérhetővé, az előbb tárgyalt folyamat megismétlődik.



**Matematikai modell**

Olyan matematikai modellt kíséreltünk meg felállítani, amely az eddigi eredményeket felhasználva megkísérlí leírni a kisterhelésű Vicers-keménység, a terhelő erő és a szövetszerkezet heterogenitásának mértéke közötti kapcsolatot.

Az egyszerűség kedvéért vizsgálódásainkat az anyagnak egy  $c$  élhosszúságú kockával jellemzett részében végezzük. Erre csupán a tárgyalásmód leegyszerűsítése céljából van szükség. Miután a méréseket mikroszkópi csiszolaton végezzük, így az adott térfogatnak egy  $c$  oldalhosszúságú négyzet alakú részét vegyük szemügyre a továbbiakban. A  $c$ -nek kettős értelme van, hiszen egyúttal a vizsgált területrészen értelmezhető a legnagyobb keménységi nyom átlója is, amely feltehetően már akkora terheléshez tartozik, amelynél nagyobb terhelés esetén a keménység már a homogén, egyfázisú anyagra jellemző módon változik, tehát a  $c$ -nek fizikai tartalma is van. Tételezzük fel továbbá, hogy a második, harmadik és az azt követő újabb fázisokra jellemző átlagos, közepes szabad úthosszak és maguknak a fázisoknak a mérete is különböző (6. ábra). A terhelés változását a keménységi nyom átlójának változása ( $d$ ) jellemzi. Az átlagos, közepes szabad úthosszakat jelöljük



6. ábra Magyarázó ábra a matematikai modellhez

rendre  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ -nel. A keménység egy többváltozós függvényként kezelhető, ahol a független változók a nyomátó, ill. a részecskék közötti távolság:

$$HV = f(d, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_n) \quad (15)$$

Teljesíteni kell az alábbi feltételeket, mint fizikai korlátokat:

1. Ha nagyon kevés mennyiségű idegen fázis van az alapmátrixban a vizsgált területen. Ez azt jelenti, hogy bármely vizsgált  $c$  élhosszúságú térfogatban, bármelyik fázisra fennáll:

$$\lambda_i = c, \text{ vagyis } \frac{\lambda_i}{c} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Ebben az esetben egy, az alapmátrix keménységére jellemző keménység adódik:

$$HV = HV_M, \text{ ha } \frac{\lambda_i}{c} = 1 \quad (16)$$

2. Ha a vizsgált térfogatban nagyon nagy mennyiségű második, harmadik vagy  $n$ -edik fázis részecske van, azaz  $\lambda_i \ll c$ . Ekkor határesetként rendre meg kell kapjuk az egyes fázisok keménységét; az  $i$ -edik fázis  $HV_i$  keménysége:

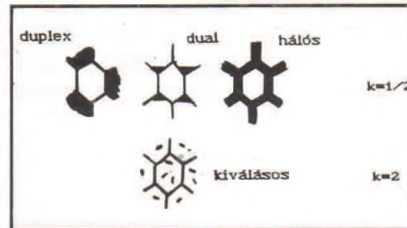
$$HV = HV_i, \text{ ha } \frac{\lambda_i}{c} = 0; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

Mindkét esetben a keménységnek a homogén, egyfázisú anyagra érvényes módon kell változni.

Az elmondottak figyelembevételével a HV keménységet egy függvéypolinommal közelítve írjuk le:

$$HV = [1 + b_1 \frac{d}{c} (1 - \frac{d}{c}) \cdot (\frac{d}{c} - b_2 \frac{\lambda_2}{c}) \dots (\frac{d}{c} - b_n \frac{\lambda_n}{c}) \frac{\lambda_2}{c} \frac{\lambda_3}{c} \dots \frac{\lambda_n}{c} (1 - \frac{\lambda_2}{c}) \dots (1 - \frac{\lambda_3}{c}) \dots (1 - \frac{\lambda_n}{c}) - b_0 \cdot \sqrt{\frac{d}{c}}] \cdot [(\frac{\lambda_1}{c})^k \cdot HV_M + (1 - \frac{\lambda_2}{c})^k \cdot HV_2 + \dots + (1 - \frac{\lambda_3}{c})^k \cdot HV_3 + \dots + (1 - \frac{\lambda_n}{c})^k \cdot HV_n] \quad (18)$$

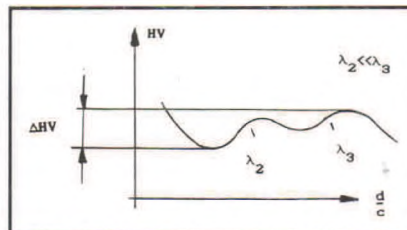
A  $b_0, b_1, b_2, b_n$  anyagtól függő állandók. A négyzetgyökös közelítés a keménységi nyom körüli – a már említett – felbontódás hatását veszi figyelembe. Vizsgálataink szerint ez a közelítés felel meg legjobban a gyakorlatnak. A  $k$  értéke az ötvözet típusát veszi figyelembe, és értéke 2 vagy 1/2 (7. ábra). Ha kettőnél több fázis van, ezek hatását együtt kell értékelni.



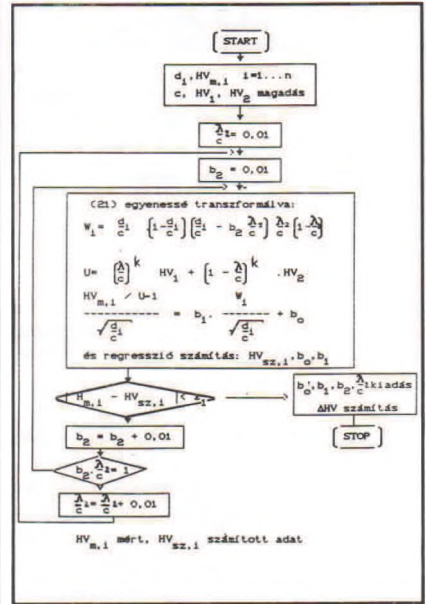
7. ábra A  $k$  érték megválasztása a (18) egyenlethez az alapmátrix és a fázis alkotta szövetszerkezet alapján

Az összefüggés kellő mennyiségű adat birtokában személyi számítógép felhasználásával alkalmas arra, hogy az  $\lambda$  értékeket meghatározzuk.

Fontos azonban kiemelni – amit a mérések és a számítógépes szimulációs vizsgálatok is igazoltak –, hogy a szövetség már csekély mértékű változására, ami az  $\lambda$  értékek változásában nyilvánulhat meg, a  $\delta$  ábrán bejelölt  $\Delta HV$  érték érzékenyen reagál. A (18) egyenlet személyi számítógép felhasználásával oldható meg. A program kétfázisú ötvözetre vonatkozó folyamatábrája látható a 9. ábrán.



8. ábra A modell alapján számítható paraméterek



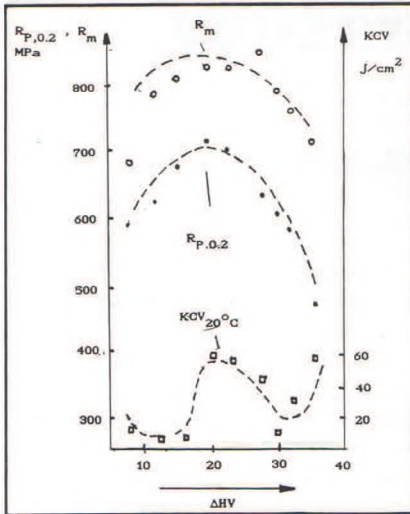
9. ábra A kétfázisú modellre vonatkozó számítógépi algoritmus

**Alkalmazások**

Módszerünk egy korábbi, leegyszerűsített változatának alkalmazását ismertettük a BKL Kohászat hasábjain [4]. Itt egy olyan példát mutatunk be, ahol a módszer ipari alkalmazhatóságára is rá tudunk világítani.

Kísérleteinket egy általunk kifejlesztett, Mn-V ötvöztetésű dual-fázisú acél különböző adagjain végeztük el. Az acélokat a Dunai Vasműben különböző technológiai paraméterek mellett gyártották. Az acéltípusra jellemző, hogy a dual-fázisú ferrit-martensites szerkezete, mint tulajdonságmeghatározó struktúrára vanádium-karbidos kiválások keményedés is szuperonáldók. Attól függően, hogy  $e$  két hatás hogyan összegződik, alakulnak az acél egyes mechanikai tulajdonságai. Elérhető egy optimum, amikor a dual-fázisú szerkezetre jellemző átlagos, szabad úthossz és a kiválások száma és morfológiája egyöntetűen a szilárdsági és szívóssági tulajdonságok szempontjából is a legkedvezőbb állapotot képviseli. Egy-egy adott technológiai paraméterrel gyártott próbákön 10-15 keménységmérést végeztünk 5 különböző terhelő erővel. A kapott görbéket kiértékeltek. A 10. ábrán bemutatott példából látszik, hogy a  $\Delta HV$  egy adott értékéhez tartozik az az optimális technológia, ahol a szilárdsági és szívóssági tulajdonságok egyaránt kedvező értékeket adnak. Minden egyes összetartozó folyáshatár ( $R_{p0.2}$ ), szakítószilárdság ( $R_m$ ) és ütőmunka (KCV) adathoz hozzárendelhető próbák különböző technológiai paraméterekkel készültek. A technológia optimálisnak mondható, ha a kapott  $\Delta HV$  érték  $20 \pm 5$  körül alakul. Ettől lényegesen kisebb  $\Delta HV$  érték esetén alacsony szilárdsági értékekre számíthatunk. Az optimális értéknél nagyobb  $\Delta HV$  érték esetén viszont





10. ábra Alkalmazási példa: a  $\Delta HV$  érték és a mechanikai tulajdonságok összefüggése egy meleghengerléssel előállított dual-fázisú acélon

$\Delta HV$  érték  $20 \pm 5$  körül alakul. Ettől lényegesen kisebb  $\Delta HV$  érték esetén alacsony szilárdsági értékekre számíthatunk. Az optimális értékeknél nagyobb  $\Delta HV$  érték esetén viszont rosszabb az ütőmunka.

Az optimális technológia (pl. hengertelési véghőmérséklet) beállításához a mechanikai tulajdonságok változására nagyon érzékenyen reagáló mérés számítógépes kiértékelésével kapott adatok is hozzájárulhatnak. Az optimális technológia felkeresését a leírt egyszerű és érzékeny módszerrel segíthetjük elő. A bemutatott gyakorlati példa eredményei is az elmondottakat igazolták.

### Összefoglalás

Dolgozatunkban egy olyan vizsgálati módszert mutattunk be, amely a Vickers-keménység terhelő erőtől való függésén alapul a

kisterhelésű keménység-tartományban. A módszer alkalmas arra, hogy a két- és többfázisú ötvözeteknél a szövetszerkezetben bekövetkező nagyon finom változásokat viszonylag egyszerűen nyomon kövessük. Bizonyos esetekben az optimális technológia behatárolása e módszer segítségével lényegesen megkönnyíthető, illetve ellenőrizhető.

### Irodalom

- [1] Tóth, L.: Fémalakítás. Tankönyvkiadó. Bp. 1980.
- [2] Káldor, M. - Bárczy, P.: BKL Kohászat, 1967. 8. 349-351. o.
- [3] Brückle, H.: Mikrohärtprüfung und ihre Anwendung. Berliner Union. Stuttgart, 1965
- [4] Vorsatz, B.: BKL Kohászat, 1988. 4. 161-170. o.

923 076, 062-063

# SHIMADZU

- » anyagvizsgálógépek
- » szakítógép
- » keménységmérő
- » spektrofotométerek és
- » kromatográfok



**BUEHLER**

## BUEHLER-MET

- » fénymikroszkóp
- » mintaelőkészítési rendszer

Magyarországi képviselőte:  
**SIMKON Kft.**

1032 Budapest, Gyenes u. 5.  
Tel.: 1887 842, 1884 450 • Fax: 1884 450



# Keménységmérés és mérésügy

Kovács Gábor\*

## Törvény a mérésügyről

A mérésügy alapvető feladata a mérések egységességének és pontosságának biztosítása. Ezt a feladatot a jog eszközeinek felhasználásával, államigazgatási tevékenységként látja el.

A mérésügyet a világon általában törvények szabályozzák. Magyarországon is már 1405-ben Zsigmond király adott ki először dekrétumot, királyi rendeletet a mérések egységességének érdekében. Ezt a történelem folyamán több törvényerejű szabályozás, törvényrendelet követte. Legutoljára 1905-ben az V. törvény adott a maga idejében még nemzetközi mércével mérve is igen korszerű, közel fél évszázadig érvényben lévő jogszabályi háttérrel a magyar mérésügy működésének.

Az elmúlt 40 évben a mérésügy törvényi szintű szabályozását kormányrendeleti szintre degradálták. A rendszerváltozás után a hatályos kormányrendeletek felülvizsgálata (dereguláció) során a kormány a parlamenttel egyetértésben úgy határozott, hogy a mérésügy szabályozását a megváltozott társadalmi, bel- és külgazdasági viszonyokra való tekintettel is ismét törvényi szintre kell emelni.

Az Országos Mérésügyi Hivatal (OMH) közel egy éves munkával az új mérésügyi törvényjavaslatot, valamint az annak végrehajtását szabályozó kormányrendelet javaslatát elkészítette. Az országgyűlés 1991. szeptember 2-án a törvényjavaslatot elfogadta, így 1992. január 1-től az 1991. évi XLV. törvény szabályozza a magyar mérésügyet. A törvény végrehajtásáról pedig a 127/1991. (X.9.) korm. rendelet intézkedik.

## Törvény és keménységmérés

A törvény végrehajtását szabályozó kormányrendelet melléklete tartalmazza a kötelező hitelesítésű mérőeszközök jegyzékét. Ezen jegyzék 18. pontja a mechanikai anyagvizsgáló eszközökre vonatkozik és a szakító-, nyomó-, hajlító-, nyíró-, törőgépek, fonal- és kvadránsmérlegek, motollák, sodratszámlálók, ingás ütőgépek mellett tartalmazza a keménységmérőgépeket, valamint a HRC és HV keménységi behatolótesteket is.

A keménységmérőgépek már viszonylag régen, közel 40 éve kerültek be a kötelező hitelesítésű mérőeszközök közé, miután az országos keménységi skálát az etalon keménységmérőgépek beszerzésével és üzembeállításával létrehoztuk. A keménységi behatolótestek hitelesítését csak később (1973) rendeltük el a nagyobb darabszámban vizsgált, új és használt behatolótesteknél szerzett nagyon kedvezőtlen tapasztalatok miatt. (Az ipar-

ban használt behatolótestek közül a hitelesítéséknél derült ki sok esetben, hogy törtek, de az új Rockwell gyémántok közül is igen sok nem teljesítette a korrekcióra megengedett  $\pm 1$  HRC tűréshatárt.) Tehát a keménységmérőgépek Magyarországon kötelező hitelesítésű mérőeszközök. Ez azt jelenti, hogy keménységmérőgépen mérni, keménységi értékeket meghatározni, de a keménységmérőgépet üzemkész állapotban tartani is csak hitelesített állapotban szabad. Új típusú, vagy Magyarországon még nem forgalmazott típusú, importált gép esetében a hitelesíthetőségről típusvizsgálatnak kell döntenie. Pozitív eredményű típusvizsgálat esetén a hitelesítést engedélyező államigazgatási határozat kiadására kerül sor (hitelesítési engedély).

A törvény, illetve a végrehajtási utasítás más paragrafusa írja elő, hogy azokat a mérőeszközöket, amelyek alkalmasak a mennyiség egységének és/vagy helyes értékeinek előállítására és más mérőeszközre való továbbszármaztatására, használati etalonnak tekintjük és hívjuk. A használati etalonoknak pedig érvényes hitelesítéssel kell rendelkezniük. A keménységmérés területén a keménységösszehasonlító lapok a használati etalonok, mivel azokkal más mérőeszközök – a ke-

ménységmérőgépek – pontossága ellenőrizhető.

## A törvényes keménységmérés kiterjedése

Mire vonatkoznak a törvényes metrológia jogszabályai a keménységmérés területén? Minden fajta és minden formájú keménységmérésre? Nem. Az OMH jelenleg csak a statikus fémipari keménységméréssel foglalkozik. Tehát nem foglalkozunk különböző dinamikus, kézi keménységmérők (pl. Poldi kaplác), vagy gumi (Shore), beton stb. keménységét meghatározó eszközök hitelesítésével. De csak tájékoztató jelleggel tudunk jelenleg vizsgálatokat végezni Vickers szerinti mikrokeménységmérőkkel is. Ennek alapvető oka elsősorban az, hogy ezeknek az eljárásoknak ma még nem létezik metrológiai igényeket kielégítő, a mérésügyi hivatalok által nemzetközileg összehasonlított keménységi skálájuk. Ha ilyen eszközök vizsgálatával kapcsolatos igénnyel fordulnak hozzánk, akkor ún. minősítő vizsgálat során a gyártó által megadott specifikáció ellenőrzését, valamilyen

Vizsgálati tartomány	Mérési bizonytalanság	A mérési bizonytalanság megadásának módja
Rockwell keménységmérés		
(20 + 70) HRC (60 + 90) HRA (10 + 100) HRB	$\pm (0,1 + 0,2)$ HRC $\pm (0,2 + 0,3)$ HRA $\pm (0,3 + 0,5)$ HRB	k = 2 k = 2 k = 2
Vickers keménységmérés HV1 +HV100 (kis és normál terhelés)		
(200 +900) HV	$\pm (3 + 8)$ HV	k = 2
Brinell keménységmérés HB10/3000+HB1/30 (összes terhelés)		
(50 + 500) HB	$\pm (3 + 7)$ HB	k = 2
Keménységösszehasonlító lapok minősítése		
(20 + 70) HRC (60 + 90) HRA (10 + 100) HRB	1,5 % 3 % 3 %	A lap megengedett szóródásterjedelme a mélységnövekedés százalékában
(200 +900) HV (50 + 500) HB	(1 + 1,5) % (1 + 2) %	A lap megengedett szóródásterjedelme a lenyomat méret százalékában
Keménységi behatolótestek vizsgálata		
Geometriai alakhűség ellenőrzése		
Rockwell: 120°30' R 0,2 Vickers: 148°6' ± 20'	$\pm 5'$ $\pm 0,01$ mm $\pm 5'$	
Működési vizsgálat		
Rockwell: $\pm 1$ HRC Vickers: $\pm 2$ %	(0,2 + 0,4) HRC (2 + 10) HV	

\* Országos Mérésügyi Hivatal



nemzetközileg elfogadott és országos skálával rendelkező keménységmérési eljárás értékeihez való összehasonlítását tudjuk elvállalni.

Sajnos jelenleg nem rendelkezünk etalon keménységmérőgéppel a felületi (Super) Rockwell keménységmérési eljárás területén sem, így ezen gépek teljes körű hitelesítését sem tudjuk ellátni. (Az ilyen gépeket csak a terhelést előállító erőre tudjuk ellenőrizni.)

Az OMH jelenleg a táblázatban között szolgáltatásokat nyújtja a keménységmérések területén.

### A mérésűgy hatása

A törvényes metrológia hatása a keménységmérések területén, hasonlóan más mérés-területekhez, a gazdaságban nem közvetlenül, hanem áttételesen jelentkezik. Magasszintű gépipari gyártástechnológia, minőségi áruter-

melés elképzelhetetlen korszerű anyagvizsgálat nélkül. Korszerű anyagvizsgálat mérések, a mérések tanúsítását hitelessé tévő mérésűgyi háttér nélkül szintén nem létezik. Márpedig a világszínvonalhoz közeledés minőségi árutertermelés nélkül nem megy. Tehát az anyagvizsgálat, benne a keménységmérés korszerűsítése, magas szinten tartása egy rendkívül fontos nemzetgazdasági tevékenység.

923 080 061

# Keménységösszehasonlító lapok és behatolótestek

Ifj. Petik Ferenc\*

## Bevezetés

A keménység az anyagok tulajdonsága. A keménységi skála folytonos, de a folytonos értékek előállítása már nem olyan egyszerű feladat, mint például a hosszúság, tömeg vagy hőmérséklet esetében. A keménységi értékek nem additívek. Például 28 HRC + 32 HRC nem egyenlő 60 HRC-vel. Egy adott anyag keménysége az alkalmazott gyártási technológia függvénye. Nem tudunk tetszés szerinti keménységű anyagot előállítani. A metrológia csak a kialakult keménység meghatározására vállalkozhat. A keménység mérőszáma egy megállapodáson alapuló kísérlet eredménye.

A mérési folyamat két lépésből áll:

- előírt körülmények között lefolytatott kísérlet,
- a kísérlet közben vagy után a lenyomat jellemző méretének megállapítása.

Természetesen nagyon sokféle módon lehet jól elvégezni a kísérletet, kezdve a terhelés nagyságától, a behatolótest alakjától. A mérési eredmény azonban csak akkor használható, ha azt az egész világon egyformán értelmezik. Ez tette szükségessé a keménységmérés egységesítését. Ennek során kialakultak a mindenhol elfogadott, szabványosított módszerek. Az egységesítést nagyban hátráltatja azonban, hogy a keménységnek nincsen nemzetközi etalonja, mint például a tömegnek. A tömeg esetében ugyanis viszonylag egyszerű a helyzet. Az egyes országok etalon súlyait összehasonlítják a Sevres-ben őrzött nemzetközi etalonnal és így a tömegmérés egységessége az összehasonlító mérés pontosságának szintjén biztosítható az egyes országok között. A keménységmérés esetében legfeljebb nemzeti, egy adott országra vonatkozó etalonról beszélhetünk. Az etalon egy speciális keménységmérőgép a hozzátartozó behatolótesttel vagy behatolótest csoporttal, amelyet úgy készítenek el, hogy az minél jobban megfeleljen

a szabványban előírt követelményeknek. Ezek a gépek mégis igen sok tekintetben különböznek egymástól és ez természetesen az egyes országok keménységi skáláinak eltéréseit is okozza. Ezen jelenleg nemzetközi etalon hiányában széles körű részvétellel szervezett nemzetközi összehasonlító mérések segítenek.

Főként a kérdés, hogy egyáltalán milyen módon lehet összehasonlítani két keménységmérő gépet. Csak közvetett módon, egy alkalmas „átvívó elem” segítségével. Ez az ún. keménységösszehasonlító lap. Ha két gépet össze akarunk hasonlítani, akkor mindkét gépen megmérjük a keménységösszehasonlító lap keménységét és a kapott eredményekből kapunk információt a két gép közötti különbségről. A mérés helyi roncsolást okoz a lapon, így a lap egy adott pontján csak egyszer lehet mérni. Ebből következik, hogy a lap inhomogenitása hibát visz az összehasonlító mérésbe.

A mérésben legközvetlenebbül a behatolótest vesz részt. A gúla- illetve kúp alakú gyémánt behatolótestek gyártása igen nehéz feladat, az ideális geometria elérése szinte lehetetlen. A behatolótest alakja nagy mértékben befolyásolja a mérési eredményt.

Belátható tehát, hogy az egységes keménységmérés érdekében elengedhetetlenül szükséges a keménységösszehasonlító lapok és behatolótestek alapos vizsgálata.

## Keménységösszehasonlító lapok

Mind az etalon, mind pedig az ipari keménységmérőgépek helyezzük őket, így az összehasonlításukhoz szükség van egy „átvívó elemre”, amely kapcsolatot teremt a magasabbrendű és az alacsonyabbrendű mérőeszköz között. A keménységösszehasonlító lappal szemben támasztott legfontosabb követelmények:

- egyenletes keménység a felület mentén a megfelelő mélységig,
- időben állandó keménység,

– egyéb tulajdonságok, amelyek lehetővé teszik a keménységnek megfelelő bizonytalansággal történő meghatározását.

