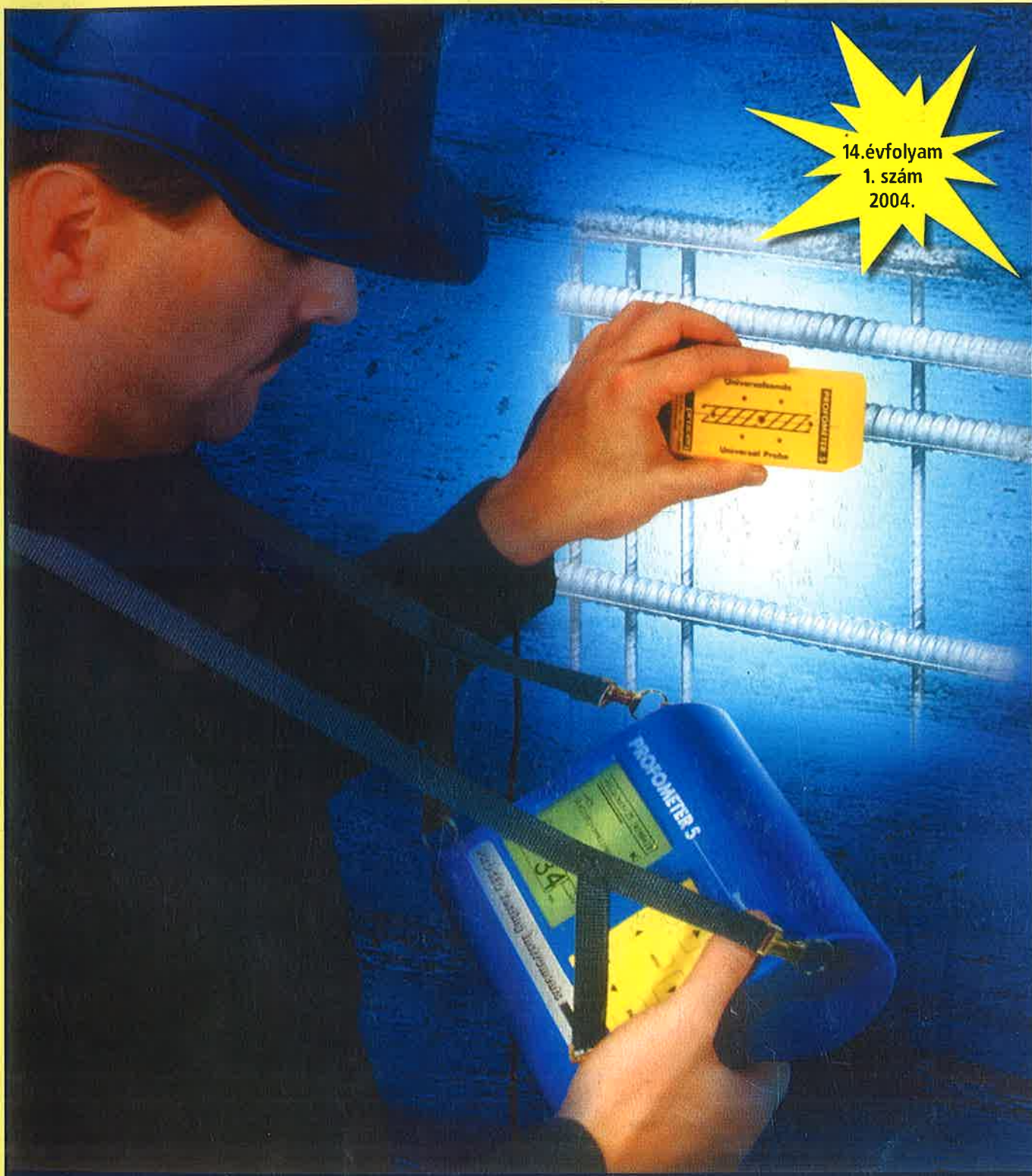


Stáin

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS • ÁLLAPOTELLENŐRZÉS



14.évfolyam
1. szám
2004.

PROCEQ PROFOMÉTER 5 betonvas-kereső és mérő

készülékek betonépítmények és -elemek vizsgálatára



PROFOMETER 5
a betonvas helyének és méretének beméréséhez



SCHMIDT-KALAPÁCS
közvetlen leolvasású készülékek a beton keménységének és szilárdságának méréséhez



DIGI-SCHMIDT-KALAPÁCS
elektronikus készülékek a beton keménységének és szilárdságának méréséhez



CANIN a betonba ágyazott vas korróziójának feltérképezéséhez



RESI ellenállás mérő a korróziós károsodás felderítéséhez



TORRENT permeabilitás mérő a fedő betonréteg minősítéséhez



TICO ultrahang készülék Repedések, üregek, fagy- és tűzkárok kimutatásához



DYNA kötésvizsgáló kézi készülék a fedőréteg, a bevonat felületi szilárdságának méréséhez



DYNA Z...E kötésvizsgáló elektronikus változatai

Forgalmazza:

TESTOR

www.testor.hu

06 (1)
06 (30)

319 1 319

ANYAGVIZSGÁLÓK LAPJA

Szerkesztőség:

a kiadó **TESTOR Kft.** címén
Budapest XII., Meredek u. 33.
1538 Budapest, Pf. 528.
Telefon: 319-1-319
Telefax: 319-2284
E-mail: info@anyagvizsgaloklapja.hu
info@testor.hu
Internet: www.testor.hu
Lapunk az interneten is olvasható:
www.anyagvizsgaloklapja.hu

Felelős szerkesztő:

dr. Lehofer Kornél

A szerkesztőbizottság tagjai:

dr. Borbás Lajos
Eur. Ing. Fücsök Ferenc
dr. Havas István
dr. Koczor Zoltán
dr. Pólos László
dr. Tóth László

Kiadja:

TESTOR Kft.

Felelős kiadó:

Szappanos György
ügyvezető igazgató

Előfizetési díj a 2004. évre

(1–4. szám): 2.240,- Ft

Előfizethető közvetlenül a kiadónál
a mellékelt, vagy az internetről letölthető
űrlap felhasználásával.

Hirdetések felvétele és kéziratok
leadása a TESTOR Kft. címén.

Nyomda:

KÁNAI NYOMDA KFT.

1225 Budapest,
Kolozsvári utca 67.
Felelős vezető: Kánai József

Előkészítés:

PC-Print Bt.

Tel.: 205-6399, 204-3688
E-mail: pcprint@chello.hu

FIGYELEM!
Le ne maradjon!
Idejében fizessen elő!

ISSN 1215-8410

Laptervünkről

Lapunk 14. évfolyamának első számát átnyújtva köszöntöm a tisztelt Olvasót! Szerkesztőbizottságunk és kiadónk, a Testor Kft. munkatársai nevében is kívánom, hogy ez évi terve sikeresen megvalósuljon!

Szerkesztőbizottságunk reméli, hogy az idei laptervünkhöz is megkapjuk szakmánk művelőinek önzetlen szakírói támogatását, amit ezúton is megköszönünk.

Laptervünk szerint az első számban – ígéretünkhöz híven – a Műszaki mechanika rovatunkban folytatjuk a 20. Duna-Adria szimpóziumon Győrben elhangzott előadásokból kiválasztott témák közzétételét, nevezetesen a küszöb érték közeli repedések terjedésének fémtani modelljét, illetve a különböző fajták törési mikrofolymatainak akusztikus emissziós és elektronmikroszkópos vizsgálati eredményeit ismertetjük.

Vezértémánkkal azonban a terméletes és a mesterséges építőanyagokból létesített épületek és építmények állapotellenőrzésének roncsolásmentes vizsgálati módszereire és eszközeire szeretnénk irányítani anyagvizsgálóink figyelmét. Azt tapasztaljuk ugyanis, – látva műemlékeink, vasbeton hídjaink romló állapotát –, hogy e téren a kiváló roncsolásmentes vizsgálóeszközök és módszerek rendszerbe szervezett hazai alkalmazása a gépészethez képest háttérben van. Ezért is időszerű az *Építmények védelme konferencia* (Ráckeve, március 23–24.), amelyre ezúton is felhívjuk olvasóink figyelmét.

Lapunk támogat egy *előadói ülést*, amely még ez év első felében lesz, terveink szerint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatói Klubjában (K. ép. I. em.), és amelynek témája: *a beton- és vasbeton építmények roncsolásmentes állapotellenőrzésének vizsgálóeszközeivel szerzett hazai és európai tapasztalatok a bemutatása.*

Minőségbiztosítási rovatunkban *A mérési tevékenység minőségirányítása* című cikk az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001-es szabvány új szemléletmódjával foglalkozik, amely elsősorban a vizsgálatok teljes körű áttekintését teszi lehetővé származás és elfogadhatóság szempontjából, másodlagosan a mérési bizonytalanság kezelését teszi más megközelítésűvé, mint korábban. Egy másik cikkünkben pedig a radiográfus szakemberek tárgyilagos minősítésének módszereit ismertetjük egy körvizsgálat tapasztalatai és eredményei alapján.

Műszeres analitika rovatunkban Inczédy János akadémikusnak, a ma már önálló diszciplínává fejlődött dinamikus rendszerek analitikai kémiája kezdeményezőjének legújabb könyvét – *Kémiai folyamatok műszeres ellenőrzése* – ismertetjük kapcsolódva a diszciplína széles körű alkalmazását szemléltető közleményhez.

Lapunk ez évi számainak vezértémáit az Eseménynaptár rovatunkban közölt hazai szakmai rendezvényeken elhangzó, új irányzatokat, eredményeket bemutató előadásokból választjuk. Így a 2. számban a miskolc-tapolcai Tudományos Hét rendezvénysorozat, a 3. számban a Gépészet 2004 anyagtudomány szekciójában bemutatott témákból közlünk válogatást, míg a 4. számban a vezértéma a hegesztés, a hegesztett szerkezetek vizsgálata, állapotellenőrzése lesz, kapcsolódva a BMF Bánki Donát Főiskolai Karának és a GTE Hegesztési és Anyagvizsgáló Szakosztályainak közös rendezvényéhez.

Szakmai közösségünk munkája ez évtől kezdve mind gyakrabban összefonódik majd az Európai Unió tagországainak szakmai közösségeivel. Ezért is, de mert lapunk eljut a környező országok szakmai közösségeihez, továbbá mert lapunk olvasható az interneten a www.anyagvizsgaloklapja.hu címen, szerkesztőbizottságunk kéri cikkíróinkat, hogy az elektronikus formában is beküldött kézírataikhoz csatolják mondandójuk tézisszerű összefoglalását angol vagy német nyelven is.

Ezúton köszönöm szakmai közösségünk érdeklődését! Szerkesztőbizottságunk változatlanul kéri és várja – a határainkon innen és túl dolgozó – szakértőink közös ügyünket szolgáló, önzetlen cikkírói segítségét csakúgy, mint hirdetőink, előfizetőink és nem utolsósorban az Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány valamint kiadónk, a Testor Kft. lapunk nyomdai és elektronikus megjelenéséhez nyújtott anyagi támogatását!

Továbbra is szerkesztjük együtt az Anyagvizsgáló Lapját!

Lehofer Kornél
felelős szerkesztő

Lapunk nyomdai és elektronikus megjelenését
az **Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány** támogatja.

Köszönjük!

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS – Építészet – CONDITION CONTROL – Architecture – ZUSTANDKONTROLLE – Architektur		
<i>TÖRÖK Ákos:</i>		
Műemlékek kőzeteinek anyagvizsgálata Investigation of rocks built in historic buildings Gesteinprüfungen auf der Denkmäler	3	
VIZSGÁLTATI MÓDSZEREK – Beton – TESTING METHODS – Concrete – PRÜFMETHODEN – Beton		
<i>KAUSAY Tibor:</i>		
Mederburkoló betonelemek hajlító-húzó szilárdságának meghatározása Determination of bend-tensile strength of the concrete channel elements Bestimmung der Biegezugfestigkeit von Betonfertigteile für Flußbett	4	
<i>NEMES Rita:</i>		
Hulladékok felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása Shrinkage of light concrete made with building wastes Schwindung der Leichtbetons mit Baustoffapfälle	6	
BEMUTATJUK A ... LABORT – THE ... LABORATORY IS INTRODUCED – WIR STELLEN DAS LABOR ... VOR		
<i>ARANY Piroska:</i>		
A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék akkreditált Anyagvizsgáló Laboratóriuma The accredited material testing laboratory of Department of Building-materials and Engineering Geology of BME Akkreditiert Laboratorium für Materialprüfung der Lehrstuhl für Baustoff und Technische Geologie von BME	8	
HÍREK – NEWS – NACHRICHTEN	8, 35	
KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK – INSTRUMENTS, EQUIPMENTS – GERÄTE, ANLAGEN		
<i>MOHÁCSI Gábor:</i>		
Az épület- és építménydiagnosztika néhány hordozható eszköze Some portable testing instruments of the building diagnostic Einige tragbare Prüfgeräte für Baudiagnostik	9	
KÍSÉRLÉTI MECHANIKA – Törésmechanika – EXPERIMENTAL MECHANICS – Fracture mechanics – EXPERIMENTALMECHANIK – Bruchmechanik		
<i>G. NICOLETTO, D. FERSINI:</i>		
Near threshold fatigue crack growth in coarse-grained magnesium alloy Küszöbérték közeli fáradt repedés növekedése durva szemcsés magnéziumötvözetben Ausbreitung der Ermüdungsriß von nahe Schwellenausmaß in grobkörnige Magnesiumlegierung	11	
<i>KÁNNÁR Antal:</i>		
Különböző fafajok törési mikrofolymatainak feltárása akusztikus emisszióval és elektronmikroszkóppal Investigation of micro-damage processes of wood using acoustic emission and electron microscope Prüfung der Mikroschädigungsprozeß von verschiedene Hölzer mit akustische Emission und Elektronenmikroskop	14	
ANYAGOK – MATERIALS – MATERIALEN		
<i>Jacek BOMBA, Jerzy KALETA, Pawel SAWA:</i>		
An initial investigation into the change in magnetomechanical properties of terfenol-d rod due to prestress and temperature Az előterhelés és a hőmérséklet hatásának vizsgálata a terfenol-d rudanyag magnetomechanikai tulajdonságaira Wirkung der Vorbelastung und Temperature für magnetomechanische Eigenschaften der Terfenol-d Legierung	19	
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS – QUALITY ASSURANCE – QUALITÄTSSICHERUNG		
<i>KOCZOR Zoltán, GÖNDÖR Vera, GERGÁSZ Tibor:</i>		
A mérési tevékenység minőségirányítása Quality direction of measurements Qualitätslenkung der Messungen	22	
<i>FÜCSÖK Ferenc:</i>		
A roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet megbízhatóságának mérése, 3. rész Egy radiográfiai körvizsgálat eredményei és tapasztalatai Reliability performance of the NDT inspectors. Results and experiences of a round robin test Messung der Zuverlässigkeit von ZfP-Personale, 3. Teil. Ergebnisse und Erfahrungen einer radiographischer Rundprüfung	25	
MŰSZERES ANALITIKA – ANALYSIS WITH INSTRUMENT – INSTRUMENTELLE ANALYSE		
<i>PAPP Lajos, SZÁNTÓ Zsuzsa:</i>		
Mobilizálható kalciumtartalmú agyagásvány-pakolás és a kalcium mozgékonyságának vizsgálata szinképanalitikai módszerrel Clay patches containing removable calcium and study of calcium mobility by spectral analysis Mobil kalciumhaltige Tonmineral-Packung und Beweglichkeitsprüfung der Kalcium mit Spektralanalyse	30	
KÖNYVISMERTETÉS – BOOK REVIEW – BUCHBESPRECHUNG		33
SZABVÁNYOSÍTÁS – STANDARDISATION – NORMEN		
<i>SZABÓ József:</i>		
A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatának szabványai Standards for NDT of welds Normen für ZfP der Schweißverbindungen	34	
Új, nemzeti és nemzetközi szabványok – New national and international Standards – Neue National- und Internzinalnormen	34	
ESEMÉNYNAPTÁR – CALENDAR OF EVENTS – AKTUALITÄTKALENDER		36

Műemlékek kőzeteinek anyagvizsgálata

Dr. Török Ákos*

Bevezetés

Hazai műemlékeink többsége természetes kőzetekből épült. A műemléki kőzetanyag állapotának meghatározásakor körültekintően kell eljárunk, ezért legtöbbször roncsolásmentes vizsgálatokat alkalmazunk. Roncsolásos kőzetvizsgálati módszereket csak kisméretű kőzetmintákon, laboratóriumi körülmények között alkalmazunk. A legfontosabb vizsgálati módszereket és néhány ehhez kapcsolódó példát mutat be a cikk.