### A keménység egyenletessége

A keménységösszehasonlító lap keménysége a lap felületén egyenletesen elhelyezkedő öt lenyomat számtani középértéke. A keménység egyenletességének meghatározására az R relatív szóródásterjedelem százalékos értékét használjuk, melyet a következőképpen kell kiszámítani:

a/ *Rockwell mérés*

Legyen  $e_1, e_2, \dots, e_5$  növekvő sorrendben a benyomódási mélység növekedése speciális hosszegységben. Legyen  $e$  ezeknek az átlaga. Így:

$$R = [(e_5 - e_1)/e] \cdot 100 \%$$

b/ *Vickers és Brinell mérés*

Legyen  $d_1, d_2, \dots, d_5$  az egyes lenyomaton mért átlók, illetve átmérők átlaga növekvő sorrendben. Legyen  $d$  ezeknek az átlaga. Így:

$$R = [(d_5 - d_1)/d] \cdot 100 \%$$

A szóródásterjedelem R megengedett értékeit a szabványok tartalmazzák.

Egy lap hitelesítése során a felszín öt pontján határozzák meg a keménységet. Ha a lapot megfelelő módon gyártották, akkor ez az öt pont jól reprezentálja a teljes felszínt. Rossz hőkezelés, forgácsolás vagy anyaghibák miatt azonban nagy eltérések lehetnek az egyes pontok között. A bizonytalanság elvileg csökkenthető lenne a mért pontok számának növelésével, ez azonban nagyban megnövelné a hitelesítés költségeit, a lap értéke pedig csökkenne, hiszen csökkenne a használható felületének nagysága. A megoldás az lehet, ha a gyártó és a hitelesítést végző szerv között együttműködés alakul ki a különböző hibák feltárására és megszüntetésére.

\* Országos Mérésügyi Hivatal



## A keménység időbeni stabilitása

Néhány nemzetközi dokumentum és a magyar szabvány is követelményeket fogalmaz meg a keménység időbeni stabilitásával kapcsolatban. Ezeknek az előírásoknak az alkalmazhatósága azonban már kérdéses. Hogyan ellenőrizhető a stabilitás egy kétéves periódus során? A legtöbb lapot ennyi idő alatt teljesen elhasználják. A gyakorlatban ezért a lapot megfelelőnek minősítik az első hitelesítésnél, amennyiben a többi követelményt kielégíti. A stabilitást legfeljebb egy, a gyártási sorozatból kiemelt mintapéldányon lehet vizsgálni. Ha ezen két év elteltével számottevő változást észlelnek, akkor a gyártási technológiában változást kell végrehajtani.

A keménységváltozásnak több oka is lehet. Az egyik, hogy az anyagszerkezet az idő múlásával megváltozhat, akkor is, ha a lap nincs használatban. Egy másik ok lehet, hogy a használat során a mechanikai behatások miatt felkeményedik a lap. Ez utóbbival kapcsolatban sokan végeztek kutatásokat. Az eredmények azt mutatták, hogy a lapok felkeményedése közelítőleg egyenes arányban áll a rajta elhelyezett lenyomatok számával. Ez azt jelenti, hogy a lenyomatokat nem lehet tetszés szerinti sűrűségben elhelyezni a lapokon. Lágyabb lapokon ritkábban, keményebb lapokon sűrűbben lehet lenyomatokat készíteni. Ebben a kérdésben is a szabványok az irányadók.

## Anyag

A szabványok a keménységösszehasonlító lapok anyagával kapcsolatban csak általános követelményeket fogalmaznak meg. „A keménységösszehasonlító lapokat homogén szerkezetű, maradó mágnesesség nélküli és az öregedéssel szemben ellenálló acélból kell készíteni.” A lapok többsége egyszerű szénacélból vagy enyhén ötvözött acélból készül. Ajánlatos ugyanazt az acélt használni minden keménységi szinten és a kívánatos keménységet a hőkezelés variálásával beállítani.

## Hitelesítés

A keménységösszehasonlító lapok mérési szempontból használati etalonnak minősülnek, így hitelesítésük kötelező. Ez a Rockwell, a Vickers és a Brinell lapokra egyaránt vonatkozik. A hitelesítést az Országos Mérésügyi Hivatal Erő- és Keménységmérések Laboratóriuma végzi Budapesten. A vizsgálat kiterjed a geometriai méretek, a felületi minőség és a keménység egyenletességének ellenőrzésére, valamint a lap keménységének meghatározására. A két utóbbit az ún. funkcióvizsgálattal határozzák meg. Ez úgy történik, hogy a vizsgálandó lap keménységét az OMH közvetlen súlyterhelésű etalon keménységmérőgépen öt ponton megméri. Az 1. ábrán az OMH egyik etalon HRC keménységmérőgépe látható. Az öt eredmény átlaga adja a lap hiteles keménységi értékét. A szóródásterjedelmet (R) már ismertetett módon számítják ki. A hitelesítésről az OMH



1. ábra Az OMH etalon HRC keménységmérőgépe

bizonyítványt állít ki, melynek érvénye két év. A tapasztalat sajnos azt mutatja, hogy a felhasználók csak nagyon ritkán hitelesítetik a keménységösszehasonlító lapokat. Sok cég külföldről szerzi be a lapjait. Legtöbb esetben a gyártó feltünteti a lapon az általa mért keménységet, azonban, mint azt már említettem, két ország keménységi skálája között számottevő eltérés lehet.

Ezen kívül a lap keménysége időben is változik. A legelső mérés és a lap felhasználása között 5-10 év is eltelhet, és ennyi idő alatt bizonyosan változik a keménység. Így fordulhat elő az, hogy egy keménységmérőgép nem hiteles keménységösszehasonlító lappal ellenőrizve jönnek ki, míg a gép hitelesítése során, amikor hiteles lapot használnak, rossznak bizonyul. Ezért a keménységmérőgépeknek keménységösszehasonlító lappal történő ellenőrzésének csak akkor van értelme, ha a lap érvényes hitelesítési bizonyítvánnyal rendelkezik.

## Behatolótestek

A mérési eredményeket a gép oldaláról legközvetlenebbül a behatolótest befolyásolja. A különböző mérési elvek különböző formájú behatolótesteket igényelnek. Ezt az indokolja, hogy nagyon elértő keménységű anyagokat kell vizsgálni és ez lehetetlen lenne egyetlen módszerrel.

## Gyémánt kúp

A Rockwell A, C és N keménységmérés módszerhez egyenes kúp behatolótestet használnak, melynek lekerekített csúcsa van. A kúpszög 120°. A lekerekítési sugár 0,2000 mm. A gyémánt felületének tükrösnek kell lennie olyan hosszban, hogy 0,3 mm mély behatolás esetén az anyaggal csak a polírozott rész érintkezessen. A gyémántot szilárdan kell rögzíteni a foglalatban, úgy, hogy a kúp és a foglalat tengelye párhuzamos legyen.

## Gyémánt gúla

A Vickers módszerrel alkalmazott behatolótest egy négyzetalapú gyémánt gúla, melynek két átellenes éle által bezárt szöge 148°6'. A csúcsonál a lapok találkozásánál kialakuló él nem lehet hosszabb, mint 0,002 mm. Az egyéb követelmények megegyeznek a Rockwell behatolótestekre vonatkozó követelményekkel.

## Golyós behatolótest

A Brinell, illetve a Rockwell B és T behatolóteste acél vagy keménységű golyó, amely a foglalatban elforgatható, cserélhető. Ezért egy adott golyós behatolótestet nem áll módunkban vizsgálat után bizonylatolni (pl. azonosítási száma sincs). Csak az alkalmazott golyók statisztikai minősítésére van mód. A golyó felületének tükrösnek kell lennie. A foglalat olyan, hogy a golyót cserélni nem lehet. A golyó átmérője a mérendő próbadarab keménységétől és az alkalmazott terheléstől függ.

## Hitelesítés

Egy keménységmérőgép típusvizsgálatát vagy hitelesítését csak akkor lehet elvégezni, ha a gép rendelkezik hiteles behatolótesttel. Hitelesíteni csak a gyémánt behatolótesteket kell, a golyókat nem. A hitelesítés során a behatolótestek legfontosabb paramétereit vizsgáljuk: a foglalat csapjának átmérőjét, a kúp, illetve a gúla szögét, a gyémánt felületének minőségét. Ezen kívül természetesen funkcióvizsgálatot is végzünk. Ez úgy történik, hogy az OMH etalon keménységmérőgépen etalon behatolótesttel megmérjük egy keménységösszehasonlító lap keménységét, majd ugyanezt a lapot az etalon keménységmérőgépen megmérjük a vizsgálandó behatolótesttel is. A két mérési eredményből megkapjuk a behatolótest korrekcióját. A korrekciót a behatolótest használata során a mérési eredményhez előjelhelyesen mindig hozzá kell adni. A korrekció megengedett legnagyobb értéke Rockwell C esetén  $\pm 1$  HRC, Vickers esetén  $\pm 2\%$ , a mért értékre vonatkozóan. Ennél nagyobb korrekció esetén a behatolótest nem megfelelő, mértékadó mérésekre nem használható. Gyakori hiba, hogy a gyémánt törött. Ajánlatos lenne, ha a felhasználók néha nagyító vagy mikroszkóp alatt megvizsgálnák a gyémánt felületét, hogy nincs-e rajta sérülés. Ezzel rengeteg hibás mérést és egy felesleges hitelesítést takaríthatnak meg.

## Irodalom

Hardness test blocks and indenters, OIML, Paris 1984

923 081 002



# Keménységmérőgépek típusvizsgálata és hitelesítése

Tóth Mihály\*

A helyhez kötött (stabil, statikus működésű) fémipari keménységmérőgépek a kötelező hitelesítésű mérőeszközök csoportjába tartoznak. E mérőeszközök típusvizsgálatáról és hitelesítéséről az 1991. évi XLV. törvény IV. fejezete rendelkezik. (A hitelesítési kötelezettség a hordozható és dinamikus működésű keménységmérő eszközökre nem vonatkozik.)

Hitelesíteni csak olyan mérőeszköz lehet és szabad, amely korábban hitelesítési engedélyt nyert. A hitelesítési engedélyt sikeres típusvizsgálat eredményeként kapja meg a mérőeszköz, ennek alapján az időszakos hitelesítések rendszeresen elvégezhetők.

A mérőeszközök típusvizsgálatát az Országos Mérésügyi Hivatal (továbbiakban: OMH) szaklaboratóriumai, hitelesítését az OMH Hitelesítési Főosztálya, illetve az OMH területi szervei végzik.

## I. Típusvizsgálat

### Közérdekű tudnivalók

A fémipari keménységmérőgépek típusvizsgálatát az OMH Mechanikai Alapmérések Osztálya, Erő- és Keménységmérések Laboratóriuma végzi.

A típusvizsgálatot a keménységmérőgép gyártója, vagy belföldi forgalmazója, illetve a keménységmérőgép első belföldi használója köteles kérelmezni és a vizsgálat költségeit viselni.

A típusvizsgálati kérelemnek tartalmaznia kell a keménységmérőgép gyártmányát, típusát, az előállítható terheléseket, az alkalmazható mérési módokat, a lényegesebb tartozékokat, valamint a gép felállítási helyét. Mellékelni kell a keménységmérőgép eredeti gépkönyvének és magyar nyelvű fordításának másolatát, valamint fekete-fehér fényképfelvételt (3 db 9x12, 9x14 cm nyomdai célokra), mely a gépet a lehető legjellemzőbb beállításban mutatja be.

A típusvizsgálatot – előzetes időpontegyeztetéssel – a gyártó, a forgalmazó, a felhasználó telephelyén, vagy a gép beszállítása esetén az OMH szaklaboratóriumában is elvégezzük.

Tévedések elkerülése végett:

- az Országos Mérésügyi Hivatal a gépek üzembehelyezésével, vagy javításával nem foglalkozik, nem foglalkozhat, mert ez jogilag összeférhetetlen, csak típusvizsgálat és hitelesít;
- A javítószerv (márkaszervíz stb.) nem hitelesíthet, mert ez hatósági tevékenység, csak üzembeállítás, javítást, pontosítást végez.

A keménységmérőgép hiteles mérésekre csak az OMH típusvizsgálat, illetve hitelesítés után használható!

A géphez tartozó HV, HRC keménységmérő behatolótesteket a típusvizsgálat során, de a gép érdemi vizsgálatának megkezdése előtt hitelesíteni kell. Ez kérelmezhető külön megrendeléssel, vagy a típusvizsgálati kérelemmel együtt is beküldhető a behatolótestek az OMH-ba.

Kívánságra – külön megrendeléssel – a géphez szállított keménységösszehasonlító lapokat is bemérjük.

A típusvizsgálat során az OMH ellenőrzi, hogy a bemutatott keménységmérőgép megfelel-e a hazai szabványoknak és mérésügyi előírásoknak, átnézzük a gép dokumentációját, szerkezeti vizsgálatot, terhelőerő-mérést és funkcióvizsgálatot végzünk.

A szerkezeti vizsgálat során ellenőrizzük a gép vízszintbe állítását, az adattáblát, a tárgyasztal-orsó illesztését, a tárgyasztalok csapjának illesztését, az olajfék működését, a nyomótüske furatát stb., valamint azt, hogy a gép asztalának (állványának) lapját kifúrták-e a tárgyasztal-orsó mozgásának biztosítása céljából.

A terhelő erő mérését erőmérő műszerekkel végezzük. Az ellenőrizzük, hogy a gép által leadott terhelő erő százalékos hibája a hitelesítési szabályzatban előírt hibahatáron belül van-e. A funkcióvizsgálat során – különféle keménységi szinten – hiteles keménységösszehasonlító lapokat mérünk meg a géppel azt vizsgálva, hogy a gép mérési pontossága a megengedett határon belül van-e.

Ha valamilyen hibát találunk és az rövid úton megszüntethető, lehetőséget adunk a közreműködő javítószervnek (a kérelmező egyéb megbízottjának), hogy a gépet megjavítsa és tovább folytatjuk a vizsgálatot az eredményes befejezésig.

Ha a javítás hosszadalmas lenne, a vizsgálatot felbszakítjuk. A javítás után azonban elég egy telefon értesítés, időpontegyeztetés és folytatjuk a vizsgálatot.

Maga a típusvizsgálat – ha a végleges felállítási helyen történik –, első hitelesítésnek számít, melynek érvénye a vizsgálat befejezésétől számított egy év.

A vizsgálat eredményes befejeztével a gép hiteles mérésekre használható.

Az eredményes típusvizsgálatról a kérelmező típusvizsgálati jegyzőkönyv-et és „határozat”-ot kap. A jegyzőkönyv a típusvizsgálat mérési eredményeit tartalmazza, a határozat pedig maga a hitelesítési engedély.

A hitelesítési engedély kiadható általános érvényességgel, vagy feltételekkel: korlátozott időre vagy darabszámba – esetleg egyedi hitelesítési engedélyként.

Az általános érvényű hitelesítési engedély az adott géptípusra visszavonásig érvényes.

(Csak az első import-gépet kell típusvizsgálatni, az utána behozott azonos típusú gépek automatikusan hitelesíthetők az első megvizsgált gép hitelesítési engedélye alapján.) A kiadott hitelesítési engedély tehát nem a kérelmező kizárólagos tulajdona, hanem az engedélyezett mérőeszközre szóló hivatalos határozat.

A típusvizsgált gép hitelesítési engedélyét közzéteszük az OMH hivatalos lapjában a MÉRÉSÜGYI KÖZLEMÉNYEK-ben. A szöveges leírás mellé a keménységmérőgép képét is közöljük.

Ha a keménységmérőgép nem felel meg az előírásoknak, akkor a típusvizsgálati jegyzőkönyv mellé elutasító határozatot adunk ki. A típusvizsgálatot az elutasítást követően egy esetleg elhúzódoó javítás vagy gépcseré után – ismét írásbeli kérelemre – újra kezdjük.

### Észrevételek, javaslatok

Keménységmérőgép vásárlása előtt célszerű tájékozódni az OMH Erő- és Keménységmérések Laboratóriumában személyesen vagy telefonon, hogy a vásárlásra kiszemelt gép rendelkezik-e hitelesítési engedéllyel, – minden érdeklődőnek szívesen rendelkezésére állunk.

Ha a gép számunkra ismeretlen, annak prospektusával keressék fel laboratóriumunkat, a leírás alapján elmondjuk észrevételeinket, így megelőzhető az, hogy olyan gépet vegyene, amelynek mérési módszere, gyárilag megadott paraméterei elve nem felelnek meg a hazai előírásoknak.

Előfordul újabban, hogy olyan keménységmérőgépet szállítanak külföldi cégek – főleg gyártásközi ellenőrzésre szánt félautomata célgépeket – amelyek működési elve nem a hagyományos mérési módszereken alapul. Sajnálatos, de ezek a gépek emiatt eleve nem kaphatnak hitelesítési engedélyt. Mivel ezek a célgépek igen drágák, ezért beszerzésük előtt mindenképpen érdemes tájékozódni a törvényes előírásokról, így elkerülhető az utólagos viták, csalódások.

Bízunk benne, hogy fentiek ismeretében könnyebb lesz választaniuk és ha olyan gépet vesznek meg, amelynek nincs hitelesítési engedélye, ezek után a típusvizsgálatlalt kapcsolatos kérdésekben nem lesznek tanácsatlanok.

## II. Hitelesítés

### Közérdekű tudnivalók

A fémipari keménységmérőgépeket és a keménységi behatolótesteket (HRC, HV gyémánt) évenként kell hitelesíteni.

A behatolótesteket a keménységmérőgép hitelesítése előtt célszerű hitelesíteni, mert a gép hitelesítésének előfeltétele, hogy a hoz-

\* Országos Mérésügyi Hivatal



zá tartozó behatolótest érvényes hitelesítési bizonyítvánnyal rendelkezzen.

A hitelesítési bizonyítványok érvénye a vizsgálat napjától számított egy év.

A keménységmérőgépet az egyéves időszak lejártá előtt is újra kell hitelesíttetni, ha a gépet áthelyezik, vagy mérési pontosságot befolyásoló javítást végeznek rajta.

Ha a gép használójának kétségei támadnak annak pontosságát illetően, az egyéves időszakon belül is bármikor kérheti az Országos Mérésügyi Hivataltól a gép – vagy a behatolótest – újbóli hitelesítését.

A fémipari keménységmérőgépek hitelesítését az OMH Hitelesítési Főosztályának Anyagvizsgáló Gépek és Készülékek (AGK) csoportja, illetve az OMH területi szervei végzik, mégpedig Miskolcon, Debrecenben, Szolnokon, Szegeden, Pécsen, Győrben és Szombathelyen.

A hitelesítést a gép használójának vagy a javítást végző szervnek írásban kell kérelmezni. A hitelesítési kérelemnek tartalmaznia kell a keménységmérőgép gyártmányát, típusát, gyári számát, a hitelesítendő terheléseket (ha nem kívánják végig mérteni a gépet!), valamint a gép felállítási helyét.

A hitelesítési kérelem alapján az OMH írásban, vagy telefonon közli a hitelesítés várható időpontját.

A hitelesítéshez a keménységmérőgépet elő kell készíteni:

- a gépet és tartozékait le kell takarítani;
- el kell végezni a gépkönyvben előírt karbantartási munkákat;
- célszerű ellenőrizni – és ha kell utánaállítani – a gép vízszinteségét;
- hiteles behatolótestet kell biztosítani a géphez.

A hitelesítés szemrevételezésből, szerkezeti vizsgálatból és mérés technikai vizsgálatból áll:

- Szemrevételezéssel elbíráljuk a gép megfelelő felállítását, kúlalakját (tisztaság, adattábla, sérülés).
- A szerkezeti vizsgálat során a gép megfelelő működését ellenőrizzük.
- A mérés technikai vizsgálat során megmérjük a terhelő erőket és funkcióvizsgálatot végzünk.

Ha a gép megfelel a törvényes mérésügyi előírásoknak, akkor az – a hitelesítést végző OMH kiküldött szóbeli nyilatkozata alapján – a vizsgálat napjától hiteles mérésekre használható. (Az ebben kételkedő átvevővel, külső partnerrel közölheti a gép üzembentartója, hogy a hitelesítési bizonyítvány kiadása folyamatban van, eziránt telefonon bárki érdeklődhet az OMH-nál.)

Ha a gép nem felelt meg a törvényes mérésügyi előírásoknak, további mérésekre tilos használni! A gép üzembentartója választhat: vagy megjavíttatja a gépet, vagy kérheti az Országos Mérésügyi Hivataltól a gép lezárását. (A lezárás a lejárt hitelességű, hibátlan gép esetében is kérhető, időbeni korlátozás nélkül.)

A leplombált gépet kívánságra bármikor újranyomtatjuk és az újból használható lesz hiteles mérésekre.

A gép javítás utáni hitelesítését a javítószerv köteles kérelmezni.

A keménységmérőgép ún. időszakos hitelesítését a hitelesítési bizonyítvány lejártá előtt kb. két hónappal célszerű kérelmezni, a kérelemben meg lehet adni a hitelesség érvényét, így a hitelesítés napja ennek figyelembevételével tűzhető ki.

## Észrevételek, javaslatok

Ezúton szeretnénk közreadni néhány jó tanácsot több éves tapasztalataink alapján, melyeket segítségül kínálunk fel ahhoz, hogy a hitelesítésnél a keménységmérőgépek „megfelelő” minősítést kaphassanak és hogy a hiteles gépekkel minél pontosabban mérhessenek:

- Alapvető dolog a gépek felállítása. A gépeket rezgésmentes helyen stabil vasasztalra, vasállványra, megemelt betonlapra célszerű felállítani, vízszintezni és rögzíteni. A tárgyasztal-orsó számára – a teljes lehajthatóság céljából – az asztalt, az állványt ki kell fűzni. (A kimustrált íróasztal vagy egyéb faalkalmatosság nem jó felállítási mód, mert nem stabil, a faanyag a levegő páratartalma függvényében mindig „dolgozik”, nem lehet a gépet időtállóan vízszintezni, beremeg stb.)
- Gyakori eset, hogy a gépekhez házilag készítenek tárgyasztalokat. Ez nem tilos, de az így készült tárgyasztalnak néhány alapvető követelményt ki kell elégíteni: A tárgyasztalt köszörülési ráhagással kell készíteni, nemesíteni kell, sík lapját és az orsóra felfekvő felületét köszörülni kell (e két felület párhuzamos legyen). A tárgyasztal csapját is köszörülni kell és igen kis játékkal kell illeszteni a tárgyasztal-orsó furatába (pl. H7/h6). A tárgyasztal síkja merőlegesen legyen a terhelő erő hatásvonalára.

Prizmás tárgyasztal esetében a terhelő erő hatásvonalára a prizma középvonalára eszen.

Továbbá: a tárgyasztal felfekvő felülete – akár a gyári eredeti, akár a házi gyártmány – rozsdás, szennyezett nem lehet. Ha a régi tárgyasztal síkja homorúvá kopott, hitelesítés előtt át kell köszörülni!

- A gépek ellenőrzésére szolgáló keménységösszehasonlító lapokat csak egyik oldalukon szabad használni, csakis a mérőfelületen! A támasztófelület (a másik oldal) nem mérőfelület, erre tilos lenyomatot készíteni! (Az ideszűrt lenyomat a bemért oldalon billegést, hibás mérést eredményez.)

A keménységösszehasonlító lapokat – ha felületük már megtelt lenyomattal – (tapasztaltuk!), nem szabad átköszörülni, mert a régi lenyomatok alatt (és környezetében) az anyag szemcseszerkezete megváltozott, átköszörülés után nagy szóródást mutat a lap keménysége (lágyfoltosság), újbóli felhasználása nem megengedett.

A keménységösszehasonlító lapon a lenyomatsűrűség csak annyira növelhető, hogy a mérést ne hamisítsa meg a szomszédos lenyomatok feltüremkedése és bekeményedése!

- Cementált, edzett kéreg vagy vékony lemezek keménységének mérését – a szab-

vány előírásainak megfelelően – olyan kis vizsgálóerővel szabad mérni, hogy a behatolótest ne szúrja át az anyag bekeményedett felső rétegét, illetve a vékony lemez ne mérjük keményebbre a valóságosnál (beleértve a tárgyasztal képezte alátámasztást)!

- Előfordul, hogy  $\pm 1$  HRC hőkezelési tűrést írnak elő egy gépraizon. Ez esetben fel kell világosítani a tervezőt, a technológust, hogy a keménységmérőgépek megengedett hibája  $\pm (1,5-2)$  HRC és ha pl. az 50 HRC keménységű lapot az egyik gép 48, a másik 52 HRC keménynek méri, még mindkét gép hiteles lehet, pedig 4 HRC (!) az eltérésük! Ezt ugyan a gép és a behatolótest korrekciójának figyelembevételével lecsökkenthetjük, de 2-3 HRC eltérése nem szabad vitába szállni (pl. hőkezelő üzem és MEO között), hogy kinek mér jól a gépe?!
- Olajfékkel szabályozott keménységmérőgépeknel, ha kifogyóban van (vagy kifogyott) az olaj a fékhengerből, azt utána kell tölteni és légteleníteni, majd beszabályozni a megfelelő ráterhelési sebességet. Nagyon rossz módszer az, ha valaki ehelyett úgy mér a géppel, hogy a gép karját kézzel visszatartva igyekszik lassan ráengedni a terhelést a behatolótestre!
- Ha durvább mérési hibát tapasztalnak gépükön, akár egyszerű nagyítóval is érdemes megvizsgálni a behatolótestet, nem sérült-e meg, nem törött-e el a gyémántcsúcs? Kár beküldeni hitelesítésre a törött gyémántot!
- A mérések pontossága érdekében a mérendő munkadarab előtt felületi finomságot biztosítani kell!
- A méréshez behelyezett behatolótesttel először 2-3 kiértékeletlen mérést végzünk, (hogy a behatolótest jól beüljön, elhelyezkedjen furatába) és csak ezután kezdjük el a mértékadó méréseket.
- Lehetőleg mindig használjuk a tárgyleszorító sapkát, így pontosabb mérési eredményt kapunk.

Reméljük, hogy a keménységmérőgépek hitelesítésével kapcsolatban sikerült megválaszolni sok olyan kérdést, mely az anyagvizsgálattal foglalkozó kollégák előtt nem volt elég egyértelmű. Ha mégis maradt nyitott kérdés, az érdeklődőknek mindig szívesen állunk rendelkezésére.

## A témához kapcsolódó fontosabb jogszabályok

Az 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről és a Kormány 127/1991. (X.9.) rendelete a mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról (Magyar Közlöny 1992. évi 111. szám)

MSZ 104/3-1986 Anyagvizsgálógépek ellenőrzése. Brinell keménységmérőgépek. (azonos az ISO 156:1982-vel)

MSZ 104/4-1986. Anyagvizsgálógépek ellenőrzése. Vickers keménységmérőgépek. (azonos az ISO 146:1984-gyel)

MSZ 104/5-1988. Anyagvizsgálógépek ellenőrzése. Rockwell keménységmérőgépek. (azonos az ISO 716:1986-tal)

923 083 060



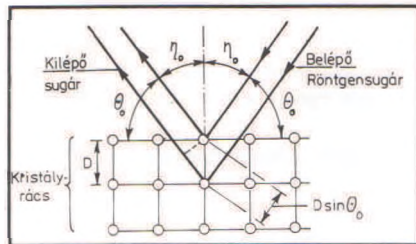
# Maradó feszültségek mérése röntgen-diffrakciós módszerrel

Dr. Thamm Frigyes\*

Maradó feszültség roncsolásmentes kimutatásának és mérésének feltétele, hogy az alkalmazott mérési módszer „beelásson” a szekezeti anyag felépítésébe és annak pillanatnyi állapotát érzékelni tudja. Az ilyen módszerek közül a legrégebbi, bár költséges vizsgálati eljárás, a legjobban kifejlett módszer a röntgen-diffrakció. Ez kristályos szerkezetű anyagokból készült szerkezetek (gyakorlatilag fémszerkezetek) vizsgálatára alkalmas és ma már kellően pontos, megbízható mérések elvégzését teszi lehetővé.

## Fizikai alapok

A röntgensugár koherens, vagyis interferenciára képes, és képes behatolni szilárd testekbe akkor is, ha a test a látható fény számára nem átlátszó. Ha kristályos szerkezetű anyagba lép be, a kristály egyes rácslíkjain visszaverődik. Az egymás után következő rácslíkokról visszaverődő sugarak közötti



1. ábra Röntgensugár visszaverődése a kristálysíkokról

interferencia miatt azonban a visszaverődés csak olyan  $\theta_0$  szögben lehetséges, ahol a két visszaverődő sugár közötti útkülönbség éppen a sugár  $\lambda$  hullámhossza, vagy annak egészszámu többszöröse. Az 1. ábra jelöléseivel tehát

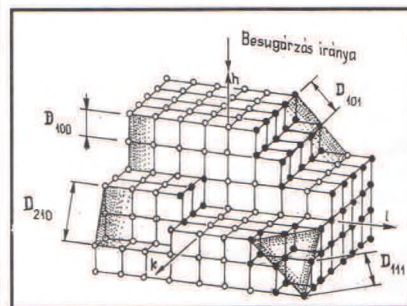
$$2D \sin \theta_0 = n\lambda \quad (1)$$

Az  $n$  egész szám és  $D$  a szomszédos kristálysíkok közötti távolság, az ún. *rácsparaméter*. A rácsparaméter minden kristály számára ismert, jellemző méret. Ha a kristályt külső erőhatás terheli, az ezáltal kiváltott alakváltozás miatt a rácsparaméter is megváltozik, így vele változik a reflexióképes szög is. A mérés alapja a szög változásának meghatározása.

Jól észlelhető diffrakció akkor következik be, ha a röntgensugár hullámhossza a rácsparaméter nagyságrendjébe esik. Fémek vizsgálatához ezért viszonylag nagy hullámhosszú, nagy röntgensugár szükséges, lényegesen lá-

gyabb annál, mint amit anyaghibák kimutatására használnak. Az ilyen röntgensugár a fémekbe csak igen kis mélységben hatol be, tehát gyakorlatilag csak a test felszínén uralkodó síkbeli feszültségállapotot érzékeli.

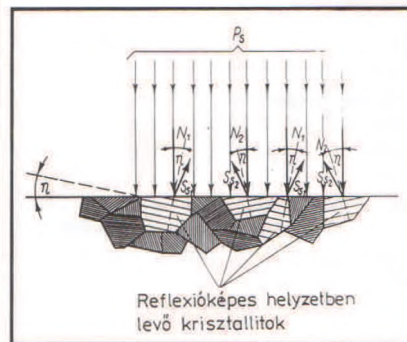
A diffrakció nem csak a köbös térrácsú fémek szomszédos kristálysíkjain visszaverődve léphet fel. Reflexióképes minden olyan sík, melyben részecskesorok mutathatók ki. Néhány ilyen síkot példaképpen a 2. ábra mutat. Az ilyen síkok jelölésére a kristálytanban



2. ábra Köbös kristály rácsparamétereinek kristálytani jelölése különböző rácslíkok esetén. Besugárzás iránya a választott fő rácslíkra beeső és onnan visszaverődő sugár szögfelezőjének iránya

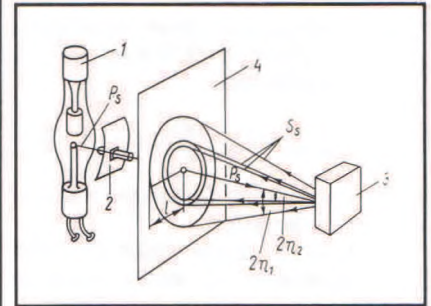
az ún.  $\{hkl\}$  index használatos. Ennek tagjai három (köbös térrács esetén egymásra merőleges) jobbrendszert alkotó tengelyt jelölnek. Az egyes indexek számértéke azt jelenti, hogy az egyik részecskesorától a következőig a három tengely mentén hány  $D$  rácsparaméter-értéknyi elmozdulással jutunk.

A fémek apró gyakorlatilag teljesen rendezetlen kristallitok halmazából állnak, (a különleges esetektől itt eltekintünk). Így bármilyen irányból érkezik is a röntgensugár, mindig találkozik a beesési irányához képest reflexi-



3. ábra Fémeket alkotó kristallitthalmazban a beeső  $P_s$  sugár mindenképpen talál reflexióképes helyzetben levő kristallitot.  $N_1$ ;  $N_2$ : a kristálysíkok normálisai,  $S_{S1}$ ;  $S_{S2}$ : reflektált sugarak

óképes helyzetben levő kristallitokkal, a mint az a 3. ábra mutatja. Mivel az ilyen kristallitok a beeső sugár, mint tengely körül a térben bármilyen helyzetben előfordulhatnak, a visszavert sugár útjába helyezett ernyőn köröket (az ún. Debye-gyűrűket) alkotnak. Mivel



4. ábra A kristallitok térbeli elhelyezkedése miatt a képernyőn a reflektált sugarak körök képében jelentkeznek

különböző  $n$ -értékek és különböző reflexióképes síkok hatására keletkeznek diffrakciós gyűrűk, a képernyőn a terheletlen alkatrész vizsgálata esetén, koncentrikus körök egész sora fog megjelenni, (4. ábra).

A vizsgált fémtest alakváltozásának hatására a rácsparaméter is megváltozik és ezzel  $\theta_0$ -hoz képest megváltozik a  $\theta$  szög is. A diffrakciós körök ellipszisekké torzulnak. A  $D$  rácsparaméter és a  $\theta$  szög közötti kapcsolat felállításához az (1) összefüggést  $D$  szerint deriváljuk, amiből a rácsparaméter fajlagos változására

$$\frac{dD}{D} = -\cotg \theta \cdot d\theta \quad (2)$$

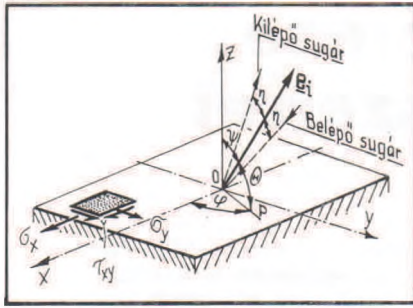
adódik. Mivel  $dD/D$  értéke a fajlagos nyúlás nagysági rendjébe esik, tehát kb.  $10^{-4}$  érték körül mozog, a  $\theta$  szög változása is csak kis mértékű, ezért  $\cotg \theta \approx \cotg \theta_0$ , és  $d\theta$  pedig a  $\theta_0$  és a terhelt testben mért  $\theta$  különbsége. Ez utóbbit a beeső és visszavert sugár irányának felező merőlegesét jellemző  $\varphi$  és  $\psi$  szögekre való hivatkozással (l. az 5. ábrát)  $\theta_{\varphi\psi}$ -vel szokás jelölni.

## A kiértékelő egyenlet levezetése

Mivel – mint említettük – a sugár csak a fémtest igen vékony felszíni rétegébe hatol be, ott sík feszültségi állapotot lehet feltételezni, amint azt az 5. ábra mutatja. A röntgen-diffrakció a beesési és visszaverődési irányt felező  $\theta_i$  irányú alakváltozást észleli. Az ebbe az irányba eső alakváltozási össze-

\* Budapesti Műszaki Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék





5. ábra A vizsgált test felszínének feszültségállapota. Ennek hatására a berajzolt irányban beeső illetve kilépő sugár az  $\epsilon_1$  irányú nyúlást érzékeli

tevő a rugalmasságtan ismert összefüggései alapján, pl. [1]-ben közölt levezetés alapján, az 5. ábra jelöléseivel

$$\epsilon_1 = \frac{1+\nu}{E} \sigma_\varphi \sin^2 \psi - \frac{\nu}{E} (\sigma_x + \sigma_y) \quad (3)$$

Itt E a vizsgált anyag rugalmassági modulusa  $\nu$  a Poisson-tényező.

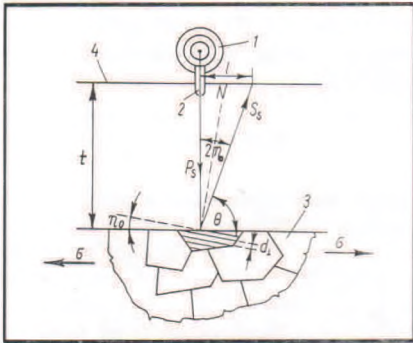
A  $\sigma_\varphi$  az 5. ábrába bejelölt OP irányú feszültségösszetevő, az ábrába bejelölt feszültségösszetevők alapján következőképpen számítható

$$\sigma_\varphi = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\varphi + \tau_{xy} \sin 2\varphi \quad (4)$$

De  $\epsilon_1 = dD/D$ , azaz a (3) és a (2) összefüggést egyenlővé téve,  $\sin^2 \psi$  szerint deriválva és rendezve kapjuk:

$$\sigma_\varphi = \frac{E}{1+\nu} \cotg \Theta_0 \frac{\partial(\Theta\varphi; \psi)}{\partial \sin^2 \psi} \quad (5)$$

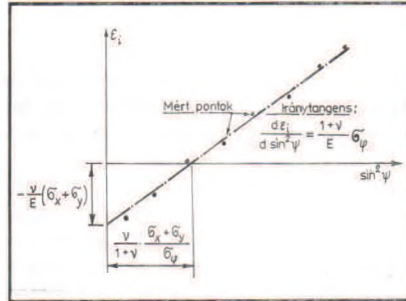
Mivel  $2\eta_0 = 180^\circ - 2\theta_0$  és a 6. ábra jelöléseivel  $\tg 2\eta_0 = l/t$ ,  $\theta_0$  ill.  $\Theta\varphi$ , a kiértékeléshez választott Debye-gyűrű l sugarából



6. ábra A röntgen-feszültségmérés elve; a test felszínétől t távolságban levő ernyőn l sugarú diffrakciós kör, illetve l féltengelyű ellipszis keletkezik.  $P_s$  beeső sugár,  $S_s$  visszavert sugár d reflexióképes kristályrácsparaméter.  
1 - röntgeneső, 2 - diafragma, 3 - vizsgált test, 4 - képernyő

és a gyűrűket felfogó képernyő és a tárgy vizsgált pontja közötti t távolság ismeretében  $\sigma_\varphi$  meghatározható. Ha a vizsgált tárgynak ugyanazt a pontját a z tengely és az OP egyenes által képzett síkban különböző  $\psi$

szögben sugározzuk be és az  $\epsilon_1$  nyúlást  $\sin^2 \psi$  függvényében diagramra rajzoljuk, a (3) képlet értelmében egyenest kapunk (7. ábra). Ennek az egyenesnek az iránytangense az ábra értelmében  $\sigma_\varphi (1 + \nu)/E$ , a  $\sin^2 \psi = 0$  értékhez tartozó ordináta pedig  $-\frac{\nu}{E} (\sigma_x + \sigma_y)$ . A ki-



7. ábra A  $\sin^2 \psi$ -eljárásról felvett mért pontok és az azokra fektetett kiértékelő egyenes

sérletet egy másik síkban (más  $\varphi$ -érték esetén) megismételve a sík feszültségállapot minden egyes összetevője meghatározható. A vázolt kiértékelési módszert az elmondottakra való tekintettel  $\sin^2 \psi$ -módszernek nevezik.

### A kiértékelési módszer kritikai elemzése

Az (5) képlet levezetésekor két feltétellel éltünk.

a. A kristallit "rugalmas viselkedését a test makroszkópikus rugalmas viselkedésével egyezőnek tekintettük

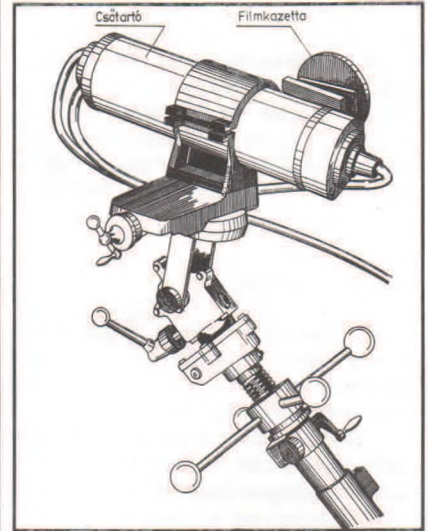
b. Tökéletes (hibátlan) kristallitszerkezetet tételeztünk fel.

A következőkben ennek a két feltételnek a hatását vizsgáljuk.

A kristallit valódi rugalmas viselkedését figyelembe vehetjük azáltal, hogy az [3] képletben szereplő  $(1 + \nu)/E$  és  $-\nu/E$  makroszkópiusan meghatározott rugalmassági állandókat a kristallit számára kimért  $s_2^{R0/2}$  ill.  $s_1^{R0}$  állandókkal helyettesítjük. Ezeket úgy határozzuk meg, hogy a vizsgált alkatrészrel azonos anyagból készült próbatesten húzó, vagy hajlítókísérletet végzünk és az ismert feszültségállapottal terhelt próbatesten elvégezzük a röntgen-feszültségvizsgálatot. A mikroszkópikus (a kristallitra vonatkozó) rugalmassági állandók nyilván függenek a választott Debye-gyűrűkhöz tartozó reflektáló kristálysíktól is. A makro- és mikroszkópikus rugalmassági állandók eltérésének szemléltetésére az 1. táblázatban példaképpen [1] alapján összehasonlítottuk acélok makroszkópikus rugalmassági állandóit néhány mikroszkópikus állandóval

A kristallitok rácshibáinak hatása a vizsgálat alkalmával abban jelentkezik, hogy az elméletileg matematikai vonal alakú Debye-gyűrűk a valóságban véges szélességűek, szélességükre még a sugárzás intenzitáseloszlásának felvételtechnikája és a röntgen-sugár nem tökéletes koherenciája is befolyás-

sal van. Mivel az eltérés  $\theta_0$  és  $\Theta\varphi$  között igen kicsi, ezért a gyűrűk helyét meghatározni igen pontosan kell. A gyűrű pontos helyét oly módon határozzák meg, hogy a sugár gyűrű menti intenzitáseloszlásának a súlypontját tekintik a gyűrű középvonalának. A vonal szélessége elvileg felviágosítást adhat a kristályszerkezet szemcseméret-eloszlására és pl. az anyagkifáradás kísérőjelenségeire is, ez azonban már különleges vizsgálatot igényel.



8. ábra Röntgen-feszültségmérő berendezés egy régebbi kivitele, (Szántó, 1960)

### A mérő berendezés

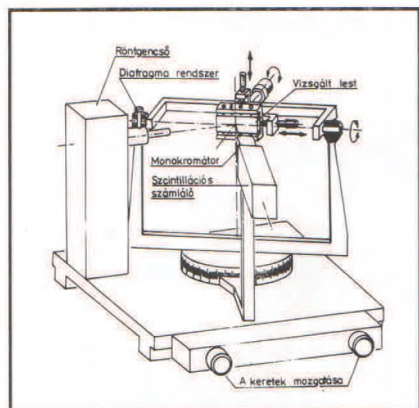
A méréshez szükséges berendezés egy régebbi kiviteli formáját a 8. ábra mutatja. A berendezés működési elve a 6. ábrán bemutatottak felel meg. A diffraktogramokat fényképezéssel veszik fel és a kiértékelést a fényképek kimérésével végzik a kis alakváltozások miatt, nagy pontossággal mikrofotométer segítségével. Fényképező anyagként zsugorodásmentes különleges lemezeket használtak. A röntgeneső pontos pozicionálására szolgált a 8. ábrán látható négyféle állítási lehetőség is. Ennek ellenére az ilyen típusú berendezés vizsgálati pontossága meglehetősen kicsi volt. Így Szántó [2] a mérés elérhető pontosságát  $\pm 30\text{-}40$  MPa-ban adta meg. Igen nehézkes volt a különböző besugárzási irányok ( $\phi$   $\psi$  szögek) beállítása is.

Ezeknek a nehézségeknek a kiküszöbölésére terjedt el a diffraktométeres mérési módszer. Ennél az egyes diffrakciós sávok helyét és intenzitáseloszlását szcintillációs számlálóval határozzák meg. Ez egyrészt a sávok helyének meghatározását teszi pontosabbá, másrészt a számláló mérési eredményei közvetlenül számítógéphez csatlakoztathatók, ami a kiértékelést nagyon meggyorsítja.

Egy diffraktométer vázlatát a 9. ábra mutatja. Ennél a vizsgált munkadarab két koordinátatengely körül elforgatható keretben van elhelyezve oly módon, hogy a besugárzott pont



helye a munkadarab billentésekor se mozduljon el, ami a  $\sin^2\psi$  módszer által megkívánt méréssorozatot nagyon megkönnyíti. A berendezés felépítése ugyanakkor határolja a vizsgálható munkadarab méreteit, a bemutatott kivétel esetén kb. 20 x 20 x 5 cm-ben, illetve kb. 10 kg-os tömegben.



9. ábra Korszerű röntgen-diffraktómer vázlat

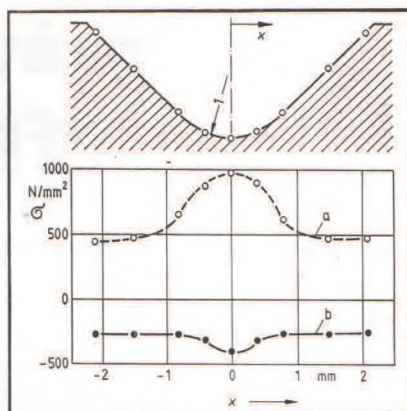
A készüléket a szórt röntgensugárzás káros hatásának elkerülésére ernyőzni kell. Régebbi készülékeket – hasonlóan az anyagvizsgálati célra használtakhoz – külön helyiségben helyezték el, a modern berendezések már saját ernyőzéssel rendelkeznek. A viszonylag lágy sugárzásra való tekintettel igen hatékony ernyőzés lehetséges, így külön előkészített helyiségbe telepítésre nincs szükség.

### A módszer alkalmazási területe

A berendezések ismertett felépítése alapján a módszert főleg kisebb méretű alkatrészek technológiai eredetű maradó feszültségeinek a kimutatására használják. Ezekre egy-egy példát a 10. és 11. ábrák mutatnak.

A 10. ábra maradó feszültségek eloszlását mutatja [1] alapján, edzett acélból készült alkatrész köszörült hornyja tövében, a köszörülés síkjára merőleges síkban. A maradó feszültségeket a köszörülés munkafázisa során keletkező képlékeny alakváltozás és hőhatás váltotta ki, amit az is mutat, hogy két különböző fogásmélység és megmunkálási sebesség esetén a maradó feszültségek eloszlása és nagysága alapvetően különbözik.

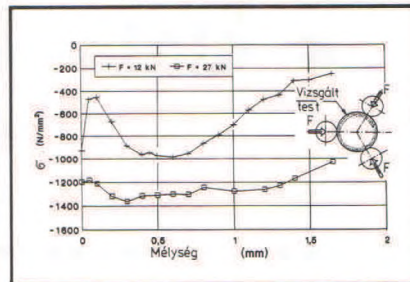
A 11. ábra nagyszilárdságú ötvözött acélból készült henger (tengelyanyag) görgőzés hatására fellépett gyűrűirányú maradó feszültségeinek eloszlását mutatja [3] szerint a görgőzésnél alkalmazott két különböző nagyságú F szorító erő hatására. A henger anyagának jele DIN szerint 56 NiCrMo V7, szakítószilárdsága  $R_m = 2150 \text{ N/mm}^2$ . A maradó feszültségnek a henger vastagsága menti eloszlását oly módon sikerült mérni, hogy mindegyik mérés után a henger felszínéről elekt-



10. ábra Csiszolás technológiai paramétereinek hatása Ck 45 anyagú acélszálkában készített horony feneké környezetében kialakuló maradó feszültség-eloszlásra.  
a: fogásmélység: 15  $\mu\text{m}$ , forgácsolási sebesség:  $v = 30 \text{ m/s}$   
b: fogásmélység: 3  $\mu\text{m}$ , forgácsolási sebesség:  $v = 15 \text{ m/s}$

rolitikusan egy-egy 0,05 - 0,1 mm vastag réteget leoldottak. Ezzel a módszerrel a feszültségnek a test vastagsága menti eloszlását olyan mélységig lehet vizsgálni, ameddig a rétegek elvétele nem változtatja meg észrevehető mértékben a megmaradó rész feszültségeloszlását. A vizsgált test mérete (átmérő 63 mm) esetében a vizsgálat ezt a vastagságtartományt nagyjából teljesen kihasználta.