Vizsgálati módszerek

A műemlékek kőzetanyagának meghatározása az első lépés. A helyszíneken az alap kőzettípusok elkülöníthetők és besorolhatók az MSZ 18281 – 79 sz. szabvány alapján. A pontos kőzettani leíráshoz kisméretű minták laboratóriumi elemzése szükséges. A kőzetváltozások feldolgozásához a nem szabványosított hazai és nemzetközi szakirodalom áll rendelkezésre, és hosszú évek tapasztalata szükséges.

A kőzet megtartási állapotát leginkább fizikai tulajdonságainak változása jelzi. Kiindulásként a műemlékekbe beépített kőzet a bányából kikerülve ún. „üde” azaz az eredeti kőzet tulajdonságait hordozza. Ezek a tulajdonságok az időjárás hatására (csapadék, fagy, nap-sütés stb.) megváltoznak, és mállási folyamatok indulnak meg. Ezek hatását fokozhatja, gyorsíthatja az emberi tevékenység is. A kőzet mállásának előrehaladását néhány jelző tulajdonsággal jellemezhetjük és számszerűsíthetjük. Ezek helyszínen a műemlék épület kőzetanyagán is mérhetők, illetve a mállás folyamata laboratóriumi körülmények között is modellezhető. A legfontosabb, a mérnöki gyakorlatban és a műemlék épületek restaurálásánál közvetlenül felhasználható tulajdonságok közé tartozik a **szilárdság és a vízfelvételi képesség.**

A szilárdságot – az épületek műemlék jellegéből adódóan – roncsolásmentes módszerrel mérjük. Ehhez az eredetileg betonokra kifejlesztett *Schmidt-kalapácsot* és *Duroszkópot* használhatjuk. Mindkét műszer mérési elve az, hogy a kőzet felületi szilárdságát méri egy rugó által a kőzetfelszínre csapódó tömeg visszapatánási értékei alapján. A mérés nem a kőzet abszolút szilárdságát adja meg, hanem egy ún. visszapatánási értéket. Ebből az értékből következtethetünk a kőzetfelület szilárdságára, leginkább akkor, ha a helyszínen mért értékeket összevetjük a „friss” bányából származó kőzetek paramétereivel.

A pipás vízbeszívásos módszer terjedt el a műemlékvédelemben a kőzetek vízzel szembeni viselkedésének helyszíni megadására. Ennek a módszernek a lényege az, hogy egy mérőbeosztással rendelkező üveg pipát gitttel a kőzetfelületre rögzítünk és mérjük az adott időegység alatt a pipa kőzettel érintkező felületén beszívargó víz mennyiségét.

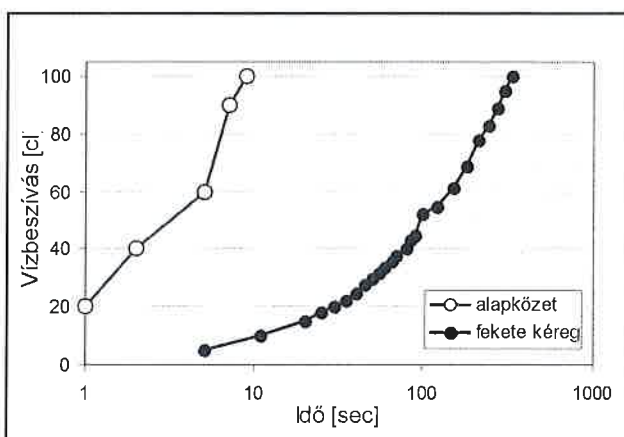
A kőzet szövetének és ásványos összetételének megváltozása a kőzet állapotának és a mállás előrehaladtának másik fontos ismérve. Ennek megállapítása a műemlék épület felületéről származó kisméretű minták alapján történik. A szöveti változások nyomon követésére 30 mikrométer vastagságú vékonycsiszolatot készítünk és azt *áteső fényben ún. polarizációs mikroszkóppal* elemezzük.

Ásványtani elemzés: A kőzet elváltozásainak optikai azonosítása mellett kisméretű minták műszeres ásványtani elemzésével pontos képet nyerhetünk a kőzet összetételéről. Ilyen esetekben a porított kőzetmintákat *röntgen diffrakciós* (roncsolásmentes) és *derivatográfus* (roncsolásos) módszerrel elemezzük.

Néhány példa a vizsgálati módszerek alkalmazására

A következő példákban budapesti műemlékek kőzetanyagának néhány diagnosztikai eredményét mutatjuk be. A budapesti műemlékek többsége mészkőből épült. Az egyik legelterjedtebb mészkőváltozat a durva mészkő (ismert még puha mészkő, oolitos mészkő néven is). Ez a mészkő érzékenyen reagál az időjárási viszonyokra és a légszennyeződésre, és különböző mértékű fizikai változásokat mutat.

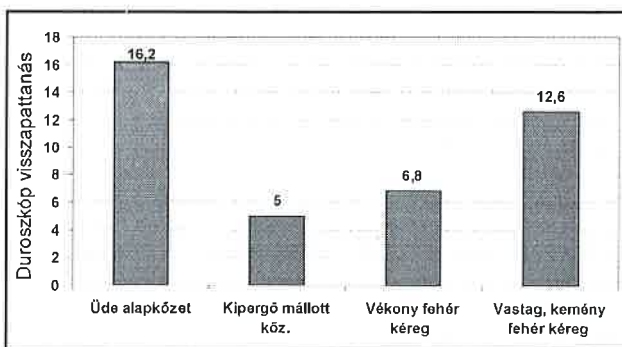
A durva mészkővön a mállás hatására világos színű és sötét mállási kéreg alakulhat ki. A világos mállási kéreg vízáteresztő képessége kissé az anyakőzeténél, hiszen pórusaiban másodlagos ásványok elsősorban gipsz és másodlagos kalcit válik ki. Ezt a változást nyomom lehet követni a kőzetfelület pipás vízbeszívási vizsgálatával (1. ábra).



1. ábra. Pipás vízbeszívás alapján elkülöníthető a részben vízzáró mállási kéreg és a vízáteresztő alapkőzet.

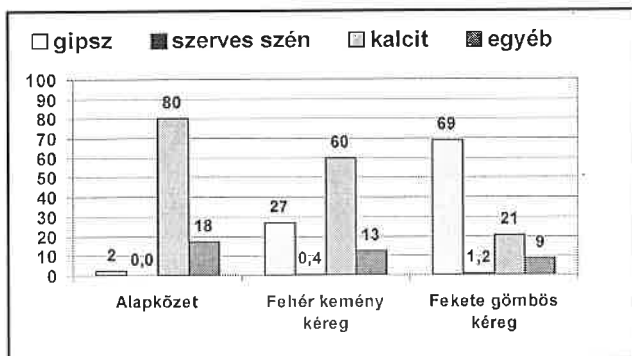
A kőzetfelületen kialakuló mállási kéreg felületi szilárdsága többségében nagyobb, mint a kéreg alatt található alapkőzeté. Ezt a szilárdsági különbséget jól mutatják a Schmidt-kalapácsos és a Duroszkópos mérések (2. ábra).

A mállási kéreg ásványtani összetétele is eltér az alapkőzetekétől. Az alapkőzet karbonátos ásványból, kalcitból áll, amely mellett, még néhány százalékban megjelenhet kvarc és földpát is. A mállási kéregben kimutatható gipsz az üde a bányából származó kőzetben nem található meg és így egyértelműen bizonyítható, hogy a kőzet kalcitjának és

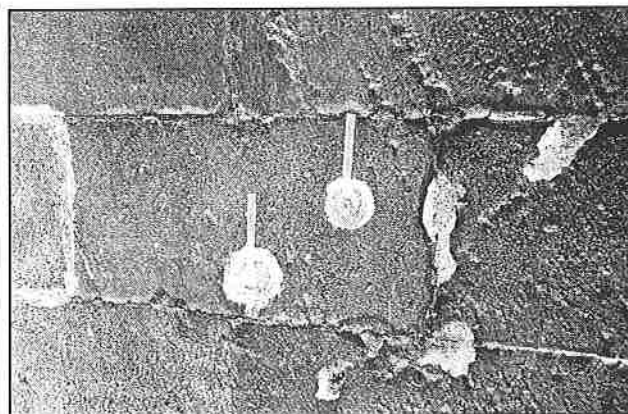


2. ábra. Duroszkópos vizsgálattal azonosítható a kőzet állapota, az üde kőzethez képest a mállott durva mészkő szilárdsága a töredékére csökken, de a mállási kéreg felületi szilárdságnövekedést okoznak.

* Budapesti Műszaki Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék, 1111 Budapest Stoczek u. 2.; atorok@epito.bme.hu



3. ábra. Röntgendiffrakciós és derivatográfus vizsgálattal kimutatott ásványtani összetétel; a mállott alapközethez képest a fehér és a fekete mállási kéregben nagy mértékben feldúsul a mállásra utaló gipsz ásvány.

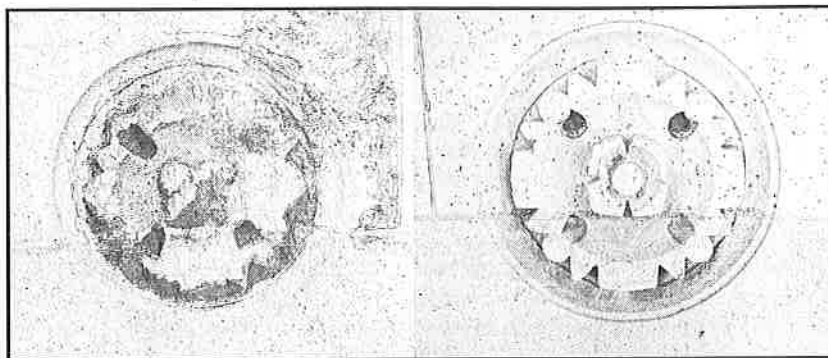


4. ábra. A fekete mállási kéreg színét a gipsz kristályokba beágyazódott, illetve a leülepedő por és korom adja (pipás vízbeszívásos mérés durva mészkőn, Mátyás-templom)

a légköri eredetű kén-oxidoknak (kén- és kénesav) a reakció terméke (3. ábra). Az így kialakult gipszdús kéregek közül a fekete kéreg elszíneződését az áttetsző gipsz kristályokba zárványként megjelenő fekete korom és por szemcsék adják (4. ábra).

Az erősen mállott durva mészkő épületek esetében a kőzet restaurálása sokszor nem lehetséges, így a durva mészkövet az időjárás és a légszennyezés hatásainak sokkal jobban ellenálló édesvízi mészkőre cserélik ki (5. ábra).

A kőzetek diagnosztikája a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok segítségével alapvető információval szolgál a műemlékek restaurálásához és állagmegóvásához.



5. ábra. Mállás hatásra tönkrement durva mészkőből készített díszítőelem, és a kicserélt édesvízi mészkő ornamentika, Országház Ny-i homlokzat

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Beton

Mederburkoló betonelemek hajlító-húzó szilárdságának meghatározása

Dr. Kausay Tibor

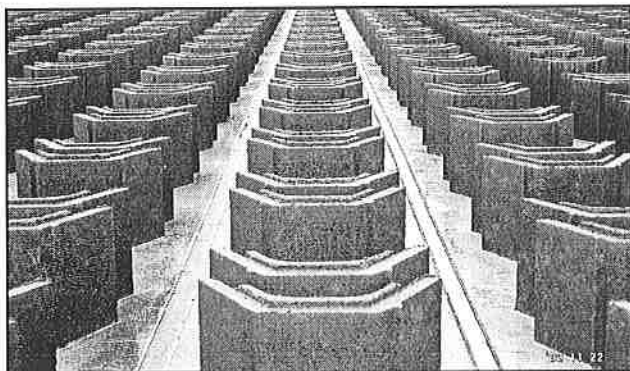
A csapadékvíz elvezető árok kialakításának kedvelt eszköze a gánti Dolomit Kőbányászati Kft. betonüzemének jó minőségű, két méretben, vibopréssel gyártott mederburkoló eleme (1. és 2. ábra).

A mederburkoló betonelemeket az útpadkára hajtó gépkocsik keréknyomásából adódó oldalirányú nyomás is igénybe veszi, ezért beépítésüknek feltétele a nyomatótéki teherbírás igazolása.

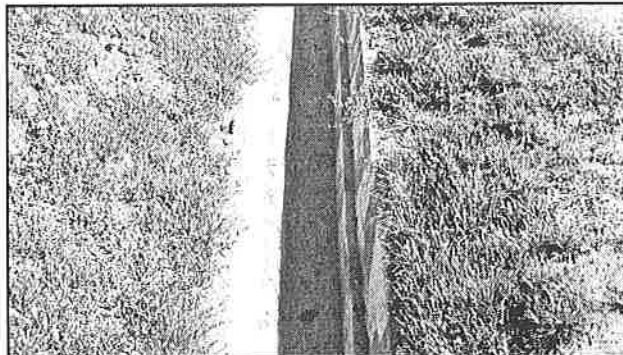
Ennek meghatározása laboratóriumban az elemek tömege, mérete,

különleges alakja miatt körülményes, ezért a törőerő méréseket a 30 kN nyomóerőt kifejtteni képes üzemi rakatológéppel végeztük el (3. és 4. ábra). A törőerőt a szabad elmozdulás érdekében felemelt betonelemeken mértük (3. ábra). A mérés elrendezése a 5. ábrán látható.

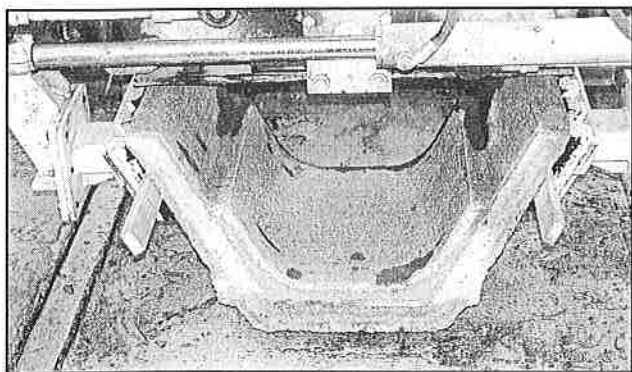
A mérés előkészítésekképpen a rakatológép fogókarjai közé hitelesített, 50 kN méréstartományú nyomódinamométert helyezve (6. ábra), három ismétléssel, 17 ponton mérve felvettük a rakatológép manométer



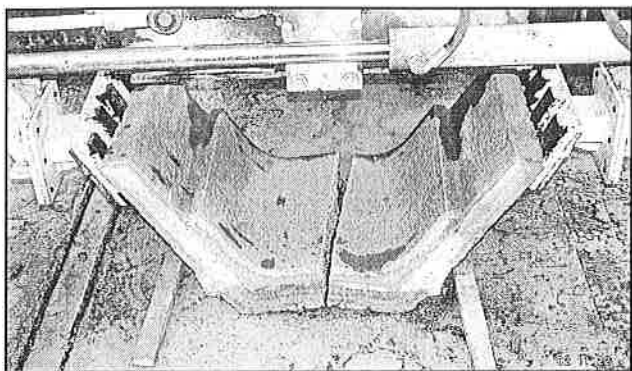
1. ábra. Néhány napos mederburkoló betonelemek a gyártó téren



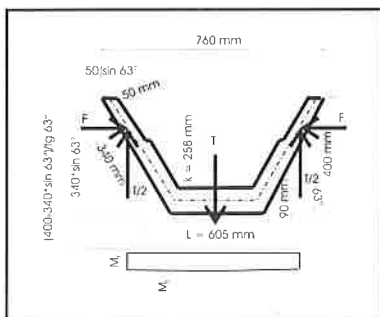
2. ábra. Mederburkoló betonelemekkel kialakított út menti vízvezető árok



3. ábra. Törőerő mérés a mederburkoló betonelemen

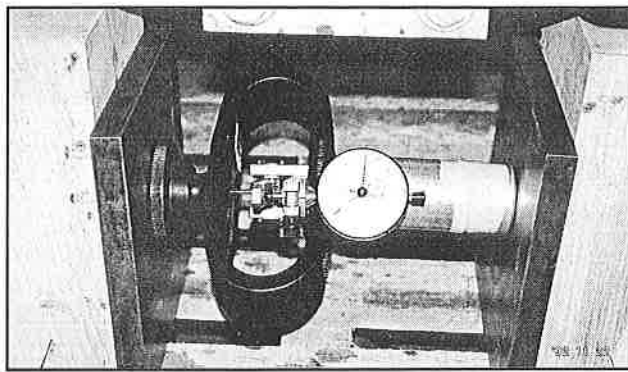


4. ábra. Mederburkoló betonelem a törőerő mérése után



5. ábra. A törőerő mérés elrendezése

leolvasások és a fogókar nyomóerők összefüggésének átlagértékét és szórását. Gauss-féle eloszlást feltételezve, kvantilis számításal, az átlagból levonva, illetve az átlaghoz hozzáadva a szórás 3,114-; 2,327-; 1,645-; 0,675-szeresét, megkaptuk a rakatológép fogókarja nyomóerejének



6. ábra. A rakatológép fogókar nyomóereje jelleggörbéjének felvétele nyomódinamométerrel

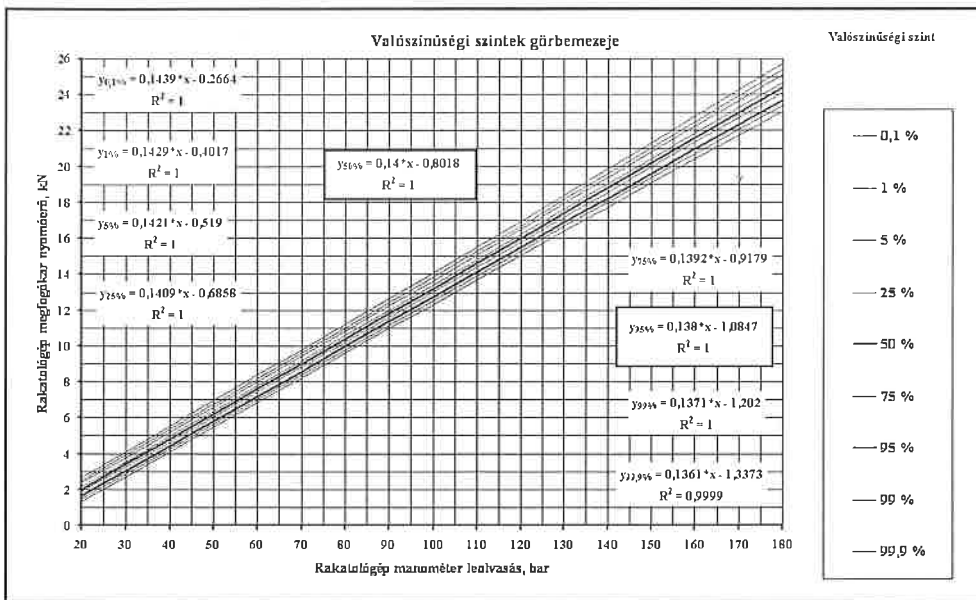
1. táblázat. A mederburkoló betonelemek mért nyomatéki törőerő eredményei

Megnevezés	Összefüggés		
Törőerő _{50%} (kN)	$F_{50\%} = 0,140 \cdot p - 0,8018$		
Törőerő _{95%} (kN)	$F_{95\%} = 0,138 \cdot p - 1,0847$		
Törőnyomaték _{50%} (N.m)	$M_{50\%} = M_F + M_T = F_{50\%} \cdot k + T \cdot L/400$		
Törőnyomaték _{95%} (N.m)	$M_{95\%} = M_F + M_T = F_{95\%} \cdot k + T \cdot L/400$		
Hajlító-húzószilárdság _{50%} (N/mm ²)	$R_{hh,50\%} = 1000 \cdot M_{50\%} \cdot 6 / (a \cdot b^2)$		
Hajlító-húzószilárdság _{95%} (N/mm ²)	$R_{hh,95\%} = 1000 \cdot M_{95\%} \cdot 6 / (a \cdot b^2)$		
ahol: a = 500 mm, az elem hossza			
Öt mederburkoló elem teherbírási mérésének átlag eredménye			
	Átlag	Szórás	f _{test}
Törőerő _{50%} (kN)	21,038	0,594	19,826
Törőerő _{95%} (kN)	20,443	0,585	19,249
Törőnyomaték _{50%} (N.m)	5572	153	5261
Törőnyomaték _{95%} (N.m)	5418	150	5111
Hajlító-húzó szilárdság _{50%} (N/mm ²)	8,25	0,23	7,78
Hajlító-húzó szilárdság _{95%} (N/mm ²)	8,03	0,22	7,58
ahol a tapasztalati jellemző érték: f _{test} = Átlag - 2,04 · Szórás			

99,9%; 99%; 95%; 75%; 50%; 25%; 5%; 1%; 0,1% valószínűségi szintű görbemezejét (7. ábra), amelyből a manométer leolvasáshoz tartozó, adott valószínűségi szintű törőerő leolvasható.

A mederburkoló betonelemek törőerejét és hajlító-húzó szilárdságát 50%-os és 95%-os valószínűségi szinten az 1. táblázatban szereplő összefüggésekkel számítottuk ki. Az öt mérésből meghatározott átlag, szórás és tapasztalati jellemző érték eredményeket szintén az 1. táblázatban tüntettük fel.

A szerző a megbízásért köszönetet mond Orbán Győző ügyvezető igazgatónak (Dolomit Kőbányászati Kft.), és a mérésekben való együttműködésért Spránitz Ferenc okl. építőmérnöknek, okl. betontechnológiai szakmérnöknek (Dolomit Kőbányászati Kft.) és Becsey János villamos mérnöknek (BTG Szerviz Bt.).



7. ábra. A rakatológép fogókarjának jelleggörbéje

Hulladék felhasználásával készült könnyűbetonok zsugorodása

Nemes Rita¹

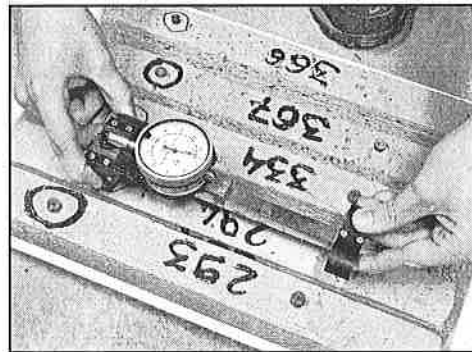
Bevezetés

A könnyűbeton alkalmazása egyre nagyobb jelentőségű, mivel mind magasabb épületeket, nagyobb fesztávú hidakat építünk. Használata felújítások esetén is előnyös, kisebb többletterhet jelent vagy megnövekedett terhelés esetén önsúlycsökkentésre is alkalmas. Könnyűbeton széles szilárdsági tartományban készíthető, szerkezeti betonként is alkalmazható, akár a nagy szilárdság igénye esetén is. Előnyös tulajdonságai ellenére Magyarországon napjainkban gyakorlatilag nem használják. Ennek egyik oka, hogy kevéssé szabályozott alkalmazása, illetve, hogy egyes szerkezetek esetén – a külföldi gyakorlattal ellentétben – nem engedélyezett az alkalmazása. Szerkezeti és nagy szilárdságú könnyűbetonokat az Egyesült Államokban, Észak- és Nyugat-Európában illetve Japánban elterjedten alkalmaznak [1]. Az új igényeknek megfelelő hazai kutatás kismértékű, ezen hiányosságokat igyekszik pótolni a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke jelenlegi kutatásaiban. A másik jelentős visszatartó erő a könnyűbetonok magyarországi alkalmazásának elterjedésében a könnyűbetonok és könnyű adalékanyagok ára. Bár rendkívül sokféle könnyű adalékanyag ismert [2], jelenleg Magyarországon megfelelő műszaki adatbázissal rendelkező, folyamatosan forgalmazott adalékanyagok többsége külföldről importált agyagkavics, aminek alkalmazása másfélszeresére növelheti a beton árát.

Az adalékanyagok olcsóbbak lehetnek, ha ezeket hulladékokból állítják elő. Ilyen lehet a téglazúzalék (bontási és gyártási hulladék), ami nagy mennyiségben állhat az építő vagy az építető rendelkezésére. E mellett magyar szabadalom alapján gyártanak duzzasztott habúveget (habkavicsot) építőipari célra, aminek alapanyaga lehet mindenféle vegyes, nagy szilikáttartalmú hulladék (elsősorban üveg) [3]. Kísérleteink során elsősorban ezzel a kétfajta könnyű adalékanyaggal foglalkoztunk. Ezek alkalmazása ugyanis nem csak gazdasági, hanem környezetvédelmi szempontból is nagy jelentőségű.



1. ábra Leitz-Weztlar-készülék



2. ábra Demec típusú mérőeszköz

Könnyűbetonok zsugorodása

A megszilárdult cementhabarcs háromféle módon tartalmazhat vizet: a kémiai kötött vizet (normál körülmények között megtartja), fizikailag kötött vizet (ennek elvesztése kismértékű méretváltozást okoz, ez az időben lassan lejátszódó folyamat az adott betonra jellemző érték) és kapillaris vizet (ami a környezet relatív nedvességtartalmának vagy vízfelszívásának függvényében élettartama folyamán folyamatosan változik és alakváltozást okoz).

A gátolt zsugorodás repedéseket okoz, ami alkalmatlanná teszi a betont egyes alkalmazásokra (pl. vízzáró beton). Ismert, hogy a könnyűbetonok zsugorodása nagyobb, mint a hagyományos, kavics adalékanyagos betonoké. Ez két okra vezethető vissza. Az adalékanyag gyakorlatilag nem zsugorodik, tehát a zsugorodás a cementkö zsugorodásából adódik, így elsősorban ennek mértéke a meghatározó. Mivel a normál adalékanyagos betonoknál rendszerint a telített beton az optimális, addig a könnyűbetonoknál túltelített betonra van szükségünk az eltérő teherviselési mód miatt. Az adalékanyag akadályozza a cement-

kőváz zsugorodását. Ennek mértéke az adalékanyag merevségétől függ. A könnyű adalékanyagok szilárdsága és merevsége jelentősen kisebb, mint a kvarckavicsé. [4]

A kis zsugorodás elérése betontervezési kérdés, ehhez azonban ismerni kell, hogy milyen különbségekre lehet számítani könnyűbeton esetén.

Kísérletek

A kísérletek során kis méretű próbatesteket készítettünk, mert ezeken gyorsabban játszódik le a zsugorodás, így az könnyebben vizsgálható. A zsugorodás a kezdeti szakaszban a legnagyobb, ezért nagyon fontos, hogy már frissbeton korban is vizsgálni tudjuk. 40x40x400 mm-es hasábokat készítettünk, amiket 1 napos korrig műanyag fóliával bélelt fa sablonban tároltunk. A frissen bedolgozott próbatest felületére 0,1 mm osztású skálával ellátott üveglapokat helyeztünk és mikroszkóp alatt (Leitz-Weztlar készülék – 1. ábra) vizsgáltuk az alakváltozást. 315,5 mm-es alaphosszon végeztük a leolvasást, századmilliméter pontossággal. A beton megszilárdulása után a próbatesteket eltávolítottuk a sablonból és a fóliát lehúztuk róla. A megszilárdult beton további zsugorodását Huggenberger-féle módszerrel vizsgáltuk azzal a különbséggel, hogy az alaphossz 200 mm volt (Demec típusú mérőeszköz – 2. ábra) Mérőcsúcsokat ragasztottunk a próbatestre és ezek távolságát kezdetben naponta, később folyamatosan ritkítva hetente mértük. A próbates-

teket a laboratóriumban állandó hőmérsékleten tároltuk, nem utókezeltek, így a maximális zsugorodást kaptuk.

A különböző adalékanyagok hatása

Az első kísérletsorozat során a különböző típusú adalékanyagok hatását vizsgáltuk. A minél nagyobb mértékű zsugorodás elérése érdekében nagy cementadagolást választottunk. A habarcsot 866 kg/m³ cementadagolással, 1,25 homok-cement és 0,35 víz-cement tényezővel készítettük. A bedolgozhatóságot folyósító szerrel biztosítottuk. Ez a habarcsösszetétel mindegyik adalékanyag esetén azonos volt és mindhárom típusú adalékanyagból 47 %-ot alkalmaztunk. (Így a betonok esetén a tényleges cementadagolása 866 x 0,53 = 459 kg/m³ –re adódott.) Minden alkalmazott adalékanyagból 4/8 frakciót választottunk a próbatest kis mérete miatt. Ezek fő jellemzői az 1. táblázatban láthatók. A habúveg adalékanyagok közül többféle, lényegesen eltérő tulajdonságú termék is rendelkezésünkre állt, melyek közül két szerkezeti beton készítéséhez alkalmasat választottunk ki [5]. Az „F” jelű nagyobb szilárdságú és kisebb vízfelvételű, mint a „20” jelű. Az 3. ábrán látható, hogy mindkét esetben hasonló mértékű a zsugorodás.

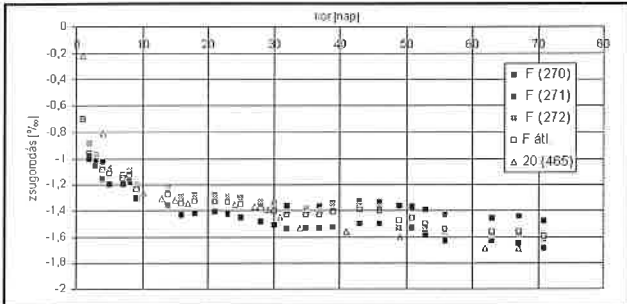
A kísérleti arányokat a 4. ábra mutatja. Jól látható, hogy mind a habúveg, mind a téglazúzalék adalékkal közel azonos zsugorodás játszódott

¹ okl. építőmérnök, doktorandusz (Témavezető: Dr. Józsa Zsuzsanna) BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

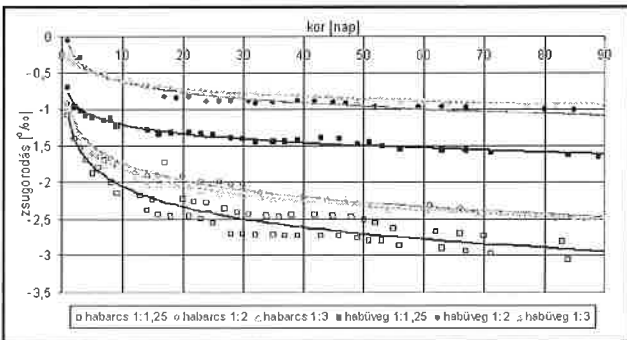
le, és ez kb. kétszerese annak, mint amikor kvarckavicsot alkalmaztunk. Mivel ebben az esetben a pértartalom azonos volt, ez a különbség az adalékanyagok merevségkülönbségére vezethető vissza. A téglazúzalék és a habkavics esetén jól látható, hogy a kezdeti zsugorodás jelentősen eltér. Ennek feltételezhetően az adalékanyag nagy vízfelvétele az oka, amelynek következtében a téglazúzalék a keverés során a cementpép víztartalmának egy részét elszívja és azt a szilárdulás során folyamatosan adja le. A habüveg esetén a zsugorodás időbeli lefolyása (a görbe alakja) hasonló a normál betonéhoz, csak a mértéke nagyobb. Összehasonlításképpen a grafikonon feltüntetjük az adalékanyag nélküli habarcs zsugorodását is, ami kb. a könnyűbeton kétszeresére adódott, ez nagyjából megfelel az adalékanyag / cementkő aránynak.