A bemutatott példák jellemzőnek tekinthetők a röntgen-feszültségmérés alkalmazási területe számára. A módszer különösen alkalmas vékony felszíni rétegekben technológiai hatásra (képlékeny alakítás, cementálás, nitridálás stb.) fellépő maradó feszültségi állapotok meghatározására. Minthogy ezeknek a maradó feszültségeknek igen nagy hatása



11. ábra Görgözött tengelyanyagban a görgőzés hatására ébredő maradó feszültség eloszlása a henger felszínétől befelé haladva, két különböző F szorító erő esetén

van az erősen terhelt szerkezeti elemek kifáradási tulajdonságainak javítására, a módszer jelentősége korszerű, versenyképes gépipari termékek kifejlesztésében jelentős és előreláthatólag a jövőben még tovább fog növekedni.

### Irodalom

- [1] Rohrbach, Chr.: Handbuch für experimentelle Spannungsanalyse. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1989.
- [2] Thamm, F. - Ludvig, GY. - Huszár, I. - Szántó, I.: A szilárdságtan kísérleti módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [3] Benning, D. - Müller, E.: Stress Measurements by X-rays on Hot Formed Bar After Mechanical Surface Treatment. VDI-Berichte 940. VDI-Verlag Düsseldorf, 1992.

923 085 007

I. táblázat:

A makroszkópikus anyagállandók összehasonlítása a röntgen-diffrakciós kísérletek alapján az [1]-ben megadott mikroszkópikus anyagállandókkal

Anyag-szerkezet	Diffrakciós sík {hkl}	$\frac{1}{2} s_2^{R_0}$	$s_1^{R_0}$	$\frac{1+\nu}{E} *$	$-\frac{\nu}{E} *$
		$10^6 [\text{mm}^2/\text{N}]$			
Ferrit Martenzit	{211}	5,76	-1,25	6,19	-1,43
	{310}	6,98	-1,66		
	{732 + 651}	6,05	-1,34		
Ausztenit	{311}	6,98	-1,87	7,03	-1,62

\* A makroszkópikus anyagállandókat az alábbi felvett adatok alapján számítottuk:  
Szerkezeti acél (ferrit, martenzit szerkezetű):  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ .  
Ausztenites acél:  $E = 1,85 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ .  
A Poisson-tényező mindkét esetben:  $\nu = 0,3$



# SEIFERT

## A SEIFERT-gyártmányú

**ipari röntgen  
készülékek,  
átvilágítók és  
tartozékaik  
a gazdaságos  
anyagvizsgálat  
megbízható  
és nagy teljesítményű  
eszközei**



Képviselet, szerviz:

**Wilhelm Budapest Kft.**

Budapest V.,  
Petőfi tér 1.  
Tel.: 118-3813  
Fax: 118-3737



**RICH. SEIFERT & CO. GmbH & Co KG**  
**Röntgenwerk**

Bogenstraße 41 · D-2070 Ahrensburg · Tel.: (04102) 76 - 0  
Telefax: (04102) 7 61 89 · Telex: 2 189 826

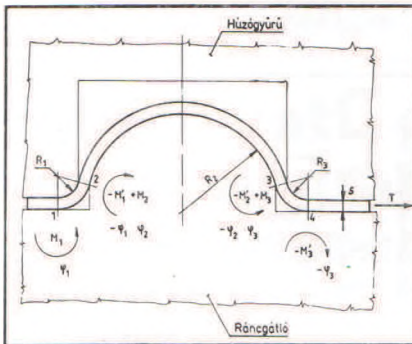


# Ciklikus folyásgörbék felvétele a lemezalakítási folyamatok számításaihoz

dr. Krallics György – dr. Szabadits Ödön – dr. Lovas Jenő

A nagyméretű sajtolt lemezalkatrészeknél – autó karosszériaelemeknél, háztartási készülékek burkolatánál stb. – a lemezsajtolás során számos esetben építenek be az alakítószerszámokba fékezőbordát. A fékezőbordán áthaladó lemezben (1. ábra) – a többszörös hajlítás és kiegyenlítés miatt – járulékos húzófeszültség ébred, amely csökkenti a viszszarugózást, a hullámosodást stb., és ezáltal javul a munkadarabok alakhússége.

Az alakítási folyamat számításával való nyomonkövetéséhez ismerni kell a fékezőborda által kifejtett erőhatást, amely a lemez kihúzásához szükséges (1. ábrán a  $T$  erő). A fékezőerő kiszámítására több számítási módszer ismeretes. Weidemann [1,2] eljárásánál a fékezőbordán áthúzott lemezben a húzófeszültség – amelyet a továbbikban bordareakciónak nevezünk – a sík lapokon lévő



1. ábra A nyújtva-hajlítás során a fékezőbordán áthúzott lemez igénybevétele

súrlódásból, a különböző sugarú szerszám-elemeknél áthúzott lemez kötelsúrlódásából, valamint a lemez meghajlításából és kiegyenlítéséből tevődik össze. Ez a módszer eltekint az anyag alakítása során bekövetkező keménység-növekedéstől és a ciklikus hajlításnál a Bauschinger-effektustól.

Yellup [3] elemi szálak összességéként kezeli a fékezőbordán átcúszó lemezt. Nine [4] kísérleti berendezést készített, amellyel a lemezsáv átcúszásához szükséges erő szétválasztható a lemez többszörös hajlításához és kiegyenlítéséhez, valamint a súrlódás legyőzéséhez szükséges erőre. Arra a megállapításra jutott, hogy az alakítási folyamat, a monoton alakváltozáshoz tartozó feszültség-nyúlás összefüggésével nem írható le, csak a ciklikus nyúlás-feszültség görbék írják le a valóságot, de erre nem közöl megoldást.

Sunaga és Makinouchi [5] végelem-eljárást dolgozott ki a fékezőborda hatásának a vizsgálatára. Brekelmans és Hoogenboom [6] a lemez hajlításának és kiegyenlítésének

a folyamatát az energetikai módszer alkalmazásával elemzi, a Bauschinger-hatás nélkül.

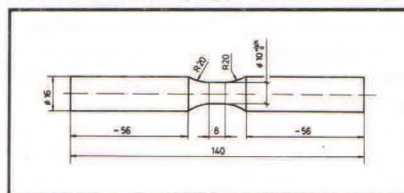
A fékezőbordán áthúzott lemez keményedési folyamatát csak a ciklikus folyásgörbe ismeretében lehet pontosan leírni, amelynek meghatározásához korszerű anyagvizsgálati módszer szükséges.

Irodalmi források alapján [7-11] – a ciklikus alakváltozás nagyságától függően – az alakítási folyamat alatt az alakítási szilárdság ( $k_1$ ), a monoton alakváltozáshoz tartozó folyáshatár értékeknek akár 40-60 %-ával is csökkenhet.

A fentiekben vázolt jelenség tisztázására kísérleteket végeztünk a ciklikus igénybevételhez tartozó folyásgörbe felvételére. A ciklikus folyásgörbe alakját és számszerű értékeit befolyásolja a ciklusonkénti nyúlás nagysága. A fékezőbordán áthúzott lemez átlagos alakváltozását ( $\bar{\epsilon}$ ) [12] szerint meghatározva, az 1. ábrán lévő jelölésekkel az  $R_1 = R_3 = 3$  és az  $R_2 = 4$  mm-es méretű fékezőborda valamint  $s = 0,8$  mm vastag lemez esetében  $\bar{\epsilon} = 0,053$  értékű. Ezért vizsgálatainkat  $\bar{\epsilon} = 0,05$  ill.  $\bar{\epsilon} = 0,1$  nyúlás-amplitudóval végeztük.

## A ciklikus folyásgörbe felvétele

A kísérletekhez a 2. ábrán látható próbatestet használtunk. A próbatestet anyagai: kb. 3% Mg-tartalmú (AlMg3 MSZ 3714/2-74) alumíniumtötvözet és 0,1% C-tartalmú C10 (MSZ 31-85) ötvözetlen acél. A folyásgörbét az MTS 810 típusú



2. ábra A ciklikus húzó-nyomó vizsgálathoz használt próbatest rajza

sú 250 kN-os elektrohidraulikus szakítógépen vettük fel és a mérések kiértékeléséhez a Test Link-rendszert alkalmaztuk, kisciklusú fázisítás üzemmódban [13]. A próbatestek megnyúlását átmérváltozás méréseiből számítottuk ki. A kísérletek során az átmérváltozást  $\Delta d = \pm 2$  mm-es méréshatárú, 5 tizedesjegy kijelzés pontosságú MTS extenzométerrel mértük. A terhelésvezérlést a fékezőbordán létrejövő alakváltozáshoz hasonló értékben  $\bar{\epsilon} = 0,05$  ill.  $\bar{\epsilon} = 0,1$  – valódi megnyúlásokkal végeztük. Egy ciklus alatt 100 pontban rögzítettük az összetartozó feszültség-alakváltozás értékeit. Az ismételt igénybevételt  $f = 0,1$  Hz frekvenciával a próba-

test eltöréséig folytattuk. Ezekkel a vizsgálatokkal prahúzasosan Watts-Ford módszerrel is felvettük az anyagok statikus folyásgörbéit is.

A jelen feladatra Moszkvitin V.V. [14] ciklikus képlékeny-rugalmas terhelések esetére kidolgozott elméletét alkalmaztuk. Jelöljük a feszültség és az alakváltozási tenzor elemeit az  $n$ -edik terhelési ciklusban  $\sigma_{ij}^{(n)}, \epsilon_{ij}^{(n)}$ -vel. Bevezetve az alábbi különbségeket

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} &= (-1)^{(n)} (\sigma_{ij}^{(n)} - \sigma_{ij}^{(n-1)}) \\ \bar{\epsilon}_{ij}^{(n)} &= (-1)^{(n)} (\epsilon_{ij}^{(n)} - \epsilon_{ij}^{(n-1)}) \end{aligned} \quad (1)$$

a fenti elmélet szerint a feszültségek és alakváltozások közötti kapcsolat az  $n$ -edik ciklusban

$$\bar{\sigma}_{ij}^{(n)} - \delta_{ij} \bar{\sigma}^{(n)} = \frac{2\bar{\sigma}_u^{(n)}}{3\bar{\epsilon}_u^{(n)}} (\bar{\epsilon}_{ij}^{(n)} - \delta_{ij} \bar{\epsilon}^{(n)}) \quad (2)$$

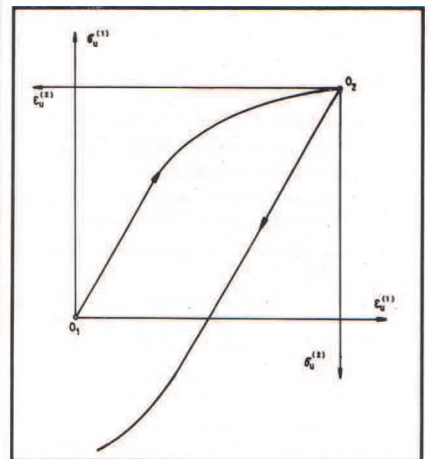
$$\bar{\sigma}^{(n)} = 3K\bar{\epsilon}^{(n)} \quad (3)$$

ahol  $\bar{\sigma}^{(n)}$ -a ciklusonként változó összehasonlító feszültség (3. ábra),  $K$  térfogati rugalmassági modulusz

$$3\bar{\sigma}^{(n)} = \bar{\sigma}_{kk}^{(n)}, \quad 3\bar{\epsilon}^{(n)} = \bar{\epsilon}_{kk}^{(n)}$$

$$\bar{\sigma}_u^{(n)} = \sqrt{\frac{3}{2} \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} \bar{\sigma}_{ij}^{(n)}}, \quad \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} = \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} - \delta_{ij} \bar{\sigma}^{(n)} \quad (4)$$

$$\bar{\epsilon}_u^{(n)} = \sqrt{\frac{2}{3} \bar{\epsilon}_{ij}^{(n)} \bar{\epsilon}_{ij}^{(n)}}, \quad \bar{\epsilon}_{ij}^{(n)} = \bar{\epsilon}_{ij}^{(n)} - \delta_{ij} \bar{\epsilon}^{(n)}$$



3. ábra A ciklikus folyásgörbe vázlata

A mérési eredményeket feldolgozva számításaink során a ciklikus folyásgörbét az alábbi alakkal közelítettük

$$\bar{\sigma}_u^{(n)} = E \bar{\epsilon}_u^{(n)}, \quad \bar{\epsilon}_u^{(n)} \leq \frac{c_1(n)}{E} \quad (5)$$



$$\bar{\sigma}_0^{(n)} = c_1(n) + c_2(n) \left( \bar{\epsilon}_u^{(n)} - \frac{c_1(n)}{E} \right)^{c_3(n)} \frac{c_1(n)}{E}$$

ahol E a rugalmassági modulus (AlMg3: E = 70000 MPa, C10: E = 216000 MPa)  $c_1(n)$ ,  $c_2(n)$ ,  $c_3(n)$  a ciklusszámtól függő paraméterek, amelyeket a mérési eredményekhez való függvényillesztéssel határoztunk meg (1-4. táblázat). A táblázatok egyik oszlopában szereplő  $R_{hiba}$  értékek [15] a függvényillesztés jószágára utalnak.

$$R_{hiba} = \frac{\sqrt{s^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^N f_j^2}} \quad (6)$$

amelyben  $s^2 = \sum_{j=1}^N (f_j^* - f_j)^2$  eltérésnégyzet az

N számú  $f_j$  értékű méréspont és az (5) egyenlettel az ugyanazon abszcisszájánál meghatározott  $f_j^*$  függvény között.

1. táblázat A ciklikus folyásgörbe paraméterei (anyagminőség: AlMg3, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.05$ )

AlMg3		alakváltozás = ± 0.05		
N°	$c_1$ MPa	$c_2$ MPa	$c_3$	$R_{hiba}$ %
1	52.7	349.3	0.37	3.67
2	140.1	318.4	0.14	2.73
3	200.3	314.0	0.12	2.91
4	252.1	253.3	0.08	3.23
5	293.8	230.3	0.11	2.73
6	392.3	115.4	0.10	3.45
7	365.6	181.1	0.15	3.50
8	415.7	118.6	0.13	4.89
9	387.5	168.2	0.15	3.60
10	374.9	160.1	0.07	3.27
11	397.3	174.7	0.17	3.89
12	448.5	95.3	0.12	4.21
13	368.1	188.0	0.14	4.21
14	424.4	128.0	0.10	3.17
15	441.0	147.7	0.21	4.13
16	449.7	105.0	0.11	3.91
17	388.9	201.3	0.14	3.61
18	445.5	121.5	0.12	4.58

2. táblázat A ciklikus folyásgörbe paraméterei (anyagminőség: AlMg3, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.1$ )

AlMg3		alakváltozás = ± 0.1		
N°	$c_1$ MPa	$c_2$ MPa	$c_3$	$R_{hiba}$ %
1	52.7	349.3	0.37	3.67
2	201.5	269.5	0.09	2.51
3	273.4	256.2	0.10	2.20
4	427.4	95.8	0.04	3.55
5	395.4	174.7	0.15	2.88
6	481.3	74.2	0.10	2.90
7	443.8	148.0	0.19	2.61
8	435.0	129.9	0.03	2.98
9	421.1	186.8	0.15	3.07
10	554.7	22.0	0.07	3.17
11	455.9	162.9	0.17	2.96
12	441.6	152.6	0.03	3.71
13	422.8	203.9	0.14	2.54
14	540.7	68.9	0.12	3.91
15	461.9	158.8	0.22	2.20
16	468.9	135.1	0.03	3.02
17	433.8	206.9	0.14	2.82
18	518.4	94.0	0.08	3.66

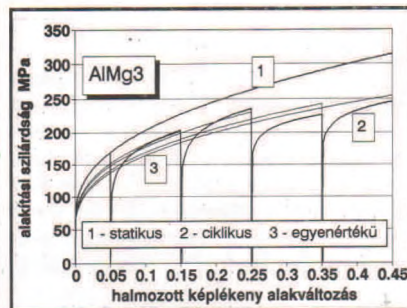
3. táblázat A ciklikus folyásgörbe paraméterei (anyagminőség: C10, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.05$ )

C10		alakváltozás = ± 0.05		
N°	$c_1$ MPa	$c_2$ MPa	$c_3$	$R_{hiba}$ %
1	215.4	855.1	0.23	1.71
2	294.8	1240.6	0.09	6.46
3	297.2	1256.4	0.07	5.66
4	301.6	1277.8	0.07	6.54
5	301.6	1282.3	0.08	7.08
6	307.3	1292.8	0.09	7.91
7	312.7	1286.9	0.07	5.92
8	310.6	1235.6	0.05	4.95
9	293.5	1320.1	0.08	6.91
10	292.9	1332.8	0.08	7.44
11	297.8	1303.9	0.07	5.86
12	298.8	1320.5	0.07	6.23
13	298.9	1347.7	0.08	6.68
14	305.7	1368.4	0.08	7.17
15	300.2	1326.2	0.07	5.60
16	300.9	1336.1	0.07	6.11
17	296.7	1371.0	0.08	6.63
18	297.7	1383.3	0.08	6.98

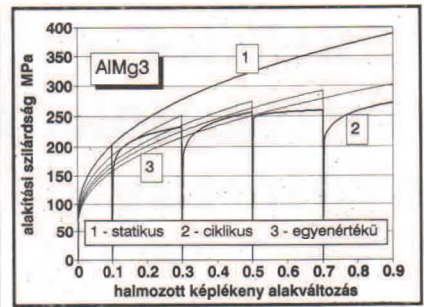
4. táblázat A ciklikus folyásgörbe paraméterei (anyagminőség: C10, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.1$ )

C10		alakváltozás = ± 0.1		
N°	$c_1$ MPa	$c_2$ MPa	$c_3$	$R_{hiba}$ %
1	215.4	855.1	0.23	1.71
2	408.7	1157.6	0.09	3.55
3	413.2	1177.8	0.06	4.75
4	418.8	1188.2	0.07	4.44
5	414.9	1218.8	0.08	4.66
6	420.4	1174.6	0.06	5.18
7	422.3	1189.1	0.06	5.23
8	422.5	1195.9	0.07	4.47
9	426.6	1232.4	0.08	5.26
10	422.5	1245.4	0.08	5.61
11	420.2	1195.8	0.07	4.52
12	424.1	1204.1	0.07	4.48
13	424.4	1231.9	0.08	5.35
14	428.6	1252.8	0.08	5.31
15	427.0	1202.2	0.07	5.42
16	432.8	1211.8	0.07	4.49
17	440.6	1241.9	0.08	5.34
18	441.7	1191.8	0.06	4.23

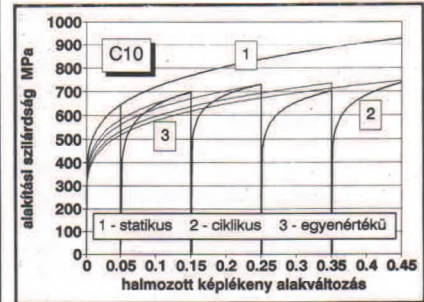
A Bauschinger-effektus kimutatása érdekében a húzó-nyomó vizsgálatlal meghatározott folyásgörbékkel a  $k_f - \bar{\epsilon}_p$  függvénykapcsolatot (alakítási szilárdság, halmozott képlékeny alakváltozás) is kiszámítottuk. A különböző anyagokra és alakváltozásamplitúdókra



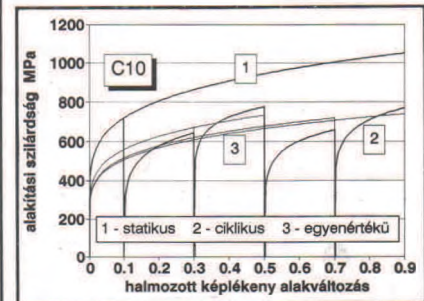
4. ábra A statikus, a ciklikus és az egyenértékű alakítási szilárdság változása a halmozott képlékeny alakváltozás függvényében (anyagminőség: AlMg3, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.05$ )



5. ábra A statikus, a ciklikus és az egyenértékű alakítási szilárdság változása a halmozott képlékeny alakváltozás függvényében (anyagminőség: AlMg3, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.1$ )



6. ábra A statikus, a ciklikus és az egyenértékű alakítási szilárdság változása a halmozott képlékeny alakváltozás függvényében (anyagminőség: C10, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.05$ )



7. ábra A statikus, a ciklikus és az egyenértékű alakítási szilárdság változása a halmozott képlékeny alakváltozás függvényében (anyagminőség: C10, alakváltozás-amplitudó  $\bar{\epsilon} = 0.1$ )

vonatkozó eredményeket a 4-7. ábrákon mutatjuk be. A ciklikusan változó alakítási szilárdság mellett definiáltunk egy, a statikus és a ciklikus terhelési görbékkel lezarmaztatható monoton görbesorozatot is, amit egyenértékű alakítási szilárdságnak nevezünk.

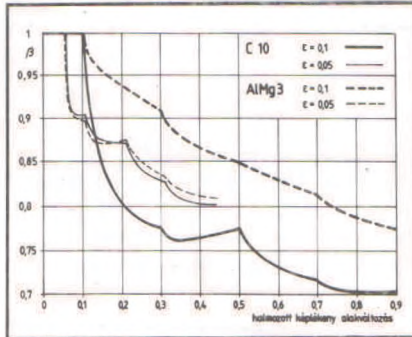
$$k_{st} = \beta k_{cik} \quad (7)$$

A  $\beta$  paraméter kiszámítása a ciklikus és statikus körülmények között meghatározott fajlagos munkák felhasználásával az alábbi egyenlet alapján történik.

$$\beta(\bar{\epsilon}_p) = \frac{\int_0^{\bar{\epsilon}_p} k_{st} d\bar{\epsilon}}{\int_0^{\bar{\epsilon}_p} k_{cik} d\bar{\epsilon}} = \frac{W_{stat}}{W_{cik}} \quad (8)$$



A 8. ábrán a  $\beta$  paraméter változása látható a vizsgált terhelési folyamat néhány ciklusánál. A méréseinkkel bemutattuk azt, hogy az anyag monoton terheléssel meghatározott alakítási szilárdsága és a ciklikus alakváltozásnál lévő alakítási szilárdság között számottevő a különbség. Ezért az ilyen folyamatok modellezésénél a Bauschinger-effektus hatását nem lehet elhanyagolni.



8. ábra A  $\beta$  paraméter változása a halmozott képlékeny alakváltozás függvényében AlMg<sub>3</sub> és C10 anyagra  $\bar{\epsilon} = 0,05$  és  $\bar{\epsilon} = 0,1$  alakváltozás-amplitudónál

A Bauschinger-effektus kimutatása érdekében kisciklusú húzó-nyomó terheléssel meghatároztuk az AlMg<sub>3</sub> és a C10 anyagok ciklikus folyásgörbéit. Kiszámítottuk az alakítási szilárdság és a halmozott képlékeny alakvál-

tozás függvénykapcsolatot mind statikus, mind ciklikus terhelés esetére.

A ciklikusan változó alakítási szilárdság mellett bevezettük az egyenértékű alakítási szilárdság fogalmát, amely a statikus és a ciklikus terhelési görbékből származtatható. Méréseinkből megállapítható, hogy a ciklikus alakítási folyamatoknál a Bauschinger-effektus hatását nem lehet elhanyagolni.