1. táblázat Az alkalmazott adalékanyagok jellemzői

	Testsűrűség [kg/m ³]	halmaz-önszilárdság (MSZ EN 13055 szerint, a kavics arányában) [%]	vízfelvétel [m%]
Kavics	2630	100	0
Habkavics „F”	1580	31	1,9
Habkavics „20”	635	4	4,5
Téglazúzalék	1535	9	15,4



3. ábra. Különböző habüveg adalékanyagok könnyűbetonok zsugorodása



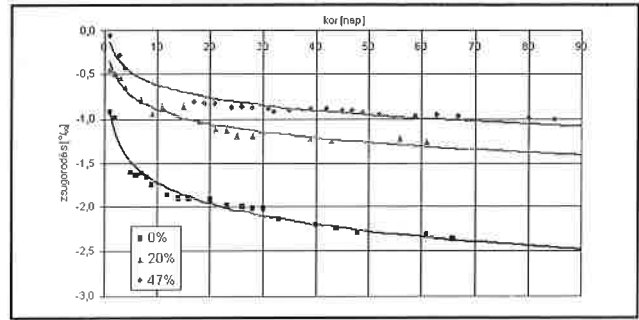
4. ábra. A különböző adalékanyagok hatása a zsugorodásra

Adalékanyag adagolás mértékének hatása

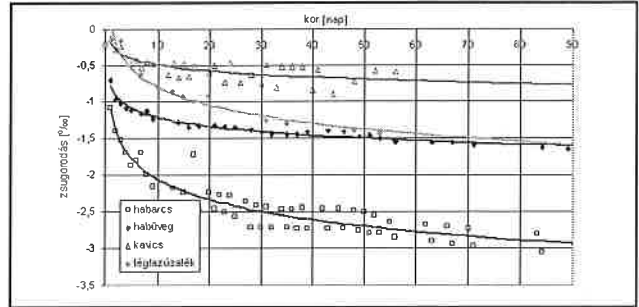
A második sorozatban megvizsgáltuk, hogy a könnyű adalékanyag („F” jelű) mennyiségének változtatása milyen hatással van a zsugorodásra. Itt már kisebb cementadagolást (770 kg/m³) választottunk és h/c = 2 v/c = 0,43 homok- és víz-cement tényezőt. Kisebb adalékanyag adagolás mellett természetesen nagyobb zsugorodást kaptunk, de a növekedés nem volt arányos az adalékanyag mennyiségének csökkenésével (5. ábra).

A habarcs összetételének hatása

A kísérletsorozat harmadik szakaszában a különböző összetételű habarcsvázak hatását vizsgáltuk. Három különböző összetételű habarcs alkalmazásával készítettünk próbatesteket adalékanyag nélkül, illetve habüveg adalékanyaggal („F” jelű habkavics, 47 V%-os adagolással). Az 1. és 2. kísérletben alkalmazott habarcsösszetétel mellett harmadikként 550 kg/m³ cementadagolást h/c = 3 és v/c = 0,55 választottunk (6. ábra). Összehasonlítva a 2. és 3. keveréket megfigyelhető, hogy a cement és a víz adagolás mennyiségének ellentétes irányban történő



5. ábra. Az adalékanyag adagolt mennyiségének hatása a zsugorodásra



6. ábra. A habarcs összetételének hatása a zsugorodásra

változtatásával hasonló zsugorodás értéket kaptunk. (A cement és a víz adagolásának növelése egyaránt növeli a zsugorodást.) Ez a jelenség ugyanígy jelent meg könnyű adalékanyagok adagolása esetén is. A legnagyobb cementtartalmú keveréken ~0,5%₉₀-el nagyobb zsugorodást mérünk a másik kettőhöz képest. Ez a különbség ugyanekkora könnyűbeton esetén is. Tehát könnyűbeton esetén ez arányaiban jobban megnövelte a zsugorodást. Ez kedvezőtlen, ezért további kiegészítő vizsgálatok végzésére van szükség.

Összegzés

A könnyűbetonok zsugorodása nagyobb a hagyományos betonoknál megszokottnál. A zsugorodás lefolyása folyamatának és mértékének ismerete a könnyűbeton helyes alkalmazás szempontjából fontos. A hulladék alapú adalékanyagok alkalmazásának gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt egyre nagyobb a jelentősége, ezért vizsgálataink során elsődlegesen ezekre koncentráltunk. Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy mind a duzzasztott habüveg, mind a téglazúzalék adalékanyagként való alkalmazása esetén a könnyűbeton zsugorodásának nagy része a 90 napos korra lejátszódik, és zsugorodásának mértéke kb. kétszerese a hagyományos kavics adalékanyagok betonhoz képest. A habkavicsos beton zsugorodási viselkedése hasonló a kvarckavicsoséhoz. Téglazúzalék alkalmazása esetén a zsugorodás lassabban játszódott le, ami több gyakorlati alkalmazás esetén is kedvező lehet. A zsugorodás végértékét főként a habarcs összetétele befolyásolja, tehát erre kell elsősorban figyelni a betonrecept készítése során. Az adalékanyag mennyiségének csökkentése ugyan növeli a zsugorodást, de ez a hatás kismértékű.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Geofil Kft-nek, hogy biztosította számunkra a kísérletekhez szükséges habüveg adalékanyagokat.

Felhasznált irodalom

[1] fib bulletin 8 [2000] Lightweight Aggregate Concrete, Case studies, Sprint-Druck Stuttgart
 [2] Kausay T. [2002]: Könnyű-adalékanyag, Beton X. évf. 11. szám, 2002. november
 [3] Hoffman L. – Józsa Zs. – Nemes R. [2003]: Az üveg – egy kicsit másképpen, Építési Piac XXXVII. évf. 5. szám 2003. június
 [4] Balázs Gy. [1994]: Építőanyagok és kémia, Műegyetemi kiadó 1994
 [5] Hoffman L. – Józsa Zs. – Nemes R. [2003]: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag, Építőanyag 55. évf. 2003. 1.szám

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék akkreditált Anyagvizsgáló Laboratóriuma

Tanszékünk elődje a 30-as években a Műegyetem Beton- és Vasbetonépítési laboratóriuma volt (vezetője: Dr. Mihailich Győző műegyetemi ny. r. tanár). Dr. Möller Károly Építési Zsebkönyvében (Bp. 1938) egyebek között ezt írja a laboratórium működéséről:

„... A megvizsgálásra kerülő tárgyak beérkezésük sorrendjében kerülnek kísérletezés alá. ... A hivatalos bizonyítvány, melynek mindenkor a tudomány módszerei által megállapított adatok felsorolására kell szorítkozni, tehát semmiféle a tárgy használhatóságára vonatkozó adatot tartalmazniuk nem szabad, csakis a kísérletezések befejeztével állítatik ki. ...”

A fenti idézet a régmúltból azt igazolja, hogy a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának elődjénél, mint egyetemi tanszéki laboratóriumnál, adottak voltak már a mai szóhasználattal akkreditáltnak minősített laboratórium működési feltételei. Ezek ugyanis a tanszék egész tevékenységének értelemszerű feltételei voltak mindig: az itt dolgozó oktatók, kutatók, technikusok biztosították a szakmai hozzáértést, a technikai feltételeket pedig a kutató- és ipari megbízásokhoz kapcsolódó munkákhoz kellett megteremteni.

Mivel napjainkban csak az akkreditáció megszerzésével lehet versenyben maradni, ezért 2001 februárjában az Anyagvizsgáló Laboratóriumunk kérte és megkapta az akkreditált minősítést.

Röviden összefoglalva az alábbi területeken végzünk akkreditált laboratóriumi vizsgálatokat (1. ábra):

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék				
Anyagvizsgáló Laboratóriuma				
Akkreditációs szám: 501/0810				
Cím: 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.				
Tel: (1) 463-4068, Fax: (1) 463-3450, e-mail: titkars@eik.bme.hu				

Beton vizsgálata	Acélok vizsgálata	Falazóelemek vizsgálata	Közetek vizsgálata	Zúzott kövek vizsgálata
------------------	-------------------	-------------------------	--------------------	-------------------------

1. ábra. A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának vizsgálati köre

– Betonalkotók, frissbeton keverékek és megszilárdult betonok vizsgálata (adalékanyagok, frissbeton tulajdonságok, megszilárdult beton mechanikai tulajdonságai roncsolásos és roncsolásmentes módszerekkel, betonok vízzárósága, fagyállósága).

– Acélok szilárdsági vizsgálata.

– Falazóelemek vizsgálata.

– Közetanyagok és talajok vizsgálata (szemeloszlás, konzisztencia határok, talajt alkotó fázisok térfogat- és tömegaránya, építési kőanyagok kőzettani vizsgálatai, sűrűségi, víztartalmi jellemzők).

– Közetek szilárdsági tulajdonságai.

– Zúzottkövek vizsgálata, időállóság (szemeloszlás, szemalak, Los-Angeles és Deval vizsgálat, Mikro-Deval vizsgálat, kőanyagalmazatok mechanikai és fizikai tulajdonságai, kopásállóság, fagyasztás, szulfátos kristályosítás).

Laboratóriumunk a mérési eredmények alapján nemcsak vizsgálati jegyzőkönyvet és értékelést készít, hanem szakértői tevékenységet is folytat, szaktanácsadással is foglalkozik.

Számos referencia munkánkából néhányat kiemelve:

– Betontechnológia, helyszíni minőségbiztosítás, minőségellenőrzés (Paks KKÁT, Lurdy-Ház, Genelar Electric Veresegyház, Duna-Plaza, MOM Park).

– Építmények diagnosztikája, korróziós állapotfelvétele (Margit híd, Petőfi híd, Tiszaugyi Tisza-híd, Délpesti Szennyvíztisztító, Nyíregyháza Szennyvíztisztító, távvezetékartató oszlop alapok stb.).

– Téglafalak só- és nedvességtartalmának vizsgálata, tetőszerkezetek vizsgálata (Royal Coitina Szálló, Wienerberger Rt., Biogál Gyógyszergyár).

– Szerkezetek megerősítése, javítása (Petőfi híd szénszálás megerősítése, M7, M5, M1 autópálya közúti hidjai, vasúti hidak).

– Környezetállapot felmérés, környezetvédelmi munkák (Mosonmagyaróvár Timföldgyár, Nitrokémia, ÉPTEK).

– Műemléki kőanyagok, épületek vizsgálata (Sándor Palota, New York Palota, Deák téri templom, Nádasladányi Kastély, Gresham Palota).

– Hulladéklerakók és térségük vizsgálata, radioaktív hulladékok elhelyezése (Pusztázámor, Vác, Bicske, Püspökszilágyi, Ófalu).

– Vasút- és útnyomvonalak mérnökgeológiai vizsgálata (magyar-szlóven vasútvonal, Abaliget alagút, Bükkösd).

– Lejtő, rézszű, sziklaállékonyság, pince és üregvizsgálat (Nagymaros, Zebegény, Bp. Tündészikla, Visegrádi Vár, Budai Vár, Budafok, Szekszárd, Eger).

– Mérnökgeológiai térképezés (Balaton kibővített üdülőközpont, Eger, Dunakanyar, Paks, Szekszárd, Ostoros).

– Völgyzárógátak (Markaz, Domszóló, Nagymaros).

A fentieknél jóval kiterjedtebb munkákat is végzünk, kutatási, ipari megbízások keretében, az akkreditált laboratóriumi vizsgálatokhoz kapcsolódva.

Már sokak bizalmát elnyertük, várjuk Önöket is.

Dr. Arany Piroska
egyetemi adjunktus, laborvezető

Keresünk, belföldi és külföldi munkavégzésre,

legalább középfokú végzettséggel rendelkező

anyagvizsgálót

– megegyezés szerint –

állandó, vagy időszakos alkalmazással.

Magas jövedelem

Szakmai továbbképzés

Korszerű vizsgálati technológiák

Idegen nyelv(ek) ismerete előnyt jelent.

Tel.: (1) 214-2980. Fax: (1) 214-2982

HÍREK

Az ISO 9000:1994 szabványsorozat valamelyike szerinti tanúsítványok 2003. december 15-én elévültek – döntött a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) –, még akkor is, ha az okiraton feltüntetett érvényesség dátuma 2003. december 15-e utáni dátum! Így azok a szervezetek, amelyeknek a tanúsítási okirata az ISO határozatának értelmében érvényét veszítette, és még nem kérték a minőségirányítási rendszerük ISO 9001:2000 alapján való tanúsítását, illetve a folyamatban lévő eljárás még nem fejeződött be, nem állíthatják dokumentumaikban, hogy minőségirányítási rendszerük tanúsított.

HEGESZTŐ

TANFOLYAMOK

MINDEN ELJÁRÁSBAN!

Alapfokú-, szakmunkás- és minősítő (07-0057-03 ny.sz.)

TŰZVÉDELMI

SAKVIZSGA MEGSZERZÉSE!

A tanfolyami díj a szakképzési alap terhére elszámolható!

WELDCONTROL BT.

Horváthné Molnár Erzsébet

ügyvezető

1116 Budapest, Kelenföld, Kardhegy u. 26.

weldcontrol@mail.datanet.hu

06/20-9715-042

Az épület- és építmenydiagnosztika néhány hordozható eszköze

Épületeink és építmenyeink állapotának rendszeres ellenőrzése biztonsági, gazdasági és esztétikai szempontból egyaránt társadalmi érdek. Az ellenőrzés szakzerű, dokumentálható, az állapotváltozás folyamatának vagy az ellenőrzés nyomán – esetleg új, korszerű technológiával – elvégzett javítások, felújítások eredményességének megítélésére ma már számos alkalmas, hordozható vizsgálóeszköz áll rendelkezésünkre.

A felületek állapotellenőrzése alapvető jelentőségű, hiszen az időjárás és a környezetszennyezés károsító hatása ma már közismert. Az ellene való védekezés kutatók és fejlesztők széles rétegét foglalkoztatja, illetve módszereinek és eszközeinek alkalmazása az új létesítmények építésénél és az időben felismert károsodások kijavításánál az építőipar mindennapos feladata.

A diagnosztikai mérőbőrönd, amelyet a svájci Proceq cég a felhasználók igényeit figyelembe véve állított össze (1. ábra), a leggyakrabban alkalmazott felületvizsgálati módszerek eszközeit tartalmazza, mégpedig:

- Repedésmérő mikroszkóp (nagyítás: 8x, osztásköz: 0,05 mm, méréstartomány: 15 mm)
- Repedéstágasság-mérő (0,05 – 5 mm, 10 skálával)
- Karsten-féle vízbehatolás-mérő (2 db)
- Fenoltalein és timoltalein flakon a beton karbonátosodásának becslésére
- Ezüst-nitrát és kálium-kromát a kloridtartalom detektálására
- Geológus kalapács és véső
- Teleszkópos tükrölyukak és mélyedések vizsgálatára
- Mérőszalag és jelölőkréta
- Zseblámpa, tisztító kefe, zsebkés

A szulfátosodásból, a természetes zsugorodásból vagy akár az elfagyásból adódó finomabb repedés vizsgálatához, méreteinek meghatározásához a 40x-es nagyítású, 0,02 mm skálaosztású **mérőmikroszkóp** is kapható. Az ELE International terméke mérőskálás nagyítóból és megvilágító egységből áll (2. ábra). Mérestartománya 4 mm. A talajmozgásból vagy más okból terjedő repedés időbeni növekedésének mérésére szolgál az ELE **digitális repedésszélesség mérő**, amellyel a falfelületre ragasztott két referencia korong távolságát mérhetjük 0,01 mm felbontásban (3. ábra).

A Protimeter nedvességmérő készlet (a Sheen Instruments Ltd. terméke) épületek nedvesedési állapotának feltérképezésére szolgál. A készülékhez – üzemmódtól függően – különböző mérőérzékelők tartoznak. **Kereső üzemmódban** a fal száraz/vizes/határeset állapota a tapéta vagy a burkolat (csempe) bon-

tása nélkül kimutatható. **Mérő üzemmódban** (4. ábra) a fa vagy a nemvezető építőanyagok nedvességtartalma mérhető WME értékben (Wood Moisture Equivalent – fanedvesség egyenérték). Ugyanezt mérjük a mélységi szondával is. **Hygrometer üzemmódban** a környezet hőmérséklete és relatív páratartalma határozható meg. A Hygrometick szondával – a falba vagy a padlóba ágyazva – az anyag egyensúlyi relatív páratartalma mérhető. **Kondenzációs üzemmódban** a harmatpont hőmérséklet és a felületi hőmérséklet különbségét mutatja a készülék kijelzője. Ennek ismerete a felület festésének vagy bevonásának megkezdése előtt különösen fontos.

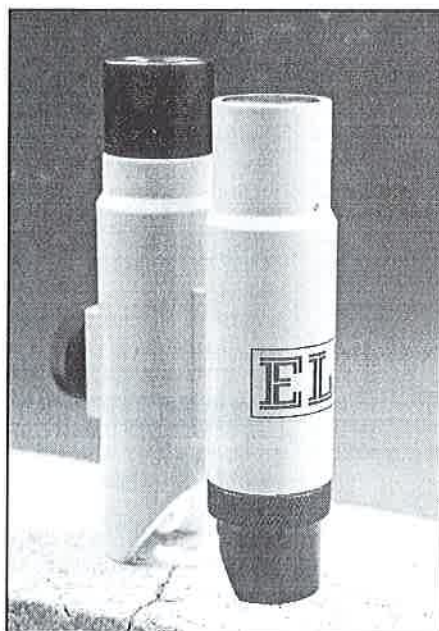
A Schmidt-féle betonvizsgáló kalapács – amelyet *Eljárás és készülék építőanyagok felületi keménységének vizsgálatára* címen 1950. június 7-

én nyújtotta be szabadalmaztatásra a Szövetségi Hivatalnál Ernst Schmidt svájci építőmérnök – ma már nélkülözhetetlenné vált az építőipari gyakorlatban. Világszerte a legkedvezőbb és leggyakrabban alkalmazott roncsolásmentes eljárás a betonminőségének meghatározására.

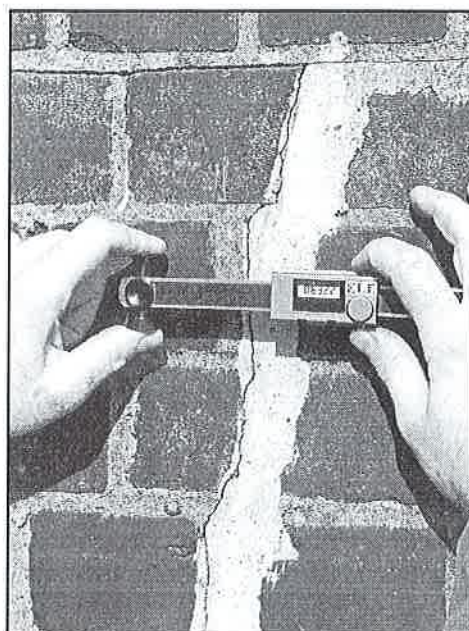
Amikor a kedvező vizsgálati tapasztalatok alapján 1962-ben kiadták a DIN 4240 szabványt, akkor Schmidt mérnök a fiatal Poceq S.A. cégnel talált partnerre, amely a továbbfejlesztést, a gyártást és a világszerte történő forgalmazást is át tudta venni. Az eredetileg háromlábú kalapácsból fejlesztette ki a cég a mai napig változatlanul megmaradt hengeres Schmidt-kalapácsot, és a gyakorlat által ösztönzött különleges igényeknek megfelelően több típus is készült azonos alapelv, de eltérő karakterisztika szerint (lásd például a BII. oldalon). Az újabb



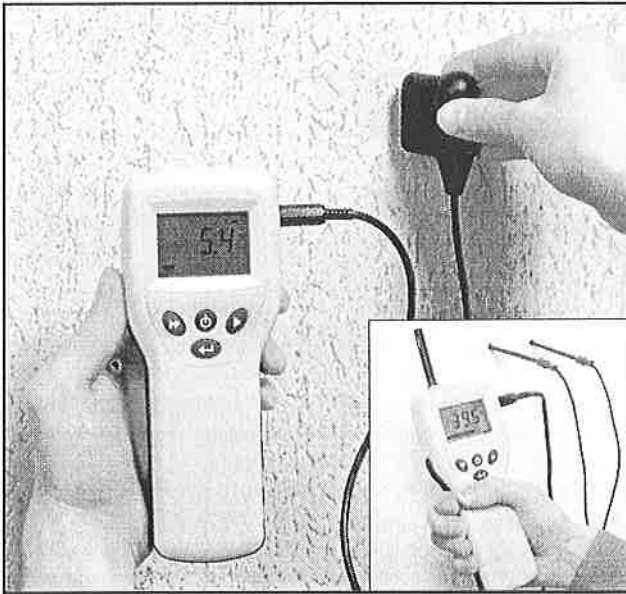
1. ábra. A Proceq-féle diagnosztikai bőrönd; méretei: 350 x 270 x 90 mm; tömege: 2,4 kg



2. ábra



3. ábra



4. ábra

fejlesztések csak magának – az ütőfej ellenőrzött visszapatánása – Schmidt-elvnek a finomításai, pl. az elektronikus, digitális készülékváltozatok, amelyek a felhasználó számára kényelmesebb kiértékelést biztosítanak (mért érték tároló, statisztika, PC illeszthetőség stb.)

A mérőkalapács kijelzése és a kocka-nyomószilárdság közt a kalibráló görbe által megtestesített összefüggés a svájci EMPA kutatóintézet vizsgálatain alapul; de figyelembe vették a Hannoveri Műszaki Főiskola számos kísérletsorozatát és különböző országok egyéb intézeteinek eredményeit is. Ezen, ún. univerzális kalibráló görbék adatait az egyszerű leolvasású típusokhoz mellékelte táblázatok tartalmazzák, míg a korszerű Digi-Schmidt 2 (5. ábra) vagy – a szabadalmaztatás fél évszázados jubileumára kihozott – Digi-Schmidt 2000 ND elektronikus mérőkészüléknél a memóriája tárolja.

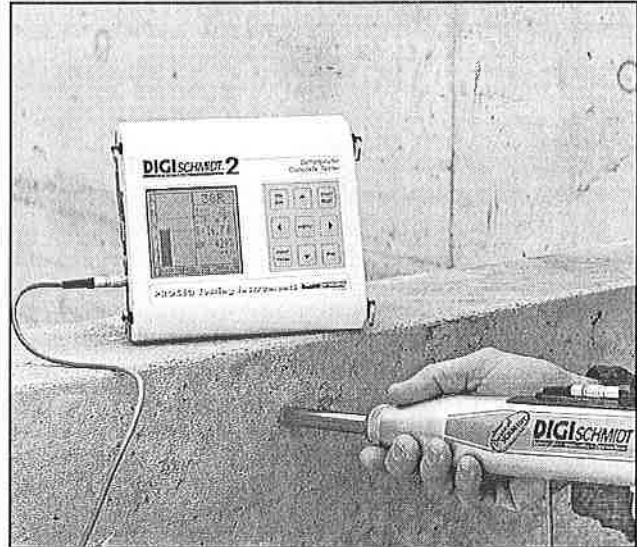
Mód van arra, és ajánlatos, hogy az ún. univerzális görbék érvényességét saját vizsgálattal is ellenőrizzük; továbbá, hogy speciális összetételű betonok illetve speciális kötési körülmények esetén próbatestetek nyomóvizsgálatával egyedül kalibráló görbét vegyünk fel. Ily módon a Schmidt-féle betonvizsgáló kalapács a különböző építési körülményekhez kalibrálható.

A megfelelően kalibrált Schmidt-kalapáccsal a beton nyomószilárdságának meghatározása gyors és egyszerű. A felületet a készülékkel szállított feñökövel megszabadítjuk az egyenetlenségektől, majd az így előkészített felületen 10 ponton végzünk mérést és ezek átlagértékét összevetve a kalibráló görbével, adódik a nyomószilárdság legvalószínűbb értéke. A korszerű készülékeknél – mint már említettük – az átlagérték-képzés (beleértve a mérési helyzetből adódó korrekciót is) és a kiértékelés automatikus.

Épületek, építmények állapotellenőrzésekor a nagyszámú mérőhely (mérőhelyenként 10 ütés) statisztikus értékelése egyértelműen megmutatja a kritikus helyeket. Ez után a további vizsgálatok ezekre a lehetséges gyenge pontokra összpontosulhatnak.

A kalapácsot egy-két ezer mérés után szárazon meg kell tisztítani, és mivel a bejuto cementpor megváltoztathatja az ütési karakterisztikát, ezért működését a kalibrált mérőülön elvégzett mérésekkel ellenőrizni kell.

Az eredeti Schmidt-kalapácsot gyártó cégnek sikerült a mérőbázis napjainkig biztosítani és állandó színvonalon tartani. Így a minőségbiztosítási szabványok (pl. ISO 9000) nyomonkövethetőség és mért érték biztosítás követelményei teljesülnek, mivel a Schmidt-kalapáccsal nyert R (visszapattanás) mérési értékek visszavezethetők az original Schmidt-ösmérőtestre. A jogosított szervizek bázis-mintatestekkel kalibrálnak,



5. ábra

amelyek az ösmintatest nagyon pontos másolatai. Ezenkívül rendelkezésre áll a felhasználói mérőtest, amely éppúgy visszavezethető az ösmérőtestre. A felhasználói mérőtest használata akkor ajánlott, ha nagyon sok vizsgálatot kell végezni, illetve nincs a közelben szerviz.

A szakszerűen és ésszerűen használt eredeti Schmidt-kalapács továbbra is egy jól bevált, kedvező árú, roncsolásmentes vizsgálóeszköz a minőségbiztosításért felelős építőipari szakemberek számára.

A betonvas-kereső Profometer 5 készülék (lásd a címlapon is) a Proceq cég hasonló rendeltetésű készülékeinek egy új generációja, amely impulzus örvényáramos elven működik. A korábbi készülékekhez képest az az előnye, hogy a mérőfej cseréje nélkül, az ún. univerzális mérőfejjel megmérhető – növelt méréstartományban – a takaróbeton vastagsága, a beágyazott betonvas átmérője mm pontosan – a zavaró hatások (a vasszálak egymás melletti hatásának és a hegesztett kötésekről érkező jeleknek) korrekcióba vételének eredményeként –, valamint meghatározható a vasszálak helyzete. Ez utóbbit segíti a vasközeli helyzetre emelkedő magasságú – a belső hangszórón vagy a fülhallgatón át hallható – hangjelzés is.

A mindössze 1 kg tömegű, kompakt Profometer 5 készülék ideális mérőeszköz még a nehéz környezeti feltételek között is a sorozatmérések elvégzéséhez. Ezt könnyíti meg a készülék Scanlog modellváltozatának használata, amelynek útmérővel ellátott ScanCar kocsjával a mérőfejet kimélő módon, egyszerűen és kényelmesen végezhetünk a kiterjedt felületeken méréseket. A Profometer 5 előnye még, hogy érzéketlen a külső zavarokra, és kiváló a mérés- és hőmérséklet stabilitása. Az új szoftver egyrészt kiszámítja és megjeleníti a mért adatok statisztikáját, másrészt lehetővé teszi – a szabványos interfészen át – az egyszerű adatátvitelt a PC-vel történő kiértékeléshez, és kifejezetten felhasználóbarát.

Mohácsi Gábor
Testor Kft.

A **proceq**, az **ELE** és a **Sheen**
International INSTRUMENTS LTD

vizsgálóeszközöket forgalmazza

TESTOR

www.testor.hu ♦ 06 (1) 319-1-319
06 (30)

Near-threshold fatigue crack growth in coarse-grained magnesium alloy

G. Nicoletto* – D. Fersini*

Abstract

This paper presents near-threshold fatigue crack growth tests in a coarse-grained magnesium alloy. Near-threshold fatigue crack growth promotes the development of rough surfaces by activation of single slip mechanisms and crack deflection. The R-ratio effect on near-threshold results is discussed in the light of crack closure measurements and models. A dual parameter approach is also introduced. Visualization of the microstructure by etching and continuous crack monitoring with a microscope provides evidence of the crack-grain interaction. The role of grain boundaries and grain-to-grain crack deflections on fatigue crack growth rates is examined.

Összefoglalás

Küszöbérték közeli fáradt repedés növekedése durva szemcsés magnéziumötvözetben.

A küszöbérték közeli repedés a fémekben általában a váltakozó nyírás, II. terhelési mód szerint növekszik. A törési felület növekedését leginkább a képlékenység szempontjából kedvező kristálytani síkok határozzák meg, amely vegyes terjedési módhoz vezethet mikroszkopikus szinten. Ez a törési felületek tökéletlen illeszkedése miatt periodikusan pozitív záró erőt eredményez. A cikk ezzel az ún. érdesség okozta repedészáródással (RICC) foglalkozik, amelynek [1] szerint kedvez

- a feszültség intenzitási tényező kis szintje, amikor a repedés csúcánál a képlékeny zóna mérete kisebb, mint a fém átlagos szemcsenagysága;
- a kis repedésnyílás (azaz kis ΔK és kis R érték);
- a fém durva szemcsés mikrostruktúrája;
- a repedés periodikus irányváltásai a szemcsehatárokon, a második fázis szemcséin és a kompozit erősítőanyagán;
- a szilárdságnövelő csúszások megfordíthatatlansága.

Szerzők vizsgálataikat az AZ91 jelű magnéziumötvözetrel végezték, amelynek öntött, hőkezelt állapotban a szövetszerkezete durva szemcsés, átlagosan $d_g = 300 \mu\text{m}$. A kisméretű, egyik oldalán bemetszett próbatesteket, laborlévegőjű környezetben, szervohidraulikus gépen, 15 Hz frekvenciával, húzó-nyomó, csökkenő ΔK -jú és különböző R aszimmetria tényezőjű igénybevétellel fárasztották. A repedés terjedését folyamatosan mérték az ún. back face strain gage – BF (a próbatest hát-felületi összenyomódásának nyúlásmérő bélyeges mérése) módszerrel. A ΔK_{eff} értékét az (1) összefüggéssel határozták meg az ASTM E 647 szerint a már terjedő repedéssel bíró próbatesten, az 3. ábrán vázolt mért és értelmezett C_0 reciproklis terhelési merevség (reciproklis rugóállandó) figyelembevételével.

A törési felület érdessége, illetve oxidálódása okozta tökéletlen repedészáródás (RICC, ill. OICC) mechanizmusát az ún. részleges repedészáródás elmélet [10] szerint az 5. ábra szemlélteti. A Paris-modell alapján, a ΔK_{eff} a (2) képlettel határozható meg, és végül, a [9]-ben közölték alapján, az egy ciklusra eső repedésnövekedés a (3) szerinti hatványfüggvénnyel írható le, amelyben az α kitevő a normált K_{max} érzékenységet fejezi ki és értéke 0 – 1 között változhat.