### Irodalom

[1] Weidemann, G.: The blankholding action of draw beads Sheet Metal Industries Sept. 1978, 948-989  
 [2] Weideman, G.: The blankholding Action of Draw Beads, Proceedings of the 10th Biennial Congress of IDDRG Warwick 1978, 78-86  
 [3] Yellup, J.M.: Modelling of Sheet Metal Flow Through a Drawbead, Proceedings of the 13th Biennial Congress of IDDRG Melbourne 1984, 166-177  
 [4] Nine, H.D.: Drawbead Proces in Sheet Metal Forming, Mechanics of Sheet Metal Forming, Plenum Press, New-York-London 1978, 179-207  
 [5] Sunaga, H., Makinouchi A.: Elastic-Plastic Finite Element Simulation of Sheet Metal Bending Process for Autobody Panels, Advanced Technology of Plasticity 1990 Proceedings of the Third International Conference on Technology of Plasticity Kyoto July 1-6. 1990, 1525-1530  
 [6] Brekelmans, W.A.M., Hoogenboom, S.M.: Stationary Sheet Bending and Straightening, Ad-

vanced Technology of Plasticity Stuttgart 1987, Vol.1., 171-176  
 [7] Krisch, A., Gramberg, U.: Über die Entstehung eines Bauschinger-effektes bei plastischer Beugung, Archiv für das Eisenhüttenwesen, 43 (1972) 10., 753-755  
 [8] Krisch, A., Gramberg, U.: Spannungen und Formänderungen bei der plastischen Beugung von Stäben mit Rechteckquerschnitt, Archiv für das Eisenhüttenwesen, 43 (1972) 9., 667-674  
 [9] Bogatov, A.A., Mizsirikij O.I., Szmirnov, Sz.V.: Reszupsz plaszticsnosztyi metallov pri obrabotke davleniem, Moskva, Metallurgija, 1984  
 [10] Christ, H.J.: Wechselverformung von Metallen, Springer-Verlag, 1991, 37-48, 83-91.  
 [11] Stüwe, H.P.58.: Einfluss von Wechseln der Beanspruchung auf die Fließspannung von Metallen. Grundlagen der Umformtechnik - Stand und Entwicklungstrends, Springer - Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo 1983, Teil I, 189-199  
 [12] Ziaja, GY., Szabadits, O.: A húzóborda-reakció számítása és szerepe a lemezalakítási folyamatok szabályozásában, Gépjártástechnológia XXX.8. szám 1990. augusztus 352., 369-373.  
 [13] Lukács, J., Lovas, J.: Az MTS Testlink rendszerével vezérelt anyagvizsgálati mérések és azok kiértékelési módszerei, Anyagvizsgálók Lapja 1. évf. 1. szám, 1991, 3-5.  
 [14] Moszkvitjyn, V.V.; Plaszticsnoszty pri peremnyih nagruzsenyjah, Moskva, Izd-Vo MGU, 1965  
 [15] Reé, A.: Fémek folyásgörbéinek matematikai vizsgálata, Egyetemi doktori értekezés, Budapest, BME 1971

923 089 065-066-013

# Nemesített acélok és gömbgrafitos öntöttvas kopási és pittingképződési hajlamának vizsgálata

dr. Kabai Imre – dr. Seres László

Az egyik fogaskerékpárokat előállító vállalat felkérésére nemesített acélok károsodási tulajdonságainak vizsgálata vált esedékessé. A gömbgrafitos öntöttvas mint potenciális fogaskerékanyag jött szóba. Az összehasonlító vizsgálatokat kiterjesztettük egyfajta betétben edzhető anyagra is betétedzés nélküli állapotban.

A szobajelölt károsodási módok értékelésével kijelölhető volt a vizsgálatok iránya. Ennek megfelelően elkészítettük a vizsgálati programot, megterveztük és elkészítettük a próbatesteket és a tanszéki laboratóriumban elvégeztük a vizsgálatokat, amelyeknek eredményei alapján az anyagok összehasonlító értékelése lehetővé vált.

### Vizsgált anyagminőségek

A vizsgált anyagfélések, a felhasználás gyakoriságát, a minőség követelményeit, továbbá a gazdaságosság és a változtatás lehetőségét is figyelembe véve C60, CMo3, BC3 és Göv600 voltak.

Az öntöttvas hőkezelés nélkül, az acélok nemesített állapotban, a BC3 pedig szénítés nélkül került vizsgálatra. Az anyagok minősége megfelelt a szabvány vonatkozó előírásainak.

### A károsodás jellemzői

Acélból készült fogaskerekek károsodása alapvetően két csoportra osztható. Ezek a fogtörés és a fogfelületi sérülések. Az előbbi főként az igen nagy fogfelületi teherbírást, betétedzett fogaskerekek esetén mértékadó, az utóbbi rendszerint a nemesített fogaskerekek teherbírást határoolja be.

Fogfelületi károsodások közé tartoznak a kopás, a gördősödés (pitting), a karcok és a berágódás, a repedések és az egyéb fogfelületi sérülések. Az adott esetben, a nemesített anyagokra tekintettel, a kopás és a pittingképződési hajlam képezte a vizsgálat tárgyát.

A mérsékelt fordulatszám-tartományban ugyanis elasztohidrodinamikusan kenésre már lehet számítani, de a gyorsfordulatú hajtásokban mértékadó hővillám még nem jelent komolyabb veszélyt.

A fogfelületek kopása mértékadó lehet nyitott rendszerű fogaskerék-hajtások esetében, ahol a szennyeződések a kopási veszélyt növelhetik. Előfordulhat azonban zárt rendszerű, mérsékelt terhelésű és kerületi sebességű hajtóművek esetében is. A kopási hajlam abszolút értékének vizsgálata problematikus, így itt elsősorban az összehasonlító vizsgálati jelleg került előtérbe.

A gördősödési (pittingképződési) hajlam és ennek vizsgálata fogaskerékanyagok esetében alapvető jelentőséggel bír. A károsodás lényege, a jelenlegi ismeretek szerint, a következőkben foglalható össze:

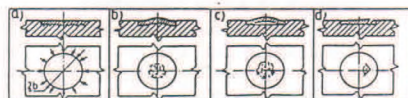
A gördülő és az ezzel egyidejűleg fellépő csekély mértékű csúszósúrlódás esetén a felületi réteg tönkremenetele a kis térfogatokban végbemenő anyagfáradás és az ezzel párhuzamosan fellépő tribokémiai (elsősorban oxidációs kopás) következménye.

Fogfelületek ismétlődő legördülésekor a váltakozó terhelés hatására a reverzibilis és irreverzibilis diszlokációs mozgások következtében létrejövő rugalmas deformáció mellett az anyag képlékeny alakváltozást is szenved. Az ismétlődő hidegalakításnak kitett felületi



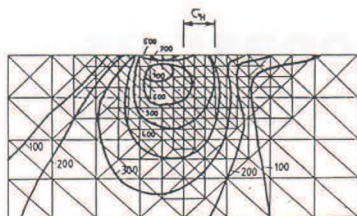
réteg mozgását megakadályozzák a vele kapcsolódó anyagrészek. Az egyenlőtlen alakváltozás okozta felkeményedés következtében a felületi rétegben a terhelések ismétlődésével növekvő nyomófeszültségek maradnak vissza, amelyeket a kapcsolódó anyagrészekben ébredő húzófeszültségek ellensúlyoznak.

A terhelés kezdeti stádiumában az igénybevett felüleletemet modellező vékony réteg, rugalmas féltérrel körülvéve, oldalirányból radiális nyomásnak van kitéve, alsó felén pedig normál és csúsztató feszültségek terhelik (1/a. ábra). A tönkremenetel kezdetét a felületi réteg stabilizálásának felbomlása jelzi, (1/b.



1. ábra Vázlat a pittingképződés mechanizmusának értelmezéséhez

ábra), amikor is a sima felületen a kritikus nyomófeszültségek hatására kiemelkedés képződik. További terhelések, valamint az anyag belső hibái, egyenlőtlen tulajdonságai belső repedést, (1/c. ábra), idéznek elő. A pikkely leválását a felületek közelében keletkező, a működő felülettel párhuzamosan kialakuló, és a terhelés vándorlásának irányában terjedő repedések okozzák, (1/d. ábra). Ezeknek a repedéseknek a megjelenési mélysége a gördüléskor fellépő maximális csúsztató feszültségek elhelyezkedésével van kapcsolatban. (2. ábra).

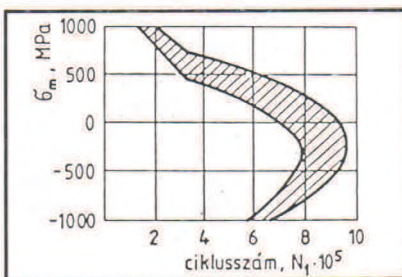


2. ábra Nyírófeszültségek eloszlása a felszín alatt, hengerek felületek érintkezésekor, a felületre merőleges és érintő irányú terhelés együttes fellépése esetén ( $\sigma_H = 10^3$  MPa,  $F_T/F_N = 0,3$ )

A pittingképződés kialakulásában a terhelt felület keménységén kívül meghatározó szerepe van a felületen a befejező megmunkálás során létrejövő mikrorepedéseknek és egy meghatározott vastagságú felületi réteg maradó feszültségi állapotának is.

Az irodalomban közölt vizsgálatok megalapították, hogy a felület fáradásos kopását kiváltó terhelések ciklusszáma akkor a legnagyobb, ha a felületi rétegben viszonylag kis mértékű nyomófeszültségek visszamaradnak, (3. ábra).

A működő felület mikrorepedései és a kenőanyag kölcsönhatása eredményeként, a fellépő adszorpciós effektus és a mikrorepedésekben kialakuló kapilláris nyomások hatására jelentősen csökken az acél kifáradási határa.



3. ábra A felületi réteg maradó feszültségének hatása a pittingképződésre

## Vizsgálati módszerek

Az elempárok anyagait és azok kialakítását, a méréseink során alkalmazott terheléseket, a csúsztató sebességet, a kenőolajat – úgy határoztuk meg, hogy a négyféle fogaskerékanyag vizsgálatok értékelhető súrlódási, kopási és pittingképződési részeredmények adjójanak.

Méréseink során az volt a célunk, hogy azonos körülmények között anyagféleségként és anyagpárokként értékelhető választ kapjunk a kopási, és a pittingképződési hajlamra, a súrlódási tényezőkre és a súrlódási összmunára, valamint a felületi minőség megváltozásának mértékére.

A vizsgálatokhoz AMSLER A135 súrlódási és kopásvizsgálógép állt rendelkezésünkre.

Tárcsaméretek:

- a kopásvizsgálathoz:  $\varnothing 50$  és  $\varnothing 35$  mm, szélesség 10 mm,
- a pittingvizsgálathoz:  $\varnothing 40$  mm, szélesség 10 mm és 4 mm.

Vizsgálati paraméterek

– a kopásvizsgálatnál:

- terhelés 490 N
- Hertz-feszültség 413,01 MPa
- csúsztató sebesség 0,505 m/s
- kopási úthossz  $15,7 \cdot 10^3$  m,

– a pittingvizsgálatnál:

- terhelési lépcsők 1472, 1668, 1864, 1962 és 2158 N
- gördülésssebesség 0,732 m/s
- csúsztatósebesség 0,076 m/s
- Kenőolaj: AGIP ROTRA MP SAE 80 W-90 GL5

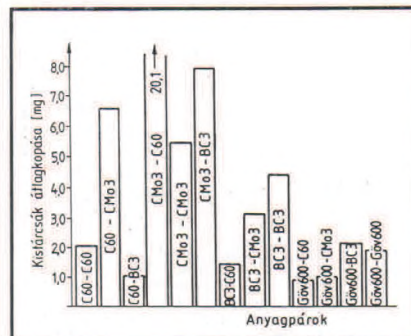
## A vizsgálatok terjedelme és eredményei

A kopásvizsgálatok során valamennyi esetben 3–3 párhuzamos mérést végeztünk az eredmények matematikai feldolgozásával. A pittingvizsgálatok során tág határok között változtattuk a paramétereiket a minél szélesebb tartományok átfedése érdekében, párhuzamos méréseket főként a BC3-BC3 párosításban végeztünk.

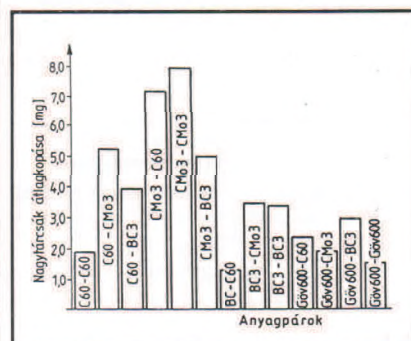
A kopásvizsgálat során a tárcsakopásokon kívül mértük a súrlódási nyomatékokat és meghatároztuk a súrlódási tényezőt, valamint a súrlódási összmunát. Az eredményeket a 4-8. ábrákban foglaltuk össze.

Kopásvizsgálat közben a súrlódási nyomaték nem ingadozott és a kezdeti értékről folyamatosan csökkent. A súrlódási összmunka a teljes folyamat eredménye, így a súrlódási viszonyokra jellemző érték. A korongok felületi átlagos érdessége a vizsgálat kezdetén 0,11-

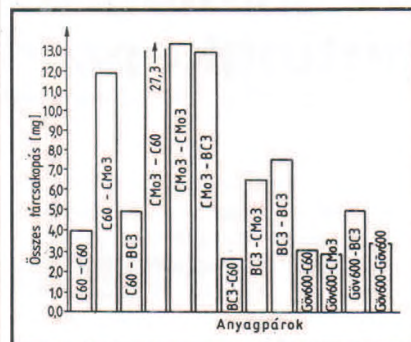
2,36  $\mu\text{m}$  tartományban voltak és a kopásvizsgálat közben folyamatosan csökkentek. Így az azonos paraméterekkel végzett vizsgálatok eredményeinek szórása elfogadható értékű volt.



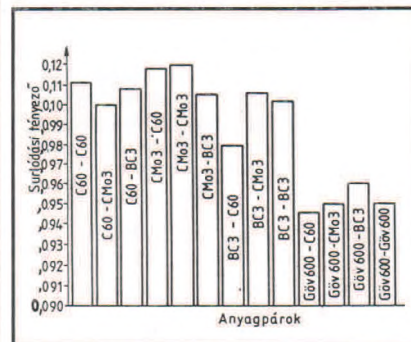
4. ábra Kistárcsák kopásának alakulása az anyagpárok függvényében



5. ábra Nagy tárcsák kopásának alakulása az anyagpárok függvényében

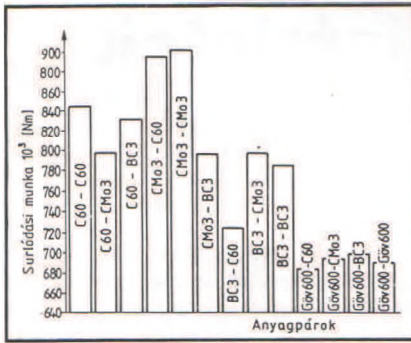


6. ábra Összes tárcsakopások alakulása az anyagpárok függvényében



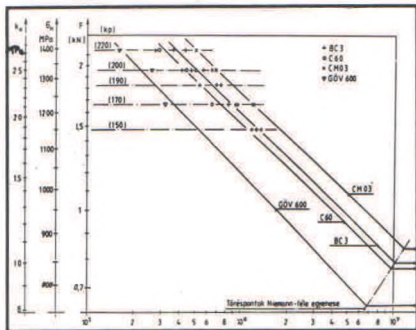
7. ábra Súrlódási tényezők alakulása az anyagpárok függvényében





8. ábra Súrlódási munkák alakulása az anyagpárok függvényében

A pittingképződés vizsgálati eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze és anyagfeleségeként kifáradási diagramban is ábráztuk, 9. ábra. A súrlódási nyomaték a vizsgálat folyamán monoton csökkent. A belőle számított súrlódási tényezők értékei 0,07-0,09 tartományban adódtak aránylag jó egyezéssel. A párhuzamos vizsgálatok eredményeinek szórása is viszonylag kedvező volt.



9. ábra Pittingvizsgálati eredmények alapján szerkesztett kifáradási diagramok

**Megállapítások**

**A kopásvizsgálat értékelése**

Az eredmények alapján az egyes anyagfeleségekről és párosításokról a következők állapíthatók meg:

- a kistárcsa-kopások legkedvezőbb értékei a Göv 600-C60 párosításban 0,90 mg, C60-BC3 párosításban 1,03 mg, GÖV 600-CMo3 párosításban 1,10 mg, és BC3-C60 párosításban 1,40 mg értékűre adódtak,
- a nagytárcsa-kopások közül figyelemremélően kedvező eredményeket mértünk, ezek a BC3-C60 párosításban 1,27 mg, Göv 600-Göv 600 párosításban 1,53 mg, és a C60-C60 párosításban 1,83 mg,
- az összkopásértékeket tekintve a vizsgált anyagpárok közül kiemelhető a BC3-C60 párosításban a 2,67 mg, a Göv 600-Cmo3 párosításban a 3,00 mg és a Göv 600-C60 párosításban a 3,20 mg kopásértékek,
- kistárcsa-kopások közül a legkedvezőtlenebb értékek a CMo3 anyagminőség esetén adódtak,
- a legnagyobb nagytárcsa-kopás a CMo3-CMo3 anyagpárok vizsgálatakor mértük, ez 7,9 mg volt,
- összkopás tekintetében a CMo3-C60 anyagpárok eredményei a legkedvezőtlenebbek: 27,33 mg,

- a súrlódási tényező tartománya - a vizsgált anyagpároktól függően - viszonylag keskeny:  $\mu = 0,0945...0,119$ .

A súrlódási tényezők számszerű értékei egyértelműen a vegyes súrlódási viszonyokra utalnak.

**A pittingvizsgálat értékelése**

A pittingvizsgálatok eredményei alapján az egyes anyagfeleségekre a következők állapíthatók meg:

- a legnagyobb élettartamok a CMo3-CMo3 párosításban adódtak, ezután sorrendben a BC3-BC3, majd a C60-C60 párosítás következnek,
- a legkisebb élettartamok a Göv 600-Göv 600 párosításban mutatkoztak; megjegyzendő azonban, hogy a szobanforgó gömbgrafiton öntöttvas fogfelületi teherbírása hőkezeléssel számottevően javítható;
- a vegyes párosítások eredményei, a várakozásnak megfelelően, az egyes anyagpárok eredményei között helyezkednek el.

A pittingvizsgálati eredményekkel kapcsolatban megjegyezzük még a következőket:

1. táblázat Élettartam a pittingképződésig

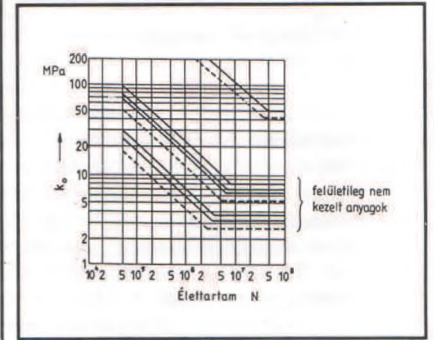
F, [N]	1472	1668	1864	1962	2158
$\sigma_H$ [MPa]	1148	1222	1292	1326	1391
$k_0$ [MPa]	18,4	20,8	23,3	24,5	27,0
Anyagpárok	fordulatok száma $\times 10^3$				
C60-C60	637		423	502	289
C60-CMo3			593		
C60-BC3			488		
C60-Göv			256		
CMo3-CMo3	1174		674	497	
CMo3-BC3			604		
CMo3-Göv			237		
BC3-BC3	1187	818	523	407	273
BC3-BC3	1244	930	698	469	356
BC3-BC3	1318	939	715	558	428
BC3-Göv			249		
Göv-Göv			316	261	158

F - terhelő erő,  $\sigma_H$  - Hertz-feszültség,  $k_0$  - palástnyomás

2. táblázat Kifáradási határ értékei

Anyagpárok	$k_0$ MPa	$\sigma_H$ MPa	F kN
CMo3-CMo3	10,42	892	0.834
BC3-BC3	9,81	838	0.785
C60-C60	9,54	827	0.764
Göv 600-Göv 600	8,03	759	0.643

A kifáradási diagram a kettős logaritmusos rendszerben egyenessel közelíthető, amelynek paramétereit, anyagpáronként, lineáris regresszióval határoztuk meg az összetartozó Stribeck-féle  $k_0$  palástnyomás, (Niemann-féle koncepció), és N élettartam adatok felhasználásával. A diagram függőleges tengelyén, amely a  $k_0$ -ra logaritmusos, a palástnyomáshoz rendelt skáláztuk a  $\sigma_H$  Hertz-feszültséget és az F sugárirányú normális erőt.



10. ábra Stribeck-féle palástnyomás kifáradási határértékei (Niemann-féle alapvizsgálatok)

A diagramba berajoltuk a palástnyomás töréspontjait összekötő Niemann-féle egyenest is, amelynek felhasználásával a kifáradási határértékek a Niemann-féle határfeltételek figyelembevételével megállapíthatók, (2. táblázat).

A kifáradási határértékek összehasonlítása a Niemann-féle kifáradási adatokkal és görbékkel (10. ábra) megállapítható, hogy ezek a nem felületkezelt anyagok kifáradási görbéit tartalmazó diagram-mező felső részén, esetenként e fölött helyezkednek el.

**Irodalom**

- [1] dr. Erney György: Fogaskerekek, Műszaki Könyvkiadó Bp. 1983.
- [2] Neale, M.J.: Tribology Handbook. London Butterworths. 1973.
- [3] Gesellschaft für Tribologie. Zahnradtriebeseinrichtung, Arbeitsblatt 2.4.4., 1980. okt.
- [4] Polzer, G., Wuttke, W.: Untersuchung zur Aufklärung von Verschleissmechanismen unter Bedingungen der Festkörperreibung. Symposium für Reibung, Schmiernung und Verschleiss. Berlin, 1980. nov. 18-20.
- [5] Vámos, E.: Tribológiai kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [6] Barmos, Gy.: Hazai hajtóműolajok kopásra gyakorolt hatásának vizsgálata modell berendezéssel. Doktori értekezés, 1984.

923 091 072-073

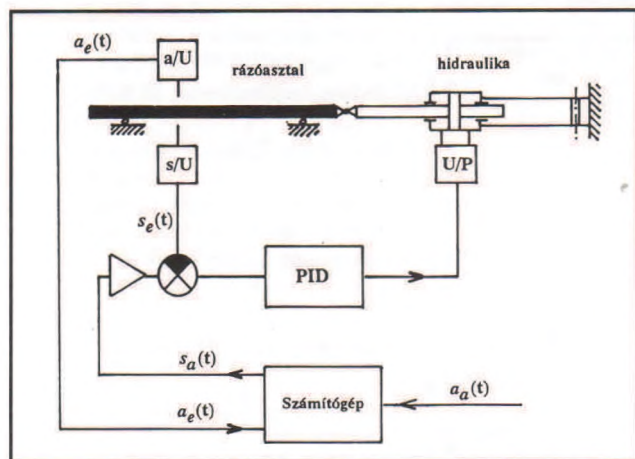


# Földrengésszimulációs kísérletek rázóasztalon

Dr. Kálló Miklós\*

## Adottságok

A BME Építőipari Laboratóriumában az Acélszerkezetek Tanszék felügyelete alatt hosszabb ideje üzemel egy mobil szervohidraulikus rendszer (1. ábra), melyet elsősorban fáradásvizsgálatokra, adott esetben azonban a legkülönbözőbb statikus vagy dinamikus vizsgálatokra használunk. Az MTS gyártmányú rendszer erő-, elmozdulás- vagy nyúlásellenőrzőjellel és elvben tetszés szerinti (természetesen sávkorlátozott) alapjellel szabályozható. 1990-91-ben dr. Csák Béla és Kaltenbach László tervei alapján egy vízszintes síkban mozgó, 2,5 x 2,5 m alapterületű rázóasztal készült, melyet az említett MTS berendezés 50 kN/150 mm, vagy 250 kN/150 mm teljesítményű munkahengerei mozgathatnak. A rázóasztal készítésének célja az volt, hogy annak segítségével reprodukálhatók legyenek olyan elmozdulás-idő függvények, melyeket különböző földrengések alkalmazásával regisztráltak. Mivel ezek a jelek digitális formában álltak rendelkezésre, az alapjelet egy számítógép D/A konvertere szolgáltatotta az MTS rendszer autonóm szabályozása számára.