Az AZ91 magnéziumötvözetben mért repedés-terjedési sebességeket, kettős logaritmusos koordinátarendszerben ábrázolták, mégpedig – összehasonlításként – a 4. ábrán a névleges ΔK függvényében (látható: az eredmények az R függvényében elkülönülnek), a 6. ábrán – a részleges repedészáródási modellnek megfelelően a (2) szerinti ΔK_{eff} függvényében (látható: valamennyi adat, az R-től függetlenül, azonos lineáris trendet követ; a küszöbérték: $\Delta K_{\text{eff}2\text{p}} = 1,4 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{0,5}$) és a 7. ábrán a

(3) egyenletnek megfelelően, a $\Delta K_{\text{eff}}^{0,1} \cdot K_{\text{max}}^{0,9}$ szorzat függvényében (látható: $\alpha = 0,9$ értékével, az R-től függetlenül, jó lineáris korreláció áll fenn). Mivel korábban az Al-ötvözetekre $\alpha = 0,10 - 0,12$ értékeket kaptak [9], megállapítható, hogy a Mg-ötvözet a K_{max} értékére lényegesen érzékenyebb.

Introduction

Fatigue crack growth (FCG) of long cracks in metals is customarily divided in three regimes, [1]. Regime A or near-threshold is of great practical importance and it is characterized by complex testing procedures and by the influence of many experimental and material factors. Regime B or Paris's regime has been extensively studied because of its usefulness for the damage tolerant approach to the fatigue design of aerospace structures. Regime C characterizes the rapid crack extension to final fracture. The main characteristics that differentiate Regimes A and B are summarized in Tab. 1. It is noted that near-tip plasticity and its relationship with a typical material microstructural feature, such as the average grain size, can be used to discriminate between Regimes A and B.

Table 1. Characteristics of the FCG regimes (partially after [1])

1. táblázat. A fáradt repedés terjedése szakaszainak jellemzői (részben [1] szerint)

	Regime A (Near-threshold)	Regime B (Paris's regime)
Growth rates	Low growth rates	Intermediate growth rates
Microscopic failure mode	Stage I, single shear	Stage II (striation) and duplex slip
Fracture surface features	Faceted or serrated	Planar with ripples
Crack closure levels	High	Low
Microstructural effects	Large	Small
Load ratio effects	Large	Small
Near-tip plasticity	$r_c < d_g$	$r_c > d_g$

The near-threshold regime (Regime A) is especially important from the technical stand point and in spite of the extensive research effort of the past two decades many questions remain unanswered, [2,3]. This growth regime is generally associated with a crack tip plasticity largely confined to select crystallographic planes with a reversed-shear mode of growth. Crack deflections due to microstructural heterogeneity can lead to mixed-mode displacements on the microscopic level and a faceted fracture surface. These displacements cause mismatch between upper and lower crack faces which in turn results in a positive closure load. Near threshold FCG is strongly influenced by the crack closure phenomenon that can reduce the effective driving force (ΔK_{eff}) acting at the crack tip. Two basic closure-inducing mechanisms are especially impor-

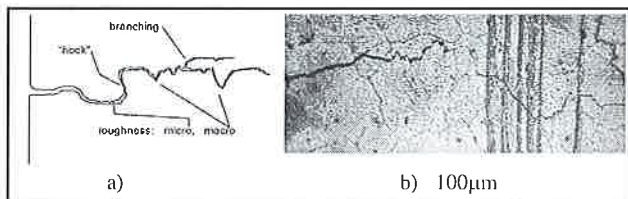


Figure 1 a) Scheme of mechanisms attending near-threshold fatigue crack growth [3],

b) magnified view of crack path in coarse-grained magnesium alloy

1. ábra. a) A küszöbérték közeli fáradásos repedés növekedési mechanizmusának vázlat

b) a repedés útja a durva szemcsés magnéziumötvözetben

* Dept. of Industrial Engineering - University of Parma, Parco Area delle Scienze, 181/A - 43100 Parma - Italy. e-mail: nick@me.unipr.it

tant: roughness-induced crack closure (RICC), [4], and oxide-induced crack closure (OICC), [1]. For the reasons previously introduced, near threshold FCG is associated to significant crack path tortuosity. Tortuosity also increases the ratio of the true length to that projected on the plane of the stress axis reducing the energy release rate. A summary of the main features of a tortuous crack is given in Fig. 1a, [3]. An example of a crack propagating in the coarse-grained material of this study is shown in Fig. 1b. It demonstrates that both micro- and macro-roughness are observed as well as marked crack deflections.

This paper presents near-threshold FCG tests at different R-ratios in a coarse-grained magnesium alloy. Test results are examined in the light of crack closure mechanisms and models. The role of K_{max} is discussed in the light of a dual-parameter approach. Visualization of the microstructure by etching and continuous monitoring of the fracture path with a microscope provides evidence of the crack-grain interaction affecting FCG rates.

Material and experimental procedures

Magnesium alloys have a great potential as construction materials for their excellent strength/ density ratio and for their good casting and machineability properties, [5]. The material considered in this paper is Mg-alloy AZ91. Its chemical compositions is (in mass %) Al: 8.03, Zn: 0.53, Mn: 0.18, Si: 0.064, Cu: 0.035, Fe: 0.012, Be: 0.0004, Mg: balance. The material was cast and delivered after a T6 heat treatment and was characterized by a rather coarse microstructure with average grain size $d_g = 300\mu m$.

FCG experiments using small single-edge-notched specimens were performed at 15 Hz in lab air on a servo-hydraulic testing machine, see Fig. 2. Both ΔP -controlled and ΔK -decreasing fatigue tests at different R-ratios were performed to determine the material response in the Paris's regime and at near-threshold, [6]. The back-face-strain-gage technique was used to monitor continuously the crack length during the tests, [7]. A schematic load vs. back-face (BF)-strain loop is plotted in Fig. 3. The open-crack specimen compliance C_0 and a suitable specimen calibration were used to determine the current crack length.

Finally, the coarse-grained structure of the material examined in this work allowed a study of the influence of local microstructural features on crack growth rates. Therefore after polishing and etching of the specimen surface, the evolution of the crack growth rate during the fatigue test was monitored in a optical microscope and correlated to the local grain structure.

Results and discussion

Effect R-ratio on FCG

The near-threshold FCG test results for the Mg-alloy AZ91 are shown in Fig. 4 as a function of $\Delta K = K_{max} - K_{min}$. Two R-ratios (i.e. $R = K_{min}/K_{max}$) are considered and the respective data sets are found to be shifted one with respect to the other indicating that closure-type mecha-

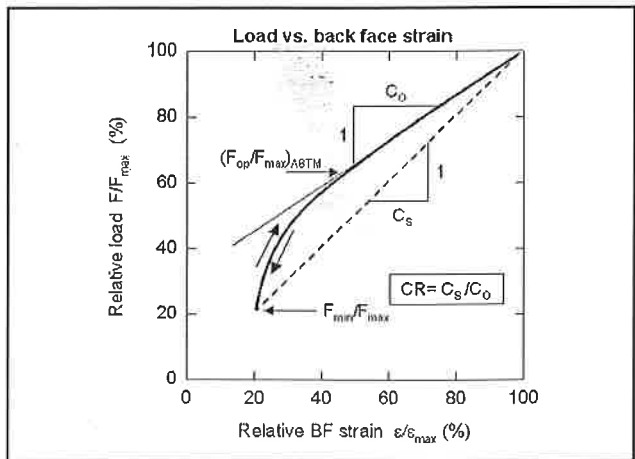


Figure 3 Scheme for determining opening load from a recorded load-BF strain loop. Current crack length is obtained from specimen compliance (C_0)

3. ábra. A repedést nyitó erő meghatározása a nyúlásmérő bélyeges mérésből (vázlat). A repedés hossza a próbatest C_0 reciprok rugóállandójából határozható meg.

nisms are indeed active especially at low ΔK . Nominal threshold ΔK estimates are $\Delta K_{th} = 2.4 MPa\sqrt{m}$ for $R=0.1$ and $\Delta K_{th} = 1.45 MPa\sqrt{m}$ for $R=0.5$. In a subsequent section it will be shown that the scatter in both data sets of Fig. 4 is due to a microstructural effect on FCG.

Crack closure

Crack closure phenomena are normally invoked to discuss and address effects on FCG data such R-ratio and overload, [2,3]. Therefore, load-strain loops such as that of Fig. 3 were recorded during the tests and analyzed according the ASTM E-647 procedure. This standardized method is based on the Elber proposal that

$$\Delta K_{eff} = K_{max} - K_{op} \tag{1}$$

defines the portion of the applied ΔK contributing to FCG. According to ASTM, K_{op} is determined identifying the 2% offset in the open crack compliance C_{op} in the load-strain loop of Fig. 3. In the present case, data correction of the FCG data with this approach were found to shift $R = 0.1$ data to the left of the $R = 0.5$ data set, [6].

This contradictory result is in line with the conclusions of recent stu-

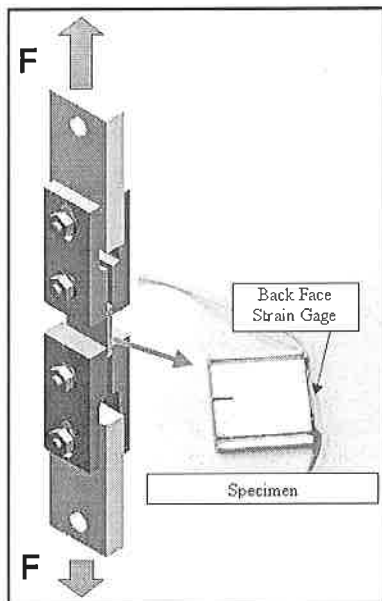


Figure 2 Instrumented specimen and loading device
2. ábra. A felműszerezett próbatest és befogása

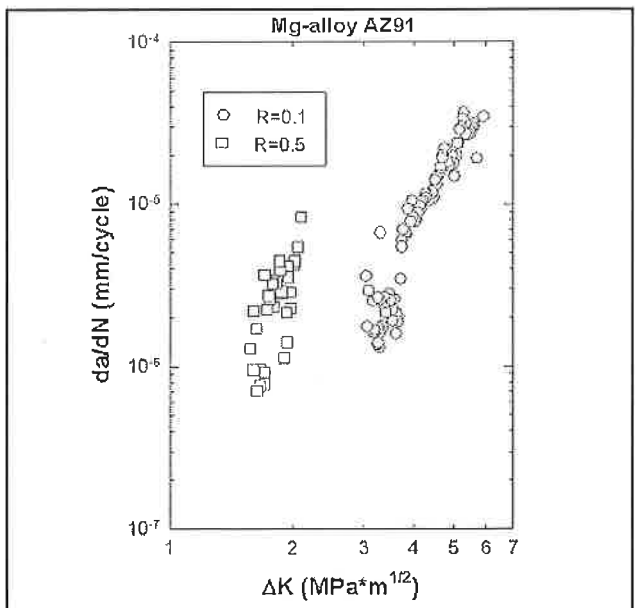


Figure 4 Near-threshold fatigue crack growth rates as a function of ΔK in Mg-alloy AZ91

4. ábra. A küszöbérték közeli repedés terjedési sebessége az AZ91 Mg-ötvözetben a ΔK függvényében

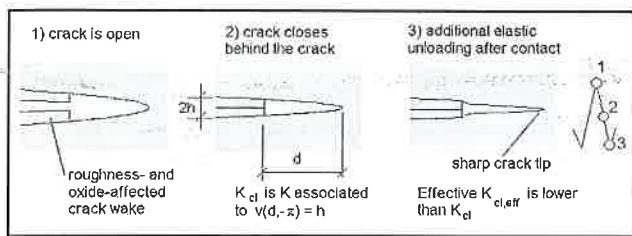


Figure 5 Sequence of events during unloading according to the partial crack closure model.

5. ábra. A részleges repedészáródási modell szerinti eseménysor leterhelés alatt

dies, [8,9], in which the ASTM technique, while adequate at high crack growth rates, was found to provide misleading crack closure information in the near threshold regime. Different alternative methods of estimating ΔK_{eff} were presented and applied to two Al-alloys, some of them were mainly based on a different treatment of the experimental evidence, namely specimen compliance as in the scheme of Fig. 3, others were associated to a physical model.

The partial crack closure model, [10], recognizes that a significant contribution to fatigue damage occurs in the load range below the opening load as measured by compliance techniques and is supported by the experimental fact that a near-threshold fatigue crack is subjected to pre-vailing plane-strain conditions and the crack is open for a length of the order of a tenth of micron behind the tip. At near-threshold growth rates surface roughness and oxide layers are thought to act like an elastic wedge inserted between the crack surfaces. A scheme of the model during the unloading phase is presented in Fig. 5. Specifically, Fig. 5c shows that elastic unloading can occur at the crack tip even when the two crack faces are in contact if contact begins some distance from the crack tip. Therefore, crack tip damage occurs also when $K < K_{op}$ as defined and determined by the ASTM procedure. The effective opening load is estimated to be about $2/\pi$ times its value as customarily measured with the ASTM 2% offset method. That is

$$\Delta K_{eff} = K_{max} - (2/\pi) K_{op} \quad (2)$$

When this ΔK_{eff} definition is used to replot the test data of Fig. 4, the plot of Fig. 6 is obtained. It shows a linear trend common to the two data sets (independence from R-ratio) in the entire range of growth rates and

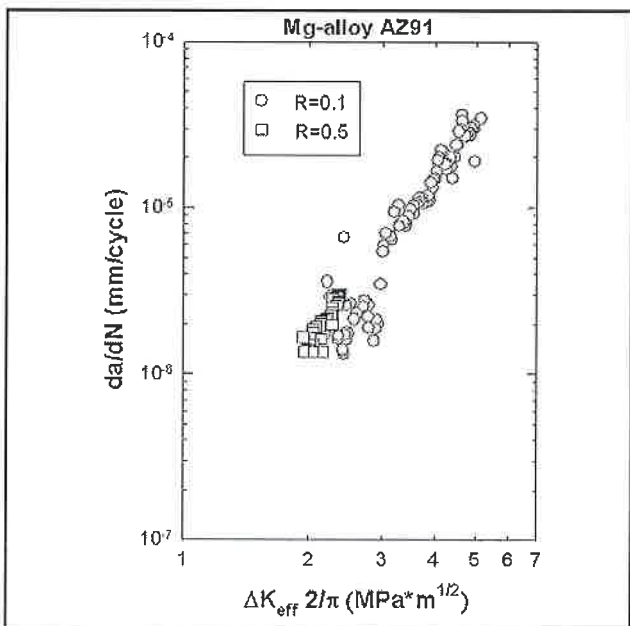


Figure 6 Near-threshold fatigue crack growth rates as a function of the effective ΔK according to the partial crack closure model in Mg-alloy AZ91

6. ábra. A küszöbérték közeli repedés terjedési sebessége az AZ91 Mg-ötvözetben az effektív ΔK függvényében a részleges repedészáródási modell szerint

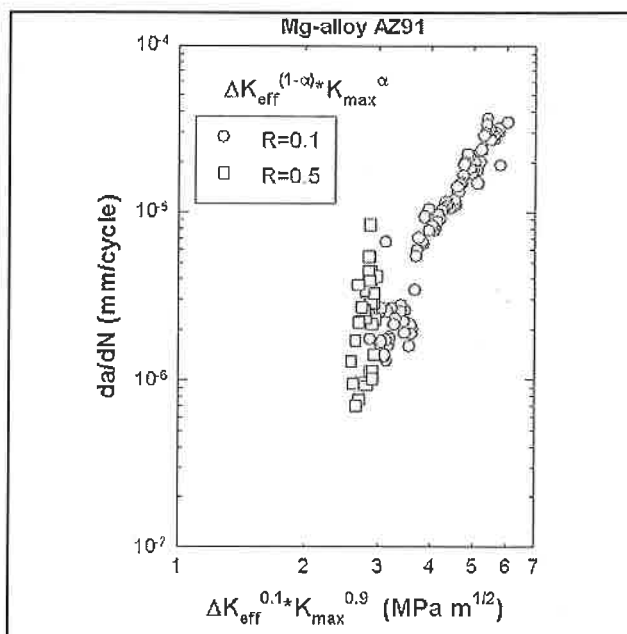


Figure 7 Near-threshold fatigue crack growth rates in Mg-alloy AZ91 plotted as a function including the effect of K_{max}

7. ábra. A küszöbérték közeli repedés terjedési sebessége az AZ91 Mg-ötvözetben a K_{max} hatását is kifejező mennyiség függvényében

a threshold $\Delta K_{eff2/p} = 1.4 \text{ MPa m}^{1/2}$ for the Mg-alloy AZ91 is determined. This model was supported also from tests in steels, [11], and Al-alloys, [10].