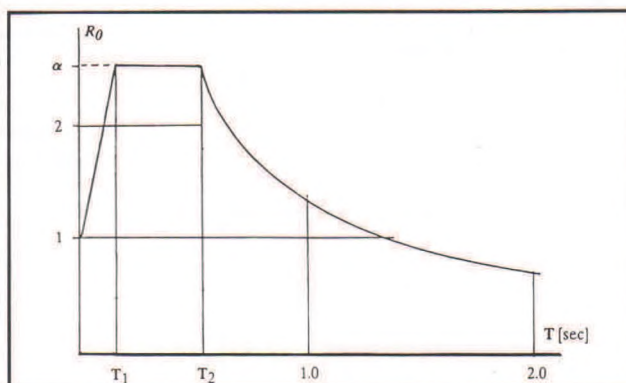


1. ábra Rázóasztal és vezérlése

## A feladat

1991 őszén merült fel, mint feladat, egyes fokozott követelmények kielégítését igénylő műszerszkekrények [1] szerinti földrengésállóságának kísérleti vizsgálata az említett rázóasztalon. A szabvány ajánlásai két, alapvetően különböző kísérleti vizsgálatot írnak elő a földrengésállóság vizsgálata céljára, un. a *sweep-teszt* és a *multifrekvenciás teszt* vizsgálatot. Előbbi lebonyolítása során a vizsgálandó próbatárgyra ható (mechanikai) gerjesztőjel állandó amplitúdójú gyorsulás, melynek frekvenciája 1 Hz-től indulva 30 mp/oktáv sebességgel 50 Hz-ig nő, majd ugyanilyen sebességgel ismét 1 Hz-re csökken. A vizsgálat célja az, hogy a földrengés keltette rezgések frekvenciasávjában a vizsgálandó szerkezet minden frekvencián (kétszer is) kapjon harmonikus gerjesztést, mégpedig elengedő ideig ahhoz, hogy az összes szám-bajjehető rezonanciajelenségek fellépjenek, megfigyelhetőek legyenek. Ugyanezen cél elérhető olyan sztochasztikus gerjesztőjel alkalmazásával is, melynek teljesítménysűrűség-spektruma az adott sávban konstans. A multifrekvenciás teszt előírásai egy ilyen állapotot köze-

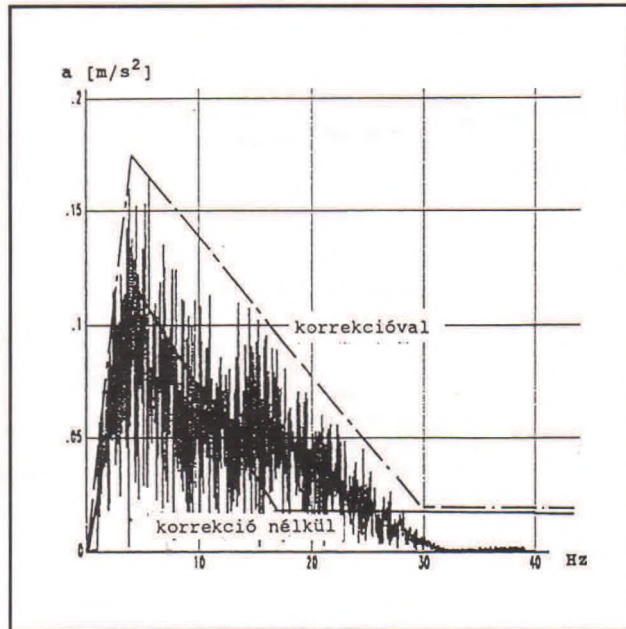
lítenek, módosítva azonban azzal a megszorítással, hogy az alkalmazandó véletlen jellegű gyorsulás-gerjesztés ún. válaszspektrumának (utóbbi definíciójára vonatkozóan ld. [1] v. [2]) meg kell egyeznie a földrengések által produkált gyorsulások általánosított válaszspektrumával. Egy ilyen – a hazánkhoz legközelebb eső földrengéses övezet, a Balkán-régió számára [3] szerint előírt – válaszspektrum látható a 2. ábrán.



2. ábra Általánosított gyorsulás-válaszspektrum talajszinten, 5% csillapításra,  $\alpha$  intenzitásra,  $T_1$  és  $T_2$  periódusidőkre, [3] szerint

## A probléma

A kísérletek lebonyolítása során a fő problémát az jelentette, hogy mind a sweep, mint pedig a multifrekvenciás teszt esetében a szervohidraulikus rendszernek *előre meghatározott gyorsulás-idő függvényeket kell realizálni*, annak ellenére, hogy a rendszer sem gyorsulásra, sem pedig sebességre nem szabályozható. Elvileg semmi



3. ábra A kívánt gyorsulásjel spektruma és a korrekció nélküli illetve a korrekcióval megvalósítható tartományok

\* Budapesti Műszaki Egyetem, MTA Műszaki Mechanikai Kutatócsoport, Acélszerkezetek Tanszék

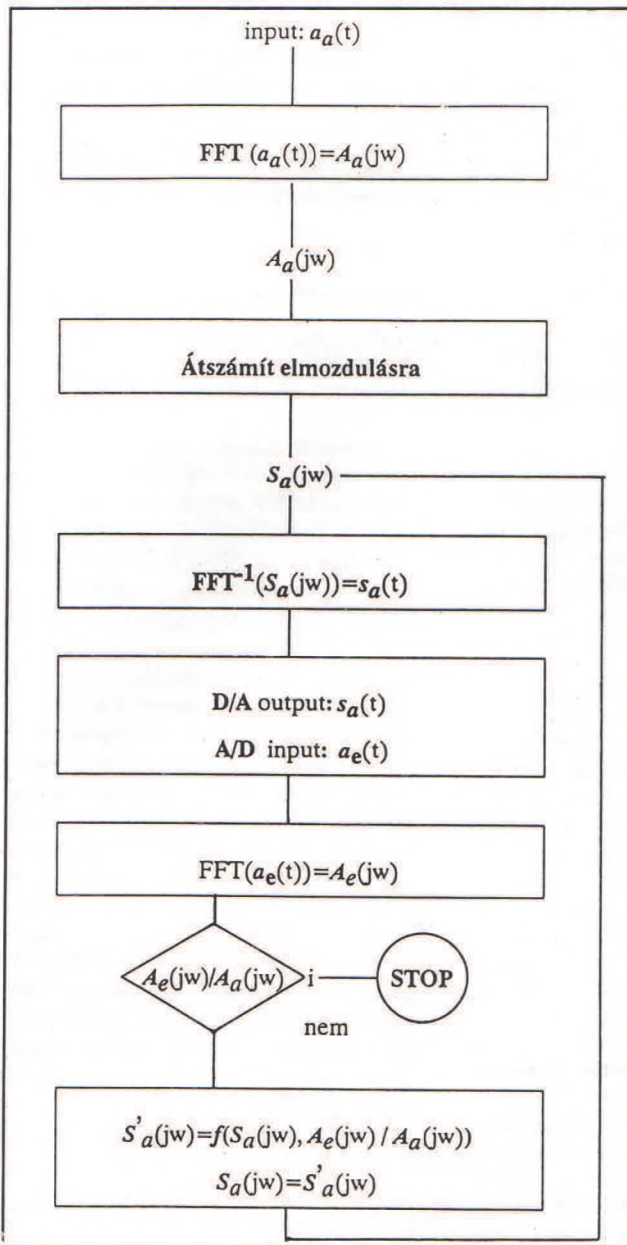


nehézséget nem jelentene az elmozdulásra való vezérlés, hiszen a kívánt gyorsulás-idő függvényekhez tartozó elmozdulás-idő függvény minden további nélkül előállítható, mindazonáltal

a) a számítógép D/A konverzió 12 bit felbontása a frekvenciatartomány felső sávjában korlátozza az elmozdulás-idő függvény előállításának pontosságát

b) a szervohidraulikus rendszer a kívánt elmozdulások tartományában kb. 10 Hz felett a szabályozás alapjelét a (frekvencia növekedésével egyre növekvő) hibával képes csak követni.

A kívánt gyorsulásjelhez tartozó elmozdulásjellel történő vezérlés esetében tehát nem a kívánt gyorsulásjelet kapjuk meg. A sweep-teszt esetében az alapjel amplitúdójának frekvenciafüggő korrekciója viszonylag egyszerűen megvalósítható, a multifrekvenciás teszt lebonyolításakor azonban – amikor is a 0-40 Hz tartományban valamennyi frekvencia egyidejűleg jelen van – jelentősek az eltérések. Jellemzésül közöljük a 3. ábrát, melyen a kívánt gyorsulásjel amplitúdóspektrumára rajzolva látható annak a gyorsulásjelnak a spektrumburkológörbéje, amely az elméleti elmozdulásjellel való gerjesztés esetében mérhető. Természetesen, az eltérés a kísérlet megvalósítását ellenőrző gyorsulás-válaszspektrumban hasonló mértékű.



4. ábra A korrekciós algoritmus

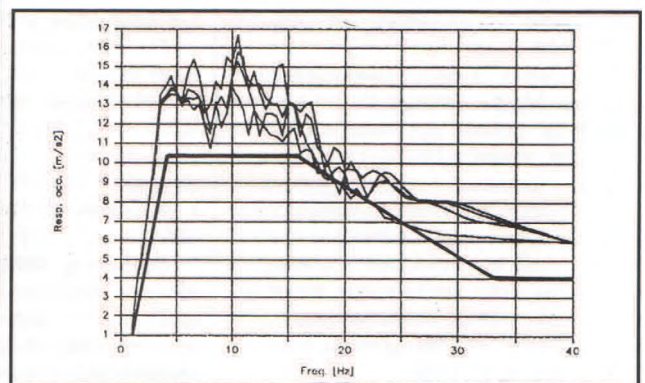
## A megoldás

Az elmozdulás alapjel olyan módosítása a megoldás, amely a megvalósított gyorsulásjelet jobban hasonlatossá teszi a kívánt gyorsulásjelhez. Amennyiben egy ilyen korrekciós eljárás kidolgozható, annak ismételt alkalmazása (elvileg lehetővé teszi a kívánt gyorsulásjel tetszés szerinti pontossággal való realizációját. Az eljárás alkalmazásához a számítógép – mivel az alapjel előállításához amúgy is szükséges – rendelkezésre áll.

A módosítást végző program blokkvázlata a 4. ábrán látható. A program bemenő paramétere a megvalósítani kívánt gyorsulás-idő függvény mintavételezési frekvenciája és az ezzel a frekvenciával mintavételezett  $a_a(t)$  függvény  $n$  számú értéke. (A továbbiakban a jelölésben nem teszünk különbséget a folytonos analóg függvény és ennek mintavételezett digitális reprezentációja között.) Első lépésben a program meghatározza a kívánt gyorsulásjel Fourier transzformáltját ( $A_a(jw)$ ), majd ebből az elméleti elmozdulásalapjel  $S_a(jw)$  Fourier-transzformáltját, melynek inverz transzformáltja ( $s_a(t)$ ) lesz az alapjel első közelítése. Ezt az alapjelet (célszerűen a D/A konverter  $\pm 2047$  terjedelmű tartományába normálva, egyidejűleg az alapjelképző analóg erősítő kivezérését a kívánt amplitúdónak megfelelően beállítva) a D/A konverteren (és aluláteresztő szűrőn) keresztül a szabályozásra vezethetjük. A szabályozás megvalósít valamilyen – a kívánthoz többé-kevésbé hasonló – rezgést, melynek  $a_e(t)$  gyorsulását a D/A konverzióval egyidejűleg az A/D konverteren keresztül a számítógép regisztrálja. Ez a jel szolgál a digitális vezérlésű tanulófolyamat ellenőrzőjeleként. (Az alapjel az  $a_a(t)$  előírt gyorsulás-idő függvény.) Az alap- és ellenőrzőjel összehasonlítását a frekvenciatartományban célszerű elvégezni (mert például a frekvencia változásával változó fázistolás hatása itt egyszerűen követhető, a spektrumok ábrázolásával a megvalósítás mértéke vizuálisan könnyen kiértékelhető stb.), tehát újabb FFT eljárás következik, mely előállítja az  $A_e(jw)$  ellenőrzőjel-transzformáltat. Az alapjel és az ellenőrzőjel transzformáltját egymásra rajzolva (a 3. ábra szerinti ábrázolásban) a megvalósítás mértéke vizuálisan könnyen megítélhető. Nyilvánvaló, hogy a numerikus transzformációs eljárásból fakadó hibák azonos sorozatokat azonos módon befolyásolnak, tehát két olyan időjel, melynek FFT-transzformáltja azonos, az időtartományban is azonos. Ugyanez igaz a végcélként elérendő előírt válaszspektrumra is. Az esetben, ha a két egymásra rajzolt spektrum különbsége az elvártnál nagyobb, azaz korrekcióra van szükség, egy korrekciós algoritmus a megvalósított  $A_e(jw)$  mért és  $A_a(jw)$  kívánt transzformáltak viszonyának megfelelően a frekvenciatartományban módosítja az  $S_a(jw)$  elmozdulás alapjelet és az így módosított  $S'_a(jw)$  transzformálttal az előző ciklust ismétli. Néhány ismétlés után a kívánt gyorsulásfüggvény kellő pontossággal előállítható.

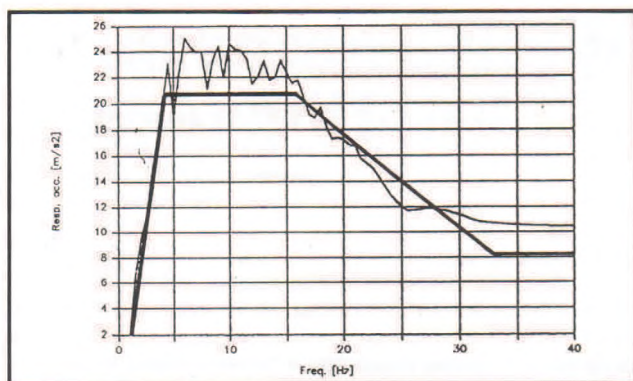
## Az eredmények

A multifrekvenciás teszt lebonyolításához [1] két különböző intenzitású (ún. tervezési és maximális méretezési szintű) gyorsulásjelet igényel, melyek időbeli lefolyása tetszőleges lehet, az időfüggvényekből számítható gyorsulásválaszspektrumok azonban az 5. ill. 6. ábrán



5. ábra Négy tervezési szintű MF-teszt gyorsulás válaszspektruma





6. ábra Maximális méretezési szintű MF-teszt gyorsulás választék spektruma

feltüntetett burkológörbékét felülről kell, hogy közelítsék. Egy próbatárgynak négy tervezési szintű „földrengést” követően egy maximális méretezési szintű „földrengést” kell elviselnie. A tényleges próbák a kísérleti darabokat az előírtnál nagyobb mértékben vették igénybe, mivel az előző pontban ismertetett korrekciós algoritmus általában csak a negyedik-ötödik futás után produkált a teljes tartományban konzervatív eredményt. A 3. ábrán az amplitúdóspektrumba rajzolva szemléltetjük a korrekcióval megvalósítható, elmozdulásalapjelből nyert gyorsulásspektrum burkológörbéit, az 5. és 6. ábrán pedig a szabvány követelményeit kielégítő mért gyorsulás-választék spektrumokat mutatunk be. Az ábrákon látható, hogy a tervezési szintű földrengéseknél a korrekciós folyamatot nem feltétlenül vittük el a kívánt és a mért

választék spektrumok teljes illeszkedéséig – hiszen, ha a próbatárgy egy, az előírtat a teljes frekvenciatartományban meghaladó gerjesztést elviselt, a szabvány szerinti követelménynek (vonatkozó részében) eleget tett. A max. méretezési szint esetében közelítésünk óvatosabb – és pontosabb – volt.

Említsre érdemes, hogy a – kísérletek szempontjából szerencsére másodrangú – 30 Hz fölötti tartományban akkor is keletkezett (igaz, kicsiny) gyorsulásösszetevő, ha az (elmozdulás-) gerjesztőspektrumból ezt a tartományt teljesen kizártuk. Ennek oka a rázóasztal mechanikai jellemzőinek (csapágyazás, sajátfrekvenciák, szervoszelep stb.) tudható be.

A kísérletek során a megbízónál használatos 7 db műszerszerénytípus eredeti nagyságú modelljén, darabonként a két főirányban végeztük el a minősítéshez szükséges kísérleteket. A kísérleti darabokon mért gyorsulások analízisét a Geopard Kft. végezte el, eredményeikről várhatóan e folyóirat lapjain is beszámolnak.

**Irodalom**

- [1] IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations ANSI/IEEE Std 344-1975
- [2] Council of Tall Buildings, Group CL, 1980 TALL BUILDING CRITERIA AND LOADING. Chap. CL-2 Earthquake Loading and Response. ASCE, New York, 1978.
- [3] Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region. UNDP/UNIDO project RER/79/015. Vol 7. SEISMIC DESIGN CODES OF THE BALKAN REGION. Vienna, 1985.

923 094 071

**Korszerű számítógépes anyagkiválasztó és hőkezelő rendszerek**

A GTE Hőkezelő Központi Szakosztálya konstruktőrök és technológusok számára 1992. május 7-én klubnapot rendezett a korszerű számítástechnikai programok bevezetésének elősegítése céljából.

Ismeretes, hogy 1993. január 1. után Nyugat-Európa, mint a termékek és szolgáltatások piaca bezárul mindazon vállalatok előtt, amelyek nem tudnak eleget tenni az ISO 9000 szabványsorozatban megfogalmazott minőségbiztosítási követelményeknek. Ezeket ismertette összefoglalóban dr. Takács József előadásában és szakterületük szemszögéből elemezve rámutatott, hogy ezeknek csak a gyors és megbízható informatikai eszközök segítségével lehet megfelelni, hasznosítva a számítógépes anyagkiválasztó és hőkezelő rendszereket.

Szirmainé dr. Somogyi Szilvia előadásában négy számítógépes anyagkiválasztó szoftvert mutatott be. Elsőként egy francia szoftvert, a SICLOP-ot, melyet a CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques) fejlesztett ki. A SICLOP előírt mechanikai tulajdonságeggyűjtéshez választ megfelelő acélminőséget, előrejelzi a várható tulajdonságokat a keresztmetszet mentén, illetve optimális technológiát tervez. A szoftver saját adatbázisa mintegy 200 különböző acélt tartalmaz, de ez az adatbázis saját adatokkal bővíthető.

Másodikként a Dr. P. Sommer Werkstofftechnik GmbH. által kifejlesztett STAHLWIS-

SEN adatbázissal ismerkedett a hallgatóság. Az adatbázis az acélok igen széles köréről tartalmaz vegyi összetételei és mechanikai tulajdonság információkat, illetve diagramokat.

Az előadás még további két, a SACIT Acéltanácsadó Kft. által kifejlesztett anyagkiválasztó rendszert ismertetett. A bel- és külföldön egyaránt igen népszerű EQUIST 2.1. adatbázis 18 ország, az ISO és az Euronorm szabványok közel 8000 szabványos acélját tartalmazza. Az acélok összetételei, mechanikai tulajdonság információin kívül megtalálhatók a más országbeli ekvivalensek, valamint az acélok javasolt alkalmazási területei is. Az adatbázisból a felhasználó 50 különböző szempont figyelembevételével választhatja ki a legmegfelelőbb acélt.

A KORR korróziós információs rendszer a korróziós szempontok szerinti anyagmegválasztásban nyújt segítséget. Az adatbázis 15000 egyedi tapasztalatot, 300 közeg és 150 fémes szerkezeti anyag adatait tartalmazza, s így a korróziós szempont mellett még a mechanikai igénybevétel is figyelembevehető.

Dr. Smóling Kálmán és Csikós Gábor a Budapesti Műszaki Egyetemen kifejlesztett hőkezelési technológiatervező rendszert mutatta be, amely a gyakorlatban előforduló anyagkiválasztási és technológizálási feladatok megoldásának eszköze. A rendszer tárolja a szerkezetei és szerszámacélok hőkezelése

szempontjából lényeges adatait, valamint az üzem rendelkezésére álló hőkezelő berendezések jellemzőit. A programmal a gépkalkulációk és szerszámokra előírt tulajdonságokat – az anyag, a geometria és az üzemi adottságok figyelembevételével – gazdaságosan kielégítő hőkezelési technológia tervezhető és valósítható meg.

Dr. Réti Tamás előadásában egy fémtani-matematikai modellen alapuló számítógépes eljárást ismertetett, amely lehetőséget nyújt gázcementálási eljárások technológiai paramétereinek meghatározására az előírt anyagminőség, munkadarab geometria, kéregvastagság és felületi karbontartalom függvényében. A kifejlesztett számítógépes algoritmussal a cementálás optimalizálható, azaz olyan kétlépcsős – telítési és diffúziós ciklusból álló – technológia tervezhető, amelynél a teljes kezelési idő minimalizált. A szoftver üzemi körülmények között jól használható tekintettel arra, hogy kezelése különös szakértelmet nem igényel, a program futásideje 1 percnél kevesebb.

Az előadásokat nagy figyelemmel kísérte a hallgatóság, az előadókhoz folyamatosan intézték kérdéseiket, így kellemes, kollegális, fesztelen légkörben zajlott a rendezvény.

dr. Somogyi Szilvia

923 096 080



# Piaci követelmények és az ISO 9000 szabvány összefüggései

Dr. Varga Lajos\*

Mottó: Amíg a baj kicsi, nehéz észrevenni, de könnyű orvosolni.  
Amíg a baj nagy, könnyű észrevenni, de nehéz orvosolni.  
(Machiavelli)

Ma – és a jövőben egyre inkább –, Európát és a világot úgy kell tekinteni, mint egy hatalmas, többé-kevésbé nyílt piacgazdaságot, sok-sok ország együttesét, amelyben az egyes országok gazdasági potenciáljuk arányában töltenek be jelentős, vagy jelentéktelen szerepet. A világgazdaság működését meghatározó piaci mechanizmusok létezésétől egyetlen ország sem zárkozhat el, hiszen minden ország helyzetéből adódó funkciót tölt be a világpiacon hatalmas szerkezetében.

Ahhoz, hogy ez a mechanizmus racionálisan dolgozzon, működni kell az egész rendszer egyes részeit összehangoló rendező elvnek. Divatos kifejezéssel élve az egyes országoknak egymással „kompatibilis” módon kell együttműködniük.

E kompatibilitás biztosításának egyik lehetséges módja a világon a nemzetközi normák, szabványok rendszere. Az Európai Közösségeken belül kialakított és folyamatos fejlesztés alatt álló normatívák célja a kereskedelem útjában álló akadályok megszüntetése.

Ezen normatívák és egyéb fontos intézkedések (szabad tőkemozgás, munkavállalás szabadsága, vámhatárok lebontása stb.) hatására a jövő évtől egységes európai piac alakul ki 350 millió fogyasztóval, amely a fejlett országok legnagyobb piacát jelenti (az USA 250 millió, Japán 120 millió fogyasztót jelent). Ennek a világgazdaságban meghatározó jelentőségű piacnak a fejlődését más földrészek országai is nagy figyelemmel kísérik a gyors alkalmazkodás érdekében, hiszen minden termelő tudatában van annak, hogy a piaci térnyerés növelésének, a versenyképesség fokozásának legbiztosabb záloga a kiváló minőségű termék és szolgáltatás.