Effect of K_{max}

The previous observations do not account for second order effects due to differences in K_{max} at the two R-ratios. Previous work, [9,12], has shown that properly correlating stress ratio effects requires the correct closure methodology as well as an evaluation of the K_{max} contribution to these effects. It has been observed that this K_{max} dependence takes the form of a power-law with the magnitude of the exponent being a measure of K_{max} sensitivity. The combined effect can be normalized using the following equation, [12],

$$da/dN = f(\Delta K, K_{max}) \propto (\Delta K_{eff}^{(1-a)} K_{max}^a)^m \quad (3)$$

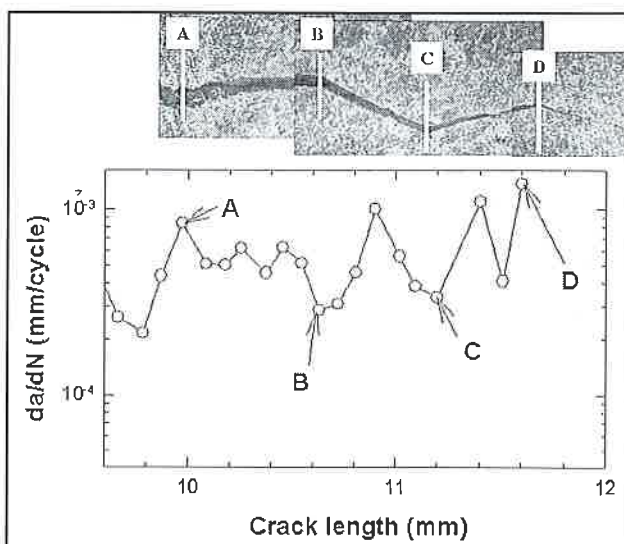


Figure 8 Magnified view of crack path in Mg alloy and growth rate variations during propagation through the microstructure

8. ábra. A Mg-ötvözet szövetszerkezetében terjedő repedés útja és terjedési sebességének változásai

where α is the normalized K_{max} sensitivity exponent and varies between 0 and 1. The previous results for the AZ91 were plotted using the approach of Eq. 3. Fig. 7 shows a good correlation independent of R-ratio when $\alpha = 0.9$, implying that the Mg-alloy is very sensitive to K_{max} . Previously, $\alpha = 0.1-0.12$ was reported for Al-alloys, [9].

Growth through a microstructure

As discussed in the introduction near threshold fatigue crack paths in a coarse-grained material are tortuous and complex and the mechanisms involved tend to modify the actual crack driving force. Consequently, growth rates are found to vary significantly due to crack interaction with microstructural features. To quantify this effect, relatively thin specimens (i.e. 3 mm) and a coarse-grained material structure were considered suitable in promoting a strong crystallographic growth pattern and in providing surface observations, which are representative of crack-microstructure interaction while crack growth rates were measured by the crack length vs. compliance technique, [13].

An example of a crack path across a few grains in the present Mg-alloy is shown in Fig. 8. Crack propagation is characterised a well-defined growth along crystallographic planes with deflections occurring at grain boundaries. In the plot of Fig. 8 letters show corresponding locations along the crack and specific growth rates as measured during continuous optical monitoring of the crack. It is seen how the crack accelerates before reaching a grain boundary where it decelerates because it behaves like an obstacle. In the case of small cracks grain boundaries, [1,3], may act as crack arresters. Although the present cracks are long, the coarse grain size of the materials apparently significantly affects the fatigue crack growth rates. Other observations are reported in [6,13].

Conclusions

FCG tests in a coarse-grained Mg-alloy were examined from the point of view of near-threshold behavior and of crack path-microstructure interaction by monitoring optically the surface of etched specimens. The main conclusions of this study are as follows:

- Near-threshold fatigue crack growth is strongly influenced by the R-ratio.
- Near-threshold fatigue crack growth conditions and a coarse material microstructure promote the development of rough fracture surfaces

by activating single slip mechanisms and crack deflection. Therefore roughness-induced crack closure is the main closure mechanism.

- The ASTM 2% offset procedure is found to significantly overestimate the crack opening load in the present tests while the adjusted compliance method of [8] appears reliable and unambiguous.
- The partial crack closure model of [10] was successful in correlating fatigue crack growth rates independently of the R-ratio.
- Monitoring optically cracks growing through the microstructure revealed that growth rates are affected by grain boundaries and grain-to-grain crack deflections.

References

- [1] Suresh S., (1998), Fatigue of materials, 2nd Ed., Cambridge University Press
- [2] Hadroboletz A., Weiss B., Stickler R., (1994), in Handbook of fatigue crack propagation in metallic structures, An. Carpinteri Ed., Elsevier pp. 847-882
- [3] Lawson L., Chen E.Y., Meshii M. (1999), Int J. Fatigue, 21, S15-S34.
- [4] Suresh S., Ritchie R.O., (1982), Metal. Trans. A, 13 A, pp. 1627-31
- [5] Mordike B.L., Ebert T., (2001), Mat. Sci. Eng. A302, pp.37-45
- [6] D. Fersini, Near-threshold fatigue crack propagation, Mech. Eng. Thesis, Università di Parma, Italy, 2003 (in Italian)
- [7] Nicoletto G., Pirondi A., (1997), Materialve inzinierstvo, 4, Zilina, Slovakia, pp. 10-16
- [8] Donald J.K., (1997), Int. J. Fatigue, 19, pp. 191-195.
- [9] Donald J.K., Paris P.C., (1999), Int. J. Fatigue, 21, pp. 47-57
- [10] Paris P.C., Tada H., Donald J.K., (1999), Int. J. Fatigue, 21, pp. 35-46.
- [11] Fersini D., Nicoletto G., (2003), Procs. TRANSCOM Conference, University of Zilina, Slovakia
- [12] McEvily A.J., Ritchie R.O., (1998), Fatigue Fract Eng. Matls Structs, 21, pp. 847-55
- [13] Nicoletto G., Konecna R. Pirondi A. (2003), Procs. Int. Conf. on Crack Paths, L. Pook and An. Carpinteri Eds., University of Parma, Italy

Különböző fafajok törési mikrofolymatainak feltárása akusztikus emissziós és elektronmikroszkópos vizsgálatokkal

Kánnár Antal*

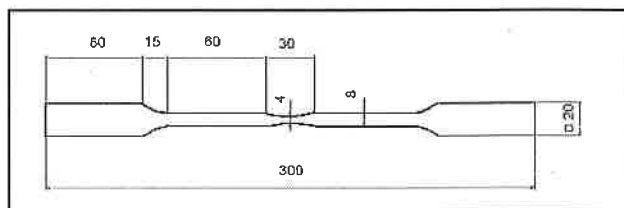
Összefoglalás

A faanyag szilárdságának meghatározásakor feszültség-alakváltozás függvényeket veszünk fel. Ezek lefutása a feszültség kis értékeinél lineárisnak tekinthető, ám magasabb terhelési szinten gyakran eltér a lineáristól a szívós anyagokhoz hasonlóan (Debaise 1966, Scurfield 1972). A feszültség-alakváltozás görbéik alapján a faanyag szívósnak tűnik. A faanyag akusztikus emissziós, valamint elektronmikroszkópos vizsgálata azonban nem támasztja alá a makroszkópos törés szívós jellegét. Mindkét vizsgálati módszer a faanyag törési viselkedésének meghatározó formáját a rideg törésben állapítja meg.

A kísérletek bemutatása

Kísérleteink során hat fajtát vizsgáltunk. Ezek lucfenyő, erdeifenyő, nyár, tölgy, bükk és akác fajok voltak. Minden fafajból 25 elemszámú minta húzóvizsgálatát végeztük el. A kialakított próbatestet az 1. ábra

mutatja. A minták átlagos nedvességtartalma 11% volt. Húzóvizsgálat közben Dephectophone (KFKI Hungary) akusztikus emissziós (továbbiakban AE) mérőrendszerrel és 2db DECI 1000H piezoelektromos érzékelővel vettük a minták akusztikus aktivitását. Az érzékelőkhöz szilikonszír csatolóanyagot használtunk. A vizsgált frekvencia tartománya 20–250 kHz volt. A jellemző törési felületekről elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk Svájcban (Zürich ETH.) és az ezeken észlelt mikroszerkezeti károsodásokat összevetettük a húzóvizsgálat során érzékelt AE események értékelésén alapuló, a tönkremenetel sajátágaira utaló megállapításokkal.



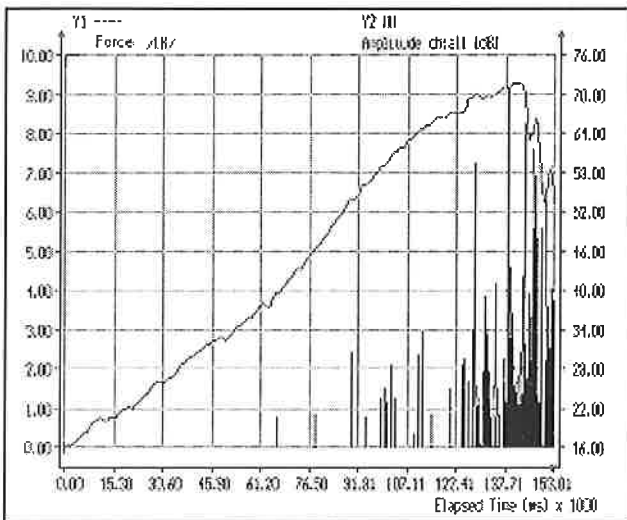
1. ábra. Az AE vizsgálatoknál alkalmazott húzópróbatestet

*egy. adjunktus, NYME- Műszaki Mechanika és Tartószerkezetek Intézet, Sopron

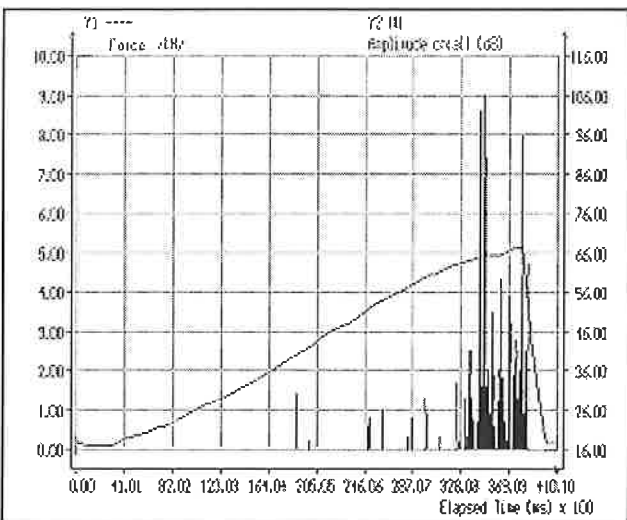
A próbatest kialakítása lehetővé tette, hogy a törésre vezető károsodás a középső harmadban jöhessen létre. Így a két érzékelő időkülönbséggel észlelte az akusztikus eseményeket, és a megszólalási időkülönbség alapján lehetőség van arra, hogy a befogások összetett igénybevételű keresztmetszeteiből származó nagyszámú eseményt kizárjuk vizsgálatainkból.

Az AE vizsgálatok eredményei

A 2-7. ábrák egy-egy jellemző akusztikus aktivitás, terhelőerő grafikont mutatnak be az eltelt idő függvényében, amely arányos az alakváltozással. Az AE vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy az akusztikus aktivitás csak a magas terhelési szinteken, a törőterhelés mintegy 70-80%-nál indul meg az esetek döntő többségében. Mivel az AE forrásai az anyagban létrejött törések, repedések és az egymáson elmozduló felületek súrlódásai lehetnek, a jelenség a faanyag rideg viselkedésére utal.



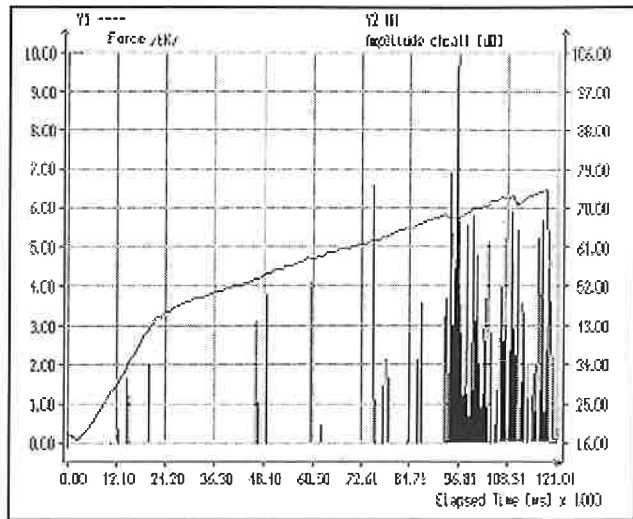
2. ábra. Lucfenyő akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben



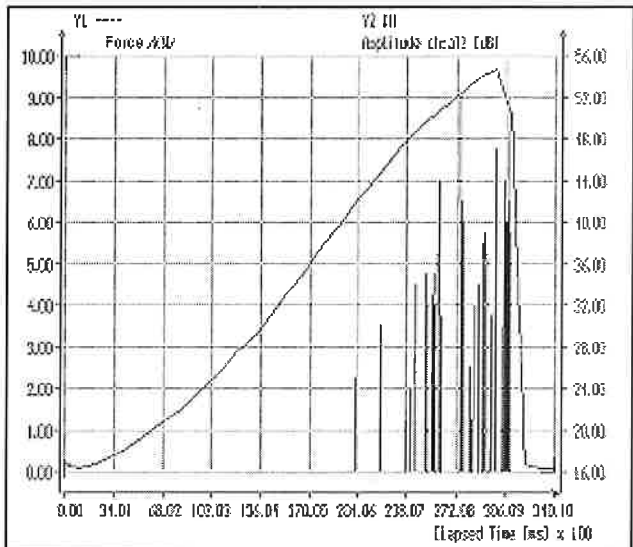
3. ábra. Erdeifenyő akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben

A hangemisszió kezdete, azaz a tönkremeneteli folyamatok kezdete tekintetében az egyes fafajok között nem találtunk jellemző különbséget. Jelentős különbség adódott viszont az egyes fafajok jellemző akusztikus aktivitásában. A 25 mintából képzett eseményösszegeket az 1. táblázat mutatja. A táblázat értékeiből látható, hogy a fa törési folyamata során csak néhány száz eseményt detektálunk, szemben a fémek és különösen a szálerősítésű műanyagok vizsgálatainál megszokott több ezer eseménnyel. A kis eseményszám is a fa rideg viselkedésre utalhat. Ha az egyes próbatestek eseményösszegét vizsgáljuk csupán, akkor

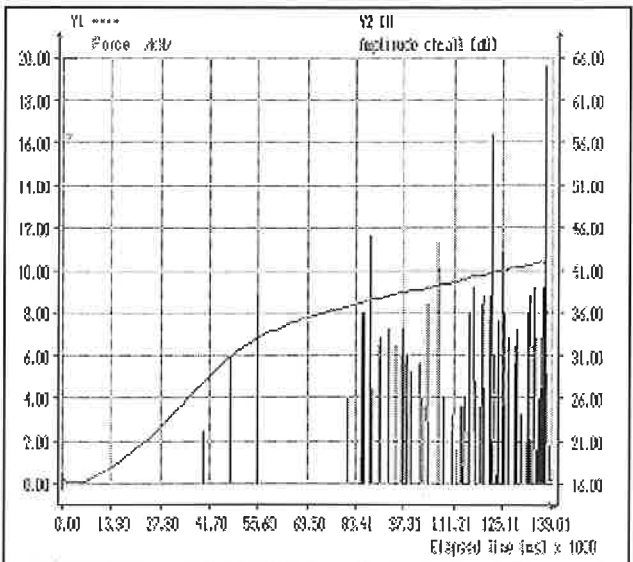
nem kapunk egyértelmű képet az adott faanyag akusztikus emissziós viselkedésére vonatkozóan.