A világon a minőségre vonatkozó alapszabványrendszer, amelyet az International Standard Organisation (ISO) dolgozott ki a kontinens legjobb szabványügyi szakértőinek több éves munkájával a nyolcvanas évek közepén.

E szabványrendszer jelentőségét bizonyítja, hogy az ISO 9000-et ezidáig a világ több mint 30 országa változtatás nélkül, vagy kisebb korrekciókkal átvette saját nemzeti normarendszerébe és ez a folyamat rohamosan terjed.

Jogosan merülhet fel a kérdés az ISO 9000 (EN 29000) működőképességét illetően, hiszen köztudott, hogy annak alkalmazása nem kötelező. A magyarázat abban lelhető fel, hogy az ISO 9000 nem az adott termékek – sokszor vitatható és nehezen mérhető – specifikációit, minőségi paramétereit rögzíti, hanem a termék, vagy szolgáltatás fejlesztési folyamatától a gyártáson, raktározáson, szállításon keresztül a vevőszolgálattal bezáródó teljes folyamat alapkövetelményeit rögzíti annak érdekében, hogy elérhető és garantálható legyen a legkiválóbb minőség.

Az ISO 9000 szabványsorozat normatívái azokat az irányelveket, útmutatásokat foglalják egységes rendszerbe, amelyeket minden olyan szervezetnek teljesíteni kell, amely biztos akar lenni abban, hogy termékei, szolgáltatásai tartósan megbízható minőségűek lesznek. Ezek az irányelvek olyan általánosan vannak megfogalmazva, hogy azokat minden szervezetnél alkalmazni lehessen, legyen szó ipari vagy szolgáltató, kis vagy nagy méretű szervezetről. A szabványsorozat megalkotói feltételezik azt a szakértelmet, amely az általános szempontoknak a speciális körülmények közötti alkalmazásához szükséges (ez a szakértelm, know-how általában a felkészült minőségügyi tanácsadó cégek képessége).

## Az ISO 9000 normarendszer felépítése

Az ISO 9001-9003 szabványsorozat a szállító és a megrendelő közötti kapcsolatra irányul, ezen belül:

- a legátfogóbb az ISO 9001, mert a vállalat valamennyi szervezeti egységét érinti, vagyis a fejlesztések, a konstrukciótervezés, a termelés, szerelés és a vevőszolgálat alapelveit foglalja magába, tehát a legigényesebb termelő rendszerek kezelésére alkalmas,
- az ISO 9002 a termelési és szerelési folyamatok irányelveit foglalja össze,
- az ISO 9003 a végellenőrzés és tesztelés szempontjait tartalmazza.

Ezt a három szabványt, amely a szállító megrendelő kapcsolatokat szabályozza, nem szabad egymást kizáró alternatívának tekinteni, az optimális minőségbiztosítási rendszer ezek alapelemeinek kombinációjából is származhat.

Az ISO 9004 szabvány a minőségbiztosítás teljes rendszerét írja le, beleértve a szervezetek belső ügyeit is.

Végezetül az ISO 9000 szabvány útmutatást ad arra, hogy az előző négy szabványt hogyan alkalmazzuk.

Természetesen az ISO 9000 szabványok nem kötelezőek, nem utasítanak, hanem szolgálhatnak. A gyártó vagy a szabványban foglalt megoldást választja és akkor könnyen bizonyítani tudja, hogy terméke megfelel a piac igényeinek, vagy más megoldást választ. Utóbbi esetben viszont kénytelen sokkal nehezebben bizonyítani, hogy az így módon előállított terméke megfelel a követelményeknek. Ezt rendszerint költséges vizsgálatokkal kell bizonyítani.

## Az ISO 9000 sorozatból melyik szabványt célszerű választania egy vállalatnak?

A szabványsorozat magját alkotó ISO 9001-9002-9003 szabványok közül kell választania egy vállalatnak a minőségbiztosítási rendszere kialakításához, ha a nemzetközi piacon akar maradni vagy erre a piacra szándékozik betörni.

A választást különböző körülmények determinálják:

- Gyakorta a vevők igénybejelentése eldönti a kérdést. Számos kelet-európai vállalat kapott levelet nyugati partnerétől, amelyben az ISO szabványok valamelyikének megfelelő minőségbiztosítási rendszer meglétére kérdeznék rá.
- Bizonyos iparágakban a jellemző tevékenységek alapján a gyártók már kialakították egységes véleményüket. Az autóipar, a tartós fogyasztási cikkek előállítói ISO 9001 szerint működnek. A papírpar, az olajipar, a nehézszerelési képviselői ISO 9002 szerint dolgoznak. A nagy minőségvizsgáló laboratóriumok, a kereskedőházak ISO 9003 szerint minősítették magukat.
- Bizonytalan, kétes helyzetben (határterületek) a tanácsadó cégek rövid felmérés és tapasztalataik alapján megmondják a választandó szabványt.
- A nemzetközi tanúsító testületek jogosítványaik alapján bármikor megadják a választ az érdeklődő cégek számára.

\* SENSOR\*HANDLEY-WALKER Tanácsadó Kft.



*Ki adja ki a tanúsítványt a vállalat számára?*

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) közvetlenül nem ad ki tanúsítványt, hanem tanúsítási jogokat adott ki több nemzeti szabványügyi hivatalnak (pl. BSI, DIN), valamint tanúsító irodáknak, amelyek mint regisztrált tanúsítók az ISO nevében eljárhatnak.

*Hogyan, mennyi idő alatt és mennyi időre szerezheti meg a vállalat a megfelelő ISO 9000 szabványra a tanúsítványt?*

Bármely tanúsítvány (ISO 9001-9002-9003) megszerzését is célozza meg egy vállalat, az erre való felkészülés időszaka kb. 10-12 hónap, még akkor is, ha a vállalat a legcélszerűsággal cselekszik, tapasztalt külső tanácsadók segítségével halad a meg-célzott állapot felé, és a cégnél léteznek az elvárt rendszerelemekhez igen hasonló előírások és minőségügyi gyakorlat.

A Nemzetközi Tanúsító Testületek – a bevezetési időszak után! – legalább 3 hónapos próbaműködési időszakhoz kötik az első tanúsító látogatásuk legkorábbi időpontját, mivel a szabványban meghatározott dokumentálási rendszer adatokkal való feltöltődéséhez és annak vizsgálhatóságához ennyi idő minimálisan szükséges.

A tanúsítási folyamat során a tanúsító testületnek fizetni kell:

- egy meghatározott eljárási díjat a tanúsítványért (regisztrációs díj),
- a testület szakértőjének napi szakértői díját az auditáló látogatás során,
- a szakértő(k) helyszínen tartózkodásával kapcsolatos dologi kiadásokat (szállás, utazás).

A tanúsítvány érvényességi ideje 2-3 év, amely után a tanúsítvány megújítandó. A megújítás költsége kb. a megszerzés költségeinek a fele, feltételezve, hogy a tanúsító testület 2-3 év után is mindent rendben lévőnek talál. A tanúsító testület fenntartja magának a jogot arra, hogy az egyes érvényességi időszakok során – előzetes bejelentés alapján – felülvizsgáló látogatásokat tegyen az adott vállalatnál.

Látható, hogy a bevezetett minőségbiztosítási rendszer folyamatos karbantartást igényel és jelentős kockázattal, valamint anyagi veszteséggel jár a tanúsítvány elvesztése, ami ellen csak jól kiépített kockázatcsökkentő tényezők védenek.

*Miért van szükség egy tanácsadó cég segítségére?*

A vállalatok világszerte – így Magyarországon is – általában kiváló szakemberekkel rendelkeznek a termékek minőségellenőrzése területén, viszont a legkritikább esetben található olyan első szakember, aki az egész vállalati szervezet, az összes működési folyamat minőségét meg tudja ítélni. Ezért érhető az a megfigyelés, hogy az ISO 9000 szabvány-sorozat 1987-es életbelépése óta még nem volt olyan vállalat, amely ne külső tanácsadó cég segítségével szerezte volna meg a nemzetközi ISO 9000 Tanúsítványt, mert ezek a vállalatok felismerték a tanácsadók alkalmazásában rejlő két előnyt:

- a költség- és időmegtakarítást és azt, hogy
- a Tanúsítvány meg nem szerzésének vagy elvesztésének kockázata a minimálisra csökken.

A tanácsadó alkalmazása *költségmegtakarítás*, mert:

- az ISO 9000 szabványsorozat szerinti minőségbiztosítási rendszer önálló bevezetése során legalább 5-6 vállalati szakembert kellene foglalkoztatni teljes munkaidőben úgy, hogy a bevezetés minden tétváltját és csapdáját ezek a szakemberek tapasztalják meg.
- a szakembereket csak drága külső oktatási intézményekben lehetne ISO 9000 szakértőkké képezni, amíg a tanácsadók – programjuk részeként – automatikusan átadják ismereteiket.
- a sikertelen tanúsítási kísérlet ugyan annyiba kerül, mint a sikeres és a 3.-4. próbálkozással ezek a költségek már régen meghaladják a tanácsadók költségeit.

A tanácsadó alkalmazása *időmegtakarítás*, mert:

- az önálló bevezetés – a külső koordináció és kényszer hiányában – akár 3-4 évig is elhúzódhat.
- a tanácsadók – tapasztalataik alapján – a legcélszerűbb és egyben a leggyorsabb úton haladnak.

A tanácsadó a szükséges minimumra csökkenti az adminisztrációt és ezzel a rendszer bevezetése és működése során rengeteg munkaidőt takaríthat meg.

A tanácsadó alkalmazása *kockázatcsökkentés*, mert:

- a tanúsító testületek igényeit és szokásait személyes kapcsolataik alapján is jól ismeri a bevezető tanácsadó, így a tanúsítás során csökken a sikertelenség esélye.
- a tanúsító testület csak a tényfeltárással foglalkozik, azaz megmondja, hogy *mit*, de sohasem mondja el a *hogyan-t*. A tanácsadó ezt a hiányt pótolja.
- a tanúsító testület mindig támaszkodik a külső tanácsadó cég munkájára, jelentéseire, dokumentumaira, azokat fel is használja tanúsító tevékenysége során.
- a tanácsadó munkája során felhasználja más vállalatoknál szerzett gyakorlati tapasztalatait.
- a tanácsadó képes elszakadni az addig bevett gyakorlattól, mert őt nem befolyásolják a helyi szokások, hanem csak a szabványnak való megfelelésért dolgozik.

## Néhány kritikai megjegyzés az ISO 9000 szabványsorozattal kapcsolatban

Már említettük, hogy az ISO 9000 szabványrendszer csaknem az egész világon elfogadott, viszont ez nem jelenti azt, hogy ezeket dogmáknak tekintjük. Már ma bizonyos kritikának vannak kitéve:

- Egyes vélemények szerint túlságosan általánosak. Máshogyan viszont nem lehetne

őket a legszélesebb terjedelemben használni.

- Vannak olyan vélemények, hogy más mérce, pl. Baldrige árkrítériumai, vagy Deming árkrítériumai (amerikai és japán ár azon vállalatok számára, amelyek minőségben jelentős sikereket érnek el) és mások lényegesen igényesebbek.
- Sokak véleménye szerint nagyon sok kérdést hagy nyitva ez a szabványsorozat. Például megmondják ugyan, hogy mit tartalmazzon a minőségbiztosítási rendszer, de azt nem, hogyan lehet azt elérni.
- Az ISO 9000 szabványsorozat hibájául róják fel, hogy terminológiai következetlenségeket tartalmaz (egyszer minőségbiztosítási rendszer, másszor minőségi rendszer stb.), pontatlanságot abban a kérdésben, hogy a megjegyzések egyes megállapításokhoz csak magyarázatok, vagy a szabvány részét képezik-e.
- Nem adnak magyarázatot arra, hogyan nézzen ki a minőségügyi kézikönyv stb...

Ez mind lehetséges, de nem csökkenti e szabványok jelentőségét, amelyek egyesítették a mai világot abban a kérdésben, hogyan nézzen ki a minőségbiztosítási rendszer. Talán a legkomolyabb észrevételeket az ismert szakember, Joseph Juran teszi meg, aki azt mondja, hogy ezekben a szabványokban hiányolja a minőség állandó növekedésére irányuló intézkedéseket. Jelentős még Hersan, német szakember véleménye is, aki kifogásolja a minőség gazdasági kérdéseinek mellőzését.

Egyet kell értenünk azzal a nézettel, hogy a minőségbiztosítási rendszerek normáinak alkalmazása nem elegendő a minőség biztosítása érdekében. Az ISO 9000 normái csak a vállalati minőségbiztosítási rendszerrel foglalkoznak. A minőségbiztosítás teljes rendszerének az Európai Közösségek országában több fontos összetevője van. Talán a legfontosabb (az egyes országok és talán az egész világ szempontjából) az egészség, az élet, a környezet, a vagyon védelme a termékek vagy ipari folyamatok okozta károk ellen.

## Mi vár a magyar vállalatokra 1993. után?

Már napjaink is jól érzékelhető a hazai exportőrök számára, hogy az úgynevezett „világpiac” fokozatosan bezárul mindazon vállalatok előtt, amelyek nem tudnak egyidőben eleget tenni a következő követelményeknek:

- az exportálandó termék/szolgáltatás minősége elégítse ki a piac igényeit, sőt a fogyasztó látens elvárásait, elképzeléseit is,
  - a termék teljesítse a termékre vonatkozó nemzetközi előírásokat, eltérések nélkül (terméktanúsítás),
  - a gyártó/előállító rendelkezzen gyártóképességi minősítéssel,
- (Ez utóbbi követelményt az ISO 9000 SZABVÁNYSOROZAT írja le részletesen.)

A piacgazdaság törvényein kívül a Közös Európa – főleg saját belső piacának és fo-



gyasztóinak védelme érdekében – 1993. január 1. után bizonyos adminisztratív intézkedésekkel igyekszik kizárni a versenyből azokat a vállalatokat, amelyek nem az európai normák, elvárások szerint működnek.

Attekintésünket azzal a megállapítással zárhatjuk, hogy az ISO 9000 normarendszer alkalmazása közös európai nyelvet alkot, amely feltétele a termékek szabad mozgásának az egész, hatalmas európai piacon és részben a világpiacra is. Tekintettel a közelgő 1993. január 1.-i dátumra, minden gazdálkodó

szervezetnek ajánljuk az ISO 9000 szabványrendszer iránti élénk érdeklődést, mert így döntően befolyásolni tudják a külföldi piacon való részvételüket.

A magyarországi helyzet napjainkban nem mondható kielégítőnek sem a vállalatok felismerését, sem a külső szakértő cégek felkészültségét illetően.

A sokezer magyar vállalat közül, becslésünk szerint, legjobb esetben, 2-300-nál folyik jelenleg felkészítés az ISO 9000-re. Ezidáig egyetlen magyar vállalat, a MOL Rt. Tiszai

Kőolajfinomító Vállalat (TIFO) kapott a BSI-től ISO 9002 tanúsítást a Sensor-Handley-Walker felkészítésnek eredményeként.

ISO 9000 szerinti felkészítésre több tucat tanácsadó cég vállalkozik ma hazánkban, valóságos tapasztalatokkal, felkészültséggel viszont csak 10-20 rendelkezik.

A helyzet mindenestre kritikus, gyors cselekvésre van szükség!

923 097 064

## HÍREK

### A nyomástartó edények jobb minőségéért

A Richter Gedeon Gyógyszergyár Rt. gépészeti üzeme továbbfejlesztette a nyomástartó edények gyártásának minőségbiztosítási rendszerét. Ennek részeként kísérőként fejlesztette megvizsgáló eszköztárát.

Terveik véglegesítésébe, a februári Magyar Regula kiállításán, bevonták a Testor Bt. szakértőt is. Ennek eredményeként rendszerbe állították a Krautkrämer gyártmányú DME PC ultrahangos falvastagságmérőt – a Testor által kifejlesztett mérőprogramot használva –, az USK 7D ultrahangos hibakereső készüléket és a Microdur-2 hordozható keménységmérőt, az SPM gyártmányú A 2010 típusú csapágyanalizátort és az LDE-10 szivárgáskeresőt, a Testor gyártmányú MHK-4 típusú, hordozható örvényáramos repedésvizsgálót, (lásd

Anyagvizsgálók Lapja 1991/2. számát), a Heling cég UM-8 típusú járommágnesét és UV-lámpáit mágneses repedésvizsgálatokhoz.

Az RG cég lesz Magyarországon az első ARC-MET típusú, hordozható, optikai emissziós anyagösszetétel-elemző berendezés tulajdonosa, (az Outokumpu Electronics termékét az Anyagvizsgálók Lapja 1992/1. számában ismertettük). Az új rendszerre a Testor minőségbiztosítási szakértője elkészítette a Nyomástartóedény-gyártás termékminőség kézikönyvet. A minőségbiztosítás fejlesztésére fordított mintegy 12 millió Ft a Richter Gedeon Rt megbízható, jó minőségű termékeinek piacra jutását segíti.

K.P.

923 099 079

### A GTE – TÜV minőségbiztosítási tanfolyamairól

A TÜV Rheinland Hungária Kft. a Gépipari Tudományos Egyesülettel összefogva, – kezdetben csak német szakelődadokkal, majd Németországban kiképzett magyar szakelődadok bevonásával –, 1990. szeptembere óta napjainkig ötszáznál több, zömében felsőfokú műszaki végzettségű, vezető beosztású ipari szakembernek adott német–magyar nyelvű oklevelet a minőségbiztosítás alapvető ismereteinek sikeres elsajátításáért.

Az 50 órás intenzív, vizsgaköteles alaptanfolyam tematikája átfogja mindannak a lényegét, amelyet az ISO 9000 szabványsorozatról, a minőségbiztosítási rendszerek felépí-

téséről, a termékfelelősségről, a termékalkotásról, a minőségellenőrzés és folyamatszabályozás matematikai statisztikai módszereiről, valamint a minőségtanúsításról, a minőségügyi kézikönyvről tudni kell ahhoz, hogy a minőségért felelős szakember megkezdhesse vállalata minőségügyi helyzetének reális felmérését és a teendők számba vételét, továbbá, hogy megszerezhesse a minőségbiztosítási szakma magasabb szintű képzéseit további tanfolyamok elvégzésével. (Ezekről tájékoztat Eseménynaptár rovatunk részletesen.)

L.K.

### Az első hazai ÖVQ minőségbiztosítási tanfolyam

Az Osztrák Minőségbiztosítási Egyesület (ÖVQ), a Paksi Atomerőmű Rt. Oktatási Központjával együttműködve, június 9–17. között Pakson, a hazai energetikai vállalatok szakemberei számára nyolc napos, minőségbiztosítási alapozó tanfolyamot tartott. Bevezetés a minőségbiztosítás statisztikai módszereibe címmel.

A minőségbiztosítás fogalmait és rendszereit, az ISO 9000 szabványsorozat alapján Thomas Szabo, a Philips lebríngi gyárának minőségbiztosítási vezetője ismertette, míg a statisztikai módszerekről Georg Weissenber-

ger, a Siemens Austria minőségbiztosítási megbízottja tartott gazdagon illusztrált, nagy sikerű előadássorozatot és gyakorlatokat. A szakolmácsolást Rotko Sándor látta el kitűnően. Különös figyelmet és elismerést érdemel a háromkötetes tananyag szakmai fordítása és a német eredetivel azonos színvonalú szerkesztése.

A nemzetközi érvényű Q II képzést adó oklevél megszerzéséhez további négy tanfolyam elvégzése szükséges. Reméljük, a sikeresen megkezdett képzés folytatódik!

B.I.

### HÍRMONDÓKI

Korszerűsítette laboratóriumát, minőségbiztosítási, vagy állapotellenőrzési rendszerét? Új módszereket, eszközöket vezetett be? Konferenciákat, bemutatókat, tanfolyamokat vagy más szakmai rendezvényeket szervez? Tájékoztassa Ovlásóinkat mindezekről! – de más közérdekű szakmai dologról is. Postán, telefaxon vagy telefonon adja le híreit szerkesztőségünkbe: 1538 Budapest XII., Törpe u. 8., Pf. 528. Fax: 155-2618 Tel.: 155-9886 **Tudósítson az Anyagvizsgálók Lapjában!**

### A TESTOR kiállításai

**Karbantartási Konferencia**

Gyula, 1992. szeptember 8–10.

**Hőszolgáltatás '92 Konferencia**

Lillafüred, Palota Szálló, 1992. szeptember 14–17.

**TESTOR Termékbeutató**

RÁBA Oktatási Központ, Győr, 1992. szeptember 22–23.

**TESTOR Termékbeutató**

Csepel Művek, 1992. szeptember végén

**Energiaipari Távközlési**

**Seminárium és Kiállítás**

Balatonaliga, Club Aliga Üdülőközpont, 1992. október 7–9.

**Váratlan Meghibásodások**

**Konferenciája**

Siófok, OKGT üdülő, 1992. október közepén

**MECHATRONINFO '92 Konferencia és Kiállítás**

Budapest XI., Gazdagréti Lakótelep Mechatronikai Szakközépiskola–Gimnázium 1992. november 10–12.



# Kajdi Gyula köszöntése



Kajdi Gyula, az anyagvizsgálók „Gyula bácsi”-ja nemrég ünnepelte 80. születésnapját. Ebből az alkalomból az Anyagvizsgálók Lapja és a GTE képviselőjében Fücsök Ferenc köszöntötte és beszélgetett az ünnepelttel.

**AL:** – Az Olvasók és a GTE Roncsolásmentes vizsgálatok Szakbizottság tagjai nevében is köszöntelek és jó egészséget kívánok születésnapod alkalmából.

**K. Gy.:** Köszönöm a megemlékezést és a jókívánásokat...

**AL:** – Régi tisztelőid úgy ismernek téged mint aki évtizedeken keresztül vezette a Ganz-Mávag Anyagvizsgáló laboratóriumát. Az én korosztályom és a nálam fiatalabbak pedig a színvonalas roncsolásmentes vizsgálati témájú könyvek elismert szerzőjét tisztelik benned. Kérlek, mondd el, hol kezdődött műszaki pályád?

**K. Gy.:** – Talán ott, amikor apám a Monarchia haditengerészeténél kitanulta a hajógépész szakmát. Az Árpád csatahajón szolgált, majd leszerelése után önálló iparosként próbált megélni, de ez nehezen ment. Végül anyám unszolására a vasútnál mozdonyvezetőként helyezkedett el.

**AL:** – Úgy tudom, a Felvidéken születtél.

**K. Gy.:** – Nem. Én a Baranya-megyei Szentlőrincen születtem, de nem sokkal később apámat Érsekújvárra helyezték. Így lettünk aztán Trianon után felvidéki menekültek, vagonlakók. Két vasúti vagonban hoztak át minket, ahol a hathónapos öcsém a rossz körülmények miatt beteg lett és meghalt. Mint szüleim később mesélték, nagyon szép gyerek volt... Sok magyar gyerek halt meg akkor...

**AL:** –

**K. Gy.:** – Egy évig laktunk vagonban a Ferencvárosi pályaudvaron, amire elkészültek a vasutas házak és beköltözhattünk. Utána folytattam az elemi iskolát, majd a Vörösmarty reál gimnáziumban tanultam. Ma is ugyanott van az iskola és ugyanaz a neve. Négy év után apám kivett az iskolából, hogy valami gyakorlati pályára készüljek inkább. Így mentem egy év munka után a Felsőiparisiskolába.

**AL:** – A mai Bánki Donát Főiskolába.

**K. Gy.:** – Igen, az akkor egy nagyon jó, gyakorlati képzést adó iskola volt. Csak egy év gyakorlat és felvételi vizsga után lehetett bekerülni. A felvételin nemcsak matematika és mértan feladatok voltak, hanem egy hasábot is kellett reszelni. Ezen kívül helyesírás és versmondás is volt. A Himnusz első két versszakát, és egy szabadon választott magyar klasszikus versét kellett felmondani, nem mint művészi előadást, hanem memória próbát. Tudom, hogy ott dolgozol, ajánlom próbáljátok ki.

**AL:** – Majd ajánlom a főnökeimnek. Mikor végeztél?

**K. Gy.:** – 1931-ben, és egy évig nem tudtam elhelyezkedni. Akkor volt legnagyobb a világgazdasági válság. Először 1932-ben egy kis gépműhelyben mint műszaki tisztviselő dolgoztam, majd a Ganz-gyár vagonszerkezési osztályán rajoltam. 1935-38 között egy magánmérnöki tervezőirodában dolgoztam, ahol az OTI rendelőintézetek, kórházak és nagyobb épületek gépészeti felújításához készítettünk terveket. Ezt a munkát nagyon élveztem, még szabadságra se mentem, de apám rábeszélésére egy nyugdíjas állást kerestem. Egy rövid kitérő után a MÁVAG-Gyárban helyezkedtem el.

**AL:** – Milyen munkakörben kezdted?

**K. Gy.:** – A műszaki ellenőrzési osztályra kerültem, ahol akkor szervezték az anyagvizsgálatot, ahol először beosztott ellenőrként, majd osztályvezető helyettesként dolgoztam. Ebben az időben már Magyarországon is megindult a háborúra való felkészülés. A MÁVAG-ban repülőgépeket, harckocsikat, lövegeket gyártottak, amihez szükség volt korszerű anyagvizsgálatra. 1940-ben kezdték építeni azt a labort, ahol az anyagvizsgálók ma is dolgoznak. A háború végéig főleg mechanikai, mégneses röntgen és keménységvizsgálatokat végeztünk. A gépek egy része 1944-ben egy bombatámadáskor elpusztult, de a háború után sikerült néhány használt gépet beszerzni. A MÁVAG Pongrácz úti elektróda-

gyártó üzemét feloszlatták, onnan kaptuk a teljes metallográfiai laboratóriumot, valamint négy forgó-hajtógató fásasztógépet. Később egy 20 tonnás Schenck-féle húzónyomó fásasztógépet is vettünk.

**AL:** – Gondolom ekkor már nem helyettes voltál?

**K. Gy.:** – 1949-ben az önálló anyagvizsgálati osztály vezetőjét, Lukácsfalvi Tibort kinevezték a műszaki ellenőrzési főosztály élére, ami az anyagvizsgálók nagy vesztesége. Ő ugyanis egy nagyon jó képességű, több nyelven beszélő mérnök volt. Ugyanakkor engem az anyagvizsgáló osztály vezetőjévé neveztek ki. Tíz évet dolgoztam mint helyettes, és huszonkettőt mint osztályvezető, egészen nyugdíjba vonulásomig 1971. december 31-ig. Ha a következő 10 évet is aktívnak számítom, amikor még bejártam nyugdíjasként dolgozni, 42 évet töltöttem az anyagvizsgáló szakmában.

**AL:** – Milyen vizsgálatokat végeztek az osztályodon?

**K. Gy.:** – Az osztály létszáma fénykorában 80-90 fő között mozgott. Volt természetesen mechanikai vizsgáló csoport szakító-, fásasztó-, ütőgépekkel. Nagyon szerettem a metallográfiai laborban vizsgálni, ahová a csiszoló gépeken kívül még hőkezelő berendezések is tartoztak. Az üzemi hőkezelő műhelyekben nemcsak keménységet mértünk, hanem mágneses vizsgálatot is végeztünk. A roncsolásmentes vizsgálóknál ultrahangos és örvényáramos csoporton kívül külön radiológiai laboratórium működött, ahol röntgengépek, átvilágító berendezések és izotópok is voltak.

Ennek a labornak volt a vezetője Dobrova László, aki igen nagy szolgálatot tett a szakmai oktatás megszervezése és hosszú ideig a vezetése terén. Természetesen a labor irányítását is kitűnően látta el, sokat fejlődött akkor a radiológia nálunk. Három támaszpontjuk volt a gyárban, 25-30 emberrel dolgoztak.

**AL:** – Neked mi volt a kedvenc szakterületed? Amiket felsoroltál az túl sok egy embernek.

**K. Gy.:** – A metallográfiával és a hőkezeléssel kapcsolatos munkák. Elsősorban a gyártási selejtek okainak kivizsgálása és megszüntetésére javaslattevel, és természetesen az osztályvezetői adminisztratív feladatok elvégzése. Ezek mellett még hosszadalmas kutatómunkák is voltak, melyek nagyon megterheltek. Javasoltam, hogy német mintára válasszuk szét az anyagvizsgálatot két részre, kutatásra (Forschung)



és átvételi vizsgálatra (Abnahme). A terv megvalósítására sikerült megnyerni a Műegyetemről Vojnich Pált, aki sikeresen vezette hosszú éveken át a műszaki ellenőrzéstől független kutatási osztályt. Akkor lett megint sok munkánk amikor 1958-ban a Ganz-gyárat a MÁVAG-hoz csatolták.

**AL:** – Mi volt ennek a háttérben? Ma mindenki politikai indítékokat keresne.

**K. Gy.:** – Biztos hallottál az egyiptomi csapásról. Nem a bibliára gondolok, hanem ami a Ganzot sújtotta.

**AL:** – Hallottam, de mintha több is lett volna.

**K. Gy.:** – Igen, én úgy tudom ez volt az első. A Ganz motorokat szállított Egyiptomba, és az összes, 79 darabot, visszaküldték. A motoralkatrészeknél jelentkezett anyagkifáradási jelenségek és a csereszabotosság hiánya miatt reklamáltak az egyiptomiak. A MÁVAG akkori vezérigazgatója, Frösch Gusztáv az illetékes minisztériumnak felajánlotta a segítségét. Ajánlatát elfogadták, a két gyárat egyesítették, az anyagvizsgálat vezetésével pedig engem bíztak meg. Kezdetben csak a kész motoralkatrészek mágneses vizsgálatát végeztük el, később már az úgynevezett lépcsős próbakkal a kohóműben bevezettük az adagszelektálást. Az alkatrészek méretezését is ellenőrizték, most már az ismételt igénybevételek hatását is figyelembe véve. Így fordult elő például, hogy a dugattyúcsapszegek falvastagságát 2 mm-rel növelni kellett. Bevezették a szigorú csereszabotosságot a raktári készlet felülvizsgálatát és emlékezetem szerint több millió forint értékű alkatrészt kellett selejtezni. Így sikerült a minőségi reklamációkat megszüntetni.

**AL:** – Irodalmi munkásságodat ismerve én azt hittem a roncsolásmentes vizsgálatok a kedvenc témád. Hol kezdődött ezzel a területtel a kapcsolatod?

**K. Gy.:** – Már említettem, a MÁVAG már régen alkalmazta a röntgenvizsgálatot. Erre akkor került először sor, amikor a mozgonygyártásban szegecselt kazánok helyett német licence alapján hegesztett kazánokat kezdtünk gyártani. Az előírások szerint a varratokat ellenőrizni kellett, és ezt a Műegyetemre bíztuk. Onnan jártak ki felvételeket készíteni Gillemot professzor is, még mint tanársegéd, mászott a kazánokon. Később, a háború elején mi is vettünk néhány röntgengépet, de nem sokáig használtuk, mert az említett bomba ezeket is szétmorzsolta. A háború után megint az egyetemről jártak hozzánk, míg aztán nagy munkával beindítottuk saját laborunkat, a fiatal Dobrova László vezetésével.

Az 50-es évek elején mi is kaptunk a minisztériumból egy belga gyártmányú, majd

egy angol Kevin-Hughes ultrahangos vizsgálókészüléket. De ezek nem voltak még ipari munkára érettek. Lukácsfalvi Tibor kísérelte velük, de nem jutott eredményre, így nekem se volt jó véleményem róluk. Csak akkor változott meg a véleményem, amikor 1952-ben a Ruhrstahl-nál először egy Siemens, majd egy Krautkrämer USIP 2-t láttam működés közben.

**AL:** – 1952-ben? Hogy sikerült oda jutnod?

**K. Gy.:** – 1950-ben megkezdődött a jóvátételi mozdonyok gyártása. 1000 darab nagyteljesítményű gőzmozdonyt szállítottunk a Szovjetunióba. Ezekhez jó minőségű kazánlemezek kellettek, amit Nyugat-Németországból vásároltunk, és nekem kellett ezeket a lemezeket átvenni. 1950-ben kétszer voltam Suisburgban a Mannesmann cégnél, 51-ben a csehszlovákiai Vitkovicében és Hágában, és mint említettem 52-53-ban a Ruhrstahl-nál másfél évig. Hazatérésem után nem sokat örült a családom, mert 1954-57 között állandósult a ruhrvidéki átvételi munkám, ami a nehézkes vízumszerzés miatt szinte állandó kiküldetést jelentett. A munkák szünetében volt időm a korszerű anyagvizsgálatokkal, köztük az ultrahanggal is foglalkozni.

**AL:** – Mit tapasztaltál?

**K. Gy.:** – Elutaztam Kölnbe, ahol meglátogattam a fiatal Krautkrämer céget. Egy családi ház pincéjében dolgoztak a Robert Koch-strassén, és éppen a lemezvizsgáló készülékeket fejlesztették. Ezzel sikerült gyorsan és biztonságosan kimutatni a rétegződési hibákat. Később láttam üzem közben is és hazaérkezésem után a MÁVAG-nak is rendeltem belőle.

Egy rajnai hajókiránduláson megismerkedtem Türrrel, aki amellet, hogy jól harmonizált, a legjobb ultrahangos szakember volt a Ruhrstahl-nál. Dolgozhattam vele együtt egy hatalmas hengerművi henger vizsgálatán, ami több hetes, érdekes munka volt. Meggyőződtem arról, hogy lehet ezzel a módszerrel dolgozni. Azután az esseni Haus der Technikben, a Krautkrämer cég által rendezett ultrahangos tanfolyamot is látogattam.

**AL:** – Itthon sikerült elterjeszteni ezt az új módszert?

**K. Gy.:** – Mint említettem, ez 1952-ben volt és akkor nem sokat voltam itthon. De arra emlékszem, hogy Réti Pali meglátogatót, mert ők is kínlódtak a Kevin-Hughes készülékkel, és hallotta valahol, hogy én külföldön láttam jól működő ultrahangos berendezést. Elmeséltem neki tapasztalataimat, és azt hiszem, ők ezután vettek valamilyen német gyártmányú készüléket és kezdtek komoly fejlesztéshez. Ettől kezd-

ve mi is mindig beszereztük a legkorszerűbb készülékeket.

Sok modern mágneses repedésvizsgálót is beállítottunk a gyártó üzemekbe. A legmodernebb és legnagyobb a 4500 mm-es forgattyús tengelyek vizsgálatára alkalmas készülék volt. Egyszóval sok érdekes munkánk volt.

**AL:** – A GTE-vel mikor kerültél kapcsolatba?

**K. Gy.:** – A háború után hamarosan, hogy megalakult. Akkor már a 40-es évek eleje óta tagja voltam az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek. A GTE-ben pedig alapító tagja voltam az Ultrahangos Szakcsoportnak.

**AL:** – Bevallom én élvezettel olvasom és használom a roncsolásmentes vizsgálatok témájában írott könyveidet. Hol kezdődött ez a fajta munkád?

**K. Gy.:** – Mindig is vonzódtam a könyvekhez. Több mint 800 kötetes könyvtáram van, ebből 200 műszaki tárgyú. Tudok mutatni néhány olyan német könyvet, ami az országban biztos csak nekem van meg.

A sok jelentésen kívül, amit egy osztályvezetőnek írni kell, akkor kezdtem el kisebb füzeteket összeállítani, amikor a gépeink kezelését kellett megtanítani kevésbé képzett embereknek. Első kiadói munkám a „Gépipari meósok zsebkönyve” aminek az „Anyagvizsgálat” című fejezetét írtam. Ez a könyv nagy siker volt, 2600 példánya két hét alatt elfogyott. Sok lektoráláson és német fordításon kívül nyolc művem jelent meg. Például 1966-ban az „Edzhetőségi próbakkal szerzett tapasztalatok”, 1973-ban „Hegesztett kötések ultrahangos vizsgálatának problémái”, vagy az OMIK kiadásában a „Válogatott fejezetek a roncsolás nélküli anyagvizsgálatok köréből”. A roncsolásmentes – véleményem szerint pontosabb és szebb kifejezéssel élve a roncsolás nélküli – vizsgálatokkal foglalkozó könyveimet már nyugdíjasan írtam. 1984-ben az „Anyagvizsgálat mágneses és folyadékbehatolásos módszerekkel” című könyvem a Műszaki Könyvkiadó adta ki. Legutóbbi az „Anyagvizsgálat örvényáramokkal” már csak a Förster cég támogatásával tudott megjelenni, így is ki kellett hagyni egy részét. Ezt a fejezetét most rendezem, talán sikerül valahol kiadni. Címe: „Anyagvizsgálat hőelektromossággal”.

**AL:** – Biztos lesz érdeklődő, és akkor kiadó is. Reméltm sok hasznos könyvet fogsz még nekünk írni. Ehhez kívánok a egész anyagvizsgáló társadalom nevében jó egészséget. Köszönöm, a beszélgetést.

**K. Gy.:** – Én is köszönöm a jókívánásokat és az érdeklődést.



## Anyagvizsgálat-történet

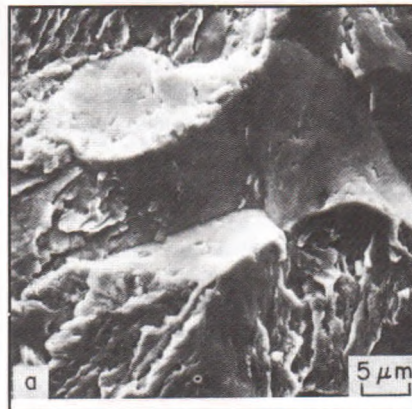
**AZ ELSŐ, UNIVERZÁLIS ANYAGVIZSGÁLÓGÉPET** *Lugwig Werder*, nürnbergi gépgyártó készítette el 1852-ben. Werder már korábban is tervezett olyan készüléket, amellyel vashidak szerkezeti elemeinek húzóterhelhetőségét vizsgálta. Ezt fejlesztette univerzális géppé, amely egyszerűen kezelhető és alkalmas volt szakító-, nyomó-, hajlító-, csavaró- és törővizsgálatokra. Az első modell legnagyobb erő kifejtése  $10^6$  N, a későbbieké  $5 \cdot 10^6$  N volt. A sokoldalú mechanikai anyagvizsgálat elterjedése óriási hatással volt és van a gépelemek és szerkezetek anyagtakarékos, megbízható és esztétikus mérnöki tervezésére. A mechanikai anyagjellemzők rendszeres vizsgálata az univerzális gépek elterjedésével kezdődött.

**Johan August Brinell** svéd fémkohász 1903-ban dolgozta ki a róla elnevezett keménységmérési eljárást.

**A PÁSZTÁZÓ (SCANNING) ELEKTROMIKROSKÓPOT** 1942-ben, az Egyesült Államokban *V. Zworykin, J. Hillier és Snyder* fejlesztette ki, amellyel 50 nm felbontóképességet értek el. A felgyorsított keskeny nyalábbbá összetartott elektronsugár soronként letapogatja és gerjeszti a tárgy felületét. A kilépő másodlagos elektronokat kollektor gyűjti össze, ami a katódsugárcsőben azonos fázisban haladó elektronsugarat vezéri. Ez a sugár jut a fluoreszkáló ernyőre és a tárgy nagyított, vetített képét állítja elő. Mivel a tárgy és a kép között nincs lencse, ezért a pásztázó elektronmikroszkóp mélységi élessége igen nagy – ezerszerese a fénymikroszkópénak –, így előkészítés nélkül tagolt felületű tárgyak, például töretek, közvetlenül vizsgálhatók vele. (Erre mutat példát az ábra, amely egy erősen ötvözött acél fáradásos törési felületéről ké-

szült.) Nem véletlen, hogy ezzel az eszközzel a fraktográfia minőségileg új korszaka kezdődött.

L.K.



## ESEMÉNYNAPTÁR

### Hazai rendezvények 1992-ben

**PORANAL '92** V. Szemcseméret-analitikai és portechológiai szimpózium.

Sopron, szeptember 14-16. Szervező: MATE, Tel.: 132-9571, Fax: 153-1406

Karbantartás '92 (nemzetközi részvétellel)

Gyula, szeptember 8-10.

Szervező: GTE, Tel.: 153-0749

### Tanfolyamok 1992-ben

#### GTE – TÜV MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI TANFOLYAMOK

**ALAPOZÓ**, 50 órás, vizsgaköteles tanfolyam a vállalati minőség szabályozásért felelős vezetők részére.

**KIEGÉSZÍTŐ**, 5 napos, vizsgaköteles tanfolyam az alapozót már elvégzettek részére. A sikeresen vizsgázók minőségbiztosítási szakember – QS-Fachkraft – képzéséről szóló GTE-TÜV magyar-német bizonyítványt kapnak. **Időpontok:** szeptember 7-11. és 21-25., október 5-9. és 26-30., november 2-6. és 16-20., november 30-december 4., december 14-18., valamennyi Budapesten.

**MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI SZAKEMBERKÉPZŐ** – QS-Fachkraft – 10 napos, intenzív tanfolyam a vállalati minőség szabályozásért felelős vezetők részére.

Előjelentkezés szeptember 15-ig.

A QS-Fachkraft képzés előfeltétele a magasabb fokozatú QS-Fachreferent – minőségbiztosítási szakelőadó képzés megszerzésének, amelyre 1993-ban indítunk tanfolyamot.

**MINŐSÉGÜGYI MEGBIZOTT KÉPZŐ** – QS-Beauftragter –, 12 napos intenzív tanfolyam mérnökök és technikusok részére.

Előjelentkezés szeptember 15-ig.

A minőségügyi megbízott képzés előfeltétele a magas szintű minőségbiztosítási szakellenőri – QS-Fachauditor – képzés megszerzésének, amelyre 1993-ban indítunk tanfolyamot.

### RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGALATOK

A nemzetközi irányelveknek és a 8016/1985. (Ip. K6) IpM számú rendelet alapján vizsgaköteles, képzést nyújtó középfokú (1), felsőfokú (2 és 3) és továbbképző (T) tanfolyamok októberben indulnak.

**Ultragangos** tanfolyamok U1 (16 nap), U2 (20 nap), U3 (15 nap), U2T (5 nap) és előgyakorlatok: U1 és U2 (5 nap).

**Mágneses**, penetrációs vizuális tanfolyamok: MPV1 (11 nap) és MPV2 (15 nap).

**Radiológus** tanfolyamok: R1, R2, R3 és R2T.

Jelentkezés: szeptember 10-ig.

### JELENTKEZÉS ÉS FELVILÁGOSÍTÁS:

GTE oktatási iroda, 1027 Budapest, Fő u. 68. III. em. 336.

Tel.: 202-1382 vagy 201-2011/456, 457

Fax: 201-7180 és 153-0818

### Nemzetközi rendezvények 1992-ben

3rd Int. Conf. on Low Cycle Fatigue and Elastoplastic Behaviour of Materials, Berlin, Németország, szeptember 7-11.

19th Leeds-Lyon Symp. on Tribology, Leeds, Nagy-Britannia, szeptember 8-11.

ECF9, European Conf. on Fracture Mechanics: Reliability and Structural Integrity of Advanced Materials, Varna, Bulgária, szeptember 21-25.

9th Danubia-Adria Symp. on Experimental Methods in Solid Mechanics, Trieste, Olaszország, október 1-3.

Int. conf. on Corrosion-Deformation Interactions Fontainebleau, Franciaország, október 5-7.

INTERKAMA '92 mérési és automatizálási innovációk kongresszusa és vására, Düsseldorf, Németország, október 5-10.

13th WCNDT, World Conf. on Nondestructive Testing, Sao Paulo, Brazília, október 18-23.

2nd Int. Conf. on Fracture and Damage of Concrete and Rock, Bécs, Ausztria, november 9-13.

9th Int. Conf. of the Israel Society for Quality Assurance, Jeruzsálem, Izrael, november 16-19.

### Kiállítások, vásárok 1992-ben

**Ausztria** – Intercad – nemzetközi CAD/CAM kiállítás Bécs, szeptember 29-október 3.

Intertool Austria – fémipari kiállítás, minőségellenőrző rendezések is, Bécs, szeptember 29-október 3.

**Cseh és Szlovák Köztársaság** – Nemzetközi Gépipari Kiállítás – mérő- és laborotechnika is; Brn szeptember 16-23.

**Németország** – AMB – Nemzetközi Fémfeldolgozási Kiállítás, Mérő- és ellenőrzőgépek lézer-eljárások is, Stuttgart, szeptember 1-5.

### Nemzetközi rendezvények 1993-ban

9th Int. Conf. on Wear of Materials, San Francisco, California, USA – április 13-17.

5th Symposium on Composite Materials; Fatigue and Fracture, Atlanta, Georgia, USA, május 4-6.

23rd Conf. and 17th Symp. of the Int. Com. on Aeronautical Fatigue, Stockholm, Sweden, június 7-11.

VIII. Int. Conf. on Fracture (ICF8), Kiev, Ukrajna, június 8-14.

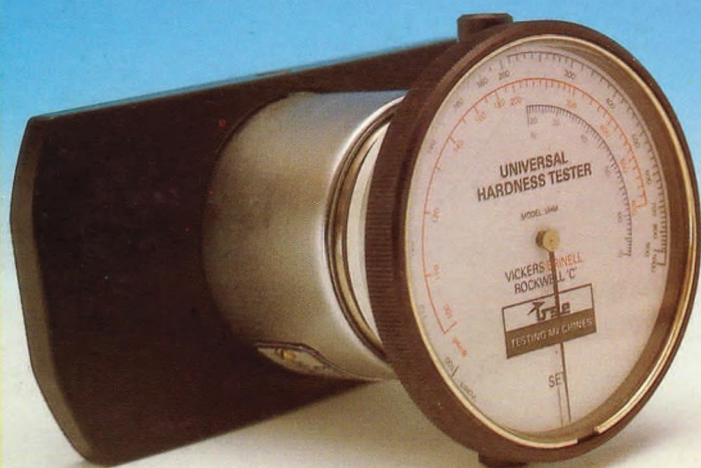
Eurotrib '93, 6. Nemzetközi Tribológiai Kongresszus, Budapest, augusztus 30-szeptember 2. Szervezők: GTE, MKE, MTA szakbizottság, Int. Tribology Council. Hivatalos nyelv: angol. Jelentkezés: MKE, Zakar A. Budapest, Fő u.68. 1027



# HORDOZHATÓ ÜZEMI KEMÉNYSÉGMÉRŐ

„Nyomd rá és olvasd le!”

- Gyors, tájékoztató adatokat ad
- Közvetlenül leolvasható HRC, HV illetve HB érték
- Vízszintes és függőleges mérési síkban egyaránt használható
- A mérési nyom parányi, így késztermék vizsgálatára is alkalmas



## TESTOR BT.

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

## Härteprüfung vor Ort mit Vickersdiamant – aufsetzen, eindrücken, ablesen –



- punktgenaues Messen
- sofortiges Ergebnis

Die Härteprüfgeräte vom Typ MICRODUR sind handlich, einfach zu bedienen und ermöglichen Messungen an jedem Prüfort. Die Anzeige erfolgt in Vickershärte (HV aus UCI) oder anderen Härteskalen durch Umwertung.

### Typische Einsatzgebiete

- schwer zugängliche Stellen, z. B. Zahnflanken
- galvanisierte Oberflächen, z. B. verkupferte Walzen
- schnelle Ermittlung von Härteverläufen, z. B. Schweißnähte
- automatisierte Prüfung, z. B. Ventilstößel
- jetzt auch mit Motorsonde lieferbar



# Krautkrämer

Ihr Partner für die Lösung von Prüfproblemen