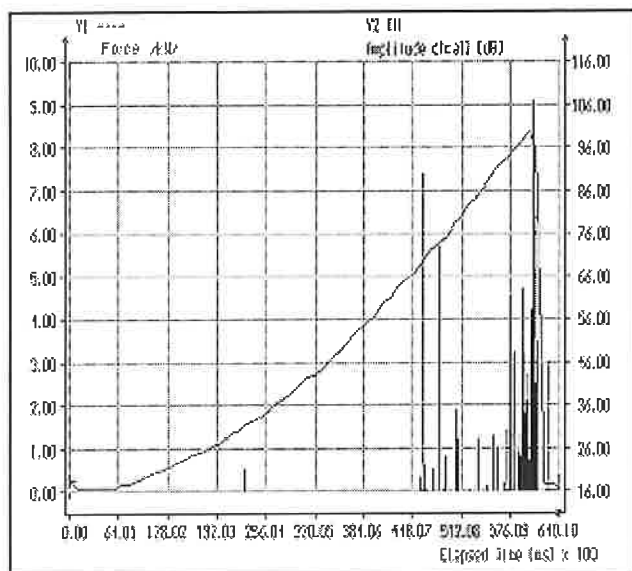
4. ábra. Nyár akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben



5. ábra. Tölgy akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben



6. ábra. Bükk akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben



7. ábra. Akác akusztikus aktivitása húzóvizsgálat közben

Ugyanis az ugyanazon fafajból készült, azonos módon kialakított és vizsgált próbatestek tönkremenetelét olykor csak néhány tíz, míg máskor néhány száz, esetleg ezer akusztikus esemény kísérte. Ennek oka a fa mint biológiai anyag bonyolult szerkezeti felépítésében, inhomogenitásában keresendő. Minden egyes próbatest egyedi biológiai szerkezetének megfelelően egyedi módon zajlanak le a tönkremeneteli folyamatok. Ezen megfigyelések alapján jutottunk arra a következtetésre, hogy a faanyag vizsgálata során a mintasorozatokban detektált eseményeket, mint adott fafajra és kísérleti körülményekre jellemző egységes mintát kezeljük. Az így kapott nagyszámú tönkremeneteli eseményt tartalmazó minta sűrűség- és eloszlásfüggvényeit vizsgáltuk az egyes fajok esetén. Ezen függvényeket összevetve értékes következtetéseket lehet levonni a faanyag törési természetére vonatkozóan.

1. táblázat Az egyes fajok húzóvizsgálata során kapott eseményösszegek (25 minta)

Fafaj	Eseményösszeg db
Lucfenyő	4787
Erdeifenyő	16 875
Nyár	10041
Tölgy	2746
Bükk	3478
Akác	10450

Eredeti elképzelésünk szerint az 1. táblázatban megadott eseményszámoknak megfelelő nagyságú minták sűrűségfüggvényeit hasonlítottuk volna össze. Ekkora mintákat azonban a rendelkezésre álló szoftverek nem tudtak kezelni. Emiatt összevetettük a sorozatokból véletlenszerűen kiválasztott 2500 elemű minták és az eredeti mintanagyság valószínűségi jellemzőit. A vizsgálat azt mutatta, hogy mind a várható érték, mind a medián és a módusz tekintetében a két minta megegyezik, így ezt követően minden faj esetében 2500 elemű mintát vizsgáltunk.

Megjelölt mintanagyságot a legkisebb akusztikus aktivitást mutató tölgy minta alapján választottuk. Tekintsük át a következőkben a vizsgált hat faj akusztikus eseményeinek energiasűrűség függvényeit.

A függvényeket elemezve elmondhatjuk, hogy a vizsgált fajok AE eseményeinek energiái 20 – 70 dB ($2,75 \times 10^{-4}$ – $27,5$ pJ) tartományba esnek. A legnagyobb gyakoriságú osztály lucfenyő, bükk és tölgy esetén 30 dB ($2,75 \times 10^{-3}$ pJ), míg erdeifenyő, nyár és akác esetén 35 dB ($8,69 \times 10^{-3}$ pJ). E két elkülöníthető csoportban a legnagyobb gyakoriságú energia értékében mintegy háromszoros különbség van. Lucfenyő és bükk esetén a legnagyobb gyakoriság jelentősen kiemelkedik a szomszédos osztályok közül, a gyakoriságfüggvény gyorsabban közelít az alacsonyabb értékek felé, mint a többi faj esetében. A vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a törés mikrofolymataiból származó akusztikus

események energiája közel azonos tartományban van, de az események legnagyobb energiagyakoriságú osztályai alapján két csoportot különíthetünk el.

Csoporton belül a függvények hasonló jellegűek, azaz nem jelentős a különbség az egyes fajok törésének mikrofolymataiból származó AE események energiájában. Érdekes továbbá az a tény, hogy a károsodás mikroszkópos jellemzői alapján a fajok nem a megszokott fenyők, puhafa, keményfa csoportokat alkotják, hanem a károsodási folyamat sajátosságainak megfelelően másként csoportosíthatók. A továbbiakban tekintsük át az akusztikus események felfutási idejének sűrűségfüggvényeit. A felfutási idő az az időtartam, amely alatt az esemény eléri csúcs amplitúdóját.

A sűrűségfüggvények tanúsága szerint különböző fajok között jelentős különbségeket tapasztalunk a nagyobb felfutási idők gyakoriságában. Az AE események felfutási idejének jellemző tartománya a vizsgált fajok esetén a 0 – 130 ms. Ezen időtartományba esik az események 95%-a. A legnagyobb gyakorisággal a 10 ms-os osztályba esnek az események minden faj esetében. Lucfenyő és bükk esetén a gyakoriságfüggvény szűkebb tartományt, 0 – 60 ms-t ölel fel, míg a többi faj esetében az események felfutási idő tartománya ennek mintegy kétszerese. A nagy felfutási idejű események egyrészt a nagy amplitúdójú nagy energiájú eseményekből, másrészt a sűrűlódásos jellegű eseményekből származnak feltehetően.

A vizsgálatok eredménye tehát arra utal, hogy lucfenyő és bükk esetén kisebb mértékben vannak jelen sűrűlódásos típusú jelek, illetve a nagy amplitúdójú és nagy felfutási idejű események részaránya kisebb, mint a másik négy fajnál. A legnagyobb gyakoriságot mutató 10 ms-os felfutási idő osztályba sorolt eseményeket feltételezhetően a fára jellemző kis felfutási idejű és nagy amplitúdójú törési folyamatok alkotják. Vizsgálatainkat elvégeztük az események amplitúdójára, az oszcilláció számára és az esemény hosszára is, amelyek az eddigiekhez hasonlóan azt mutatták, hogy a fajok törésének folyamata mikroszkópos szinten nem különbözik el alapvetően.

Összefoglalva a különböző fajok akusztikus emissziós vizsgálati tapasztalatait a következő megállapításokat tehetjük:

– Húzóvizsgálat közben az akusztikus aktivitás csak magas terhelési szinteken, a törőterhelés 70-80%-nál indul meg csupán az esetek döntő többségében. Mivel az AE forrásai a fában létrejött törések, repedések és az egymáson elmozduló felületek sűrűlódásai lehetnek, a jelenség a **faanyag rideg viselkedésére utal**.

– Az egyes fajok akusztikus aktivitásában jelentős különbséget tapasztalunk. A legaktívabbnak az erdeifenyő, majd csökkenő aktivitási sorrendben az akác, a nyár, a lucfenyő, a bükk és a tölgy adódott. A legaktívabb és a legkevésbé aktív faj között mintegy hatszoros az eseményösszeg különbség.

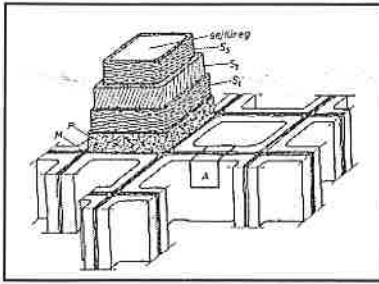
– Az egyes fajok húzóvizsgálata során észlelt akusztikus eseményekből képzett minták elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy a törési folyamat mikroszkópos jellemzői alapján az egyes fajok nem a megszokott csoportosításban (keményfa, puhafa, fenyő) különböznek el, hanem a károsodási folyamatok sajátosságainak megfelelően. Az akusztikus emissziós jellemzők vizsgálatai egyöntetűen azt mutatták, hogy az egyes fajok mikroszkópos károsodásának jellemző tartományában mért és számolt AE tulajdonságok is megegyeznek. A tartományon belül esetenként jelentős különbségeket tapasztalunk az egyes jellemzők gyakorisági értékeiben. **A törés mikroszkópos folyamatainak szintjén tehát a fajok nem különböznek el alapvetően.**

Az elektronmikroszkópos vizsgálatok eredményei

A faanyagok mikroszerkezete

Mielőtt elemeznénk a fa törési folyamatának megismerése érdekében készített elektronmikroszkópos felvételeket, célszerű röviden áttekinteni az egyes fajok mikroszerkezeti felépítését.

A faanyagban mint porózus szerkezetű szilárd anyagban a szilár-

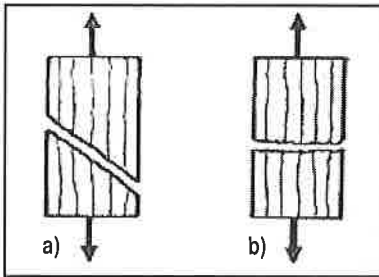


8. ábra. A faanyag sejtfalának felépítése

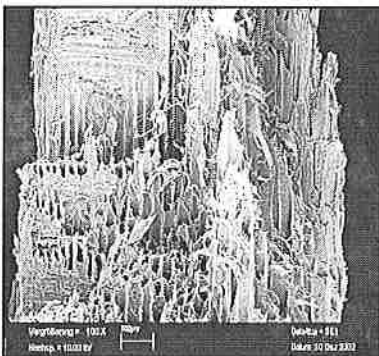
szerepét a fát felépítő sejtek – fenyőknél tracheidák, lombos fáknál tracheidák, lombos fáknál elsősorban farostok – sejtfalai látják el. A sejtfalak anyagának alapelemét a cellulóz molekulák adják, amelyek cellulóz fonalmolekulákká majd elemi fibrillákká szerveződnek, és ezek sejtközi üregeibe rakódnak be a szerkezetet merevítő hemicellulóz és lignin. A sejtfalat az élő sejt citoplazmája hozza létre. Először az elődleges (primer) sejtfal (P) alakul ki. A primer sejtfal a sejt végleges méretének eléréséig növekszik. A szomszédos sejtek a középlemezen (M) keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Az érintkező felületeket a közép-lamella pektin anyaga ragasztja össze. A sejt teljes méretének elérése után a sejtfal vastagodni kezd és kialakul a másodlagos (szekunder) sejtfal. Ez három jól elkülöníthető rétegre bontható, jelük S1, S2, S3. A sejtfalat egy kocsonyás záró réteg választja el a sejtüregtől. A sejtek kapcsolódását és a sejtfal felépítését a 8. ábra szemlélteti.

A szilárdítás szerepét elsősorban a másodlagos sejtfal, elsősorban ennek S2 rétege látja el. Az S2 réteg fibrilláinak lefutása ugyanis közel párhuzamos a rostsejtek hossz tengelyével, továbbá az S2 sejtfalréteg vastagsága mintegy 70%-t teszi ki a teljes sejtfalnak.

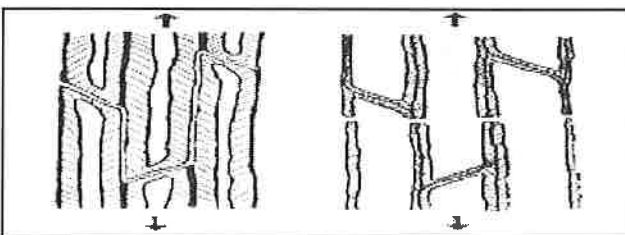
A törést okozó károsodások



9. ábra. A vizsgált fafajok károsodásának jellemző módjai: a., elnyíródás, b., tompa szakadás



10. ábra. Erdeifenyő szakadás jellegű törési képei



11. ábra A vastag falú (bal kép) és a vékony falú (jobb kép) tracheidák károsodásának leggyakoribb módjai húzás során (Bodig 1982.)

dítás szerepét a fát felépítő sejtek – fenyőknél tracheidák, lombos fáknál tracheidák, lombos fáknál elsősorban farostok – sejtfalai látják el. A sejtfalak anyagának alapelemét a cellulóz molekulák adják, amelyek cellulóz fonalmolekulákká majd elemi fibrillákká szerveződnek, és ezek sejtközi üregeibe rakódnak be a szerkezetet merevítő hemicellulóz és lignin. A sejtfalat az élő sejt citoplazmája hozza létre. Először az elődleges (primer) sejtfal (P) alakul ki. A primer sejtfal a sejt végleges méretének eléréséig növekszik. A szomszédos sejtek a középlemezen (M) keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Az érintkező felületeket a közép-lamella pektin anyaga ragasztja össze. A sejt teljes méretének elérése után a sejtfal vastagodni kezd és kialakul a másodlagos (szekunder) sejtfal. Ez három jól elkülöníthető rétegre bontható, jelük S1, S2, S3. A sejtfalat egy kocsonyás záró réteg választja el a sejtüregtől. A sejtek kapcsolódását és a sejtfal felépítését a 8. ábra szemlélteti.

A törést okozó károsodási folyamatokban tehát az S2 sejtfalrétegnek döntő szerepe van. Tekintsük át a következőkben a vizsgált fafajok károsodási felületeit.

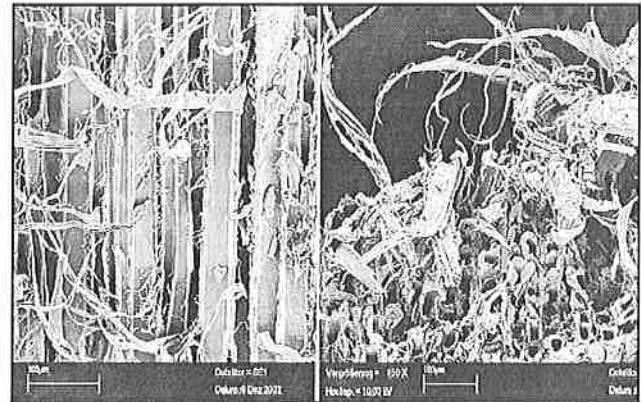
Húzóvizsgálat közben a károsodás jellemző módja a tompa törés és az elnyíródás jellegű törés volt erdeifenyő, nyár és bükk esetén, míg csak elnyíródás tölgy és akác esetén (9. ábra).

Az erdeifenyő károsodott felületeit a 10.–12. ábrák mutatják. A szakadásos jellegű törés (10. ábra) lépcsőzetesen (nem egy síkban) alakult ki, ennek megfelelően sejtfalon átmenő rideg jellegű törések illetve az egyes síkok között a tracheidák rideg elnyíródása következett be. A törés lépcsőzetes jellege a ko-

rai és késő pásztáknak megfelelő vékony és vastag falú tracheidák törésének különbözőségében rejlik részben (Bodig, 1982). A vastag falú tracheidák a végeiknél szakadnak el egymástól, míg a vékony falú sejtek sejtfalon átmenő töréssel egy vonal mentén törnek el (11. ábra).

A rost irányú elnyíródás síkja általában a bélsugár-parenchimák síkja, mint az a bal oldali képen jól látható. A rideg törések mellett megfigyelhető – feltehetően a késő pászta vastag falú sejtjeinek esetében – az S2 sejtfalréteg kihúzódása is.

Nézzük most meg az erdeifenyő elnyíródás jellegű törési képeit (12. ábra). A bal oldali képen láthatjuk, hogy az elnyíródás a tracheidák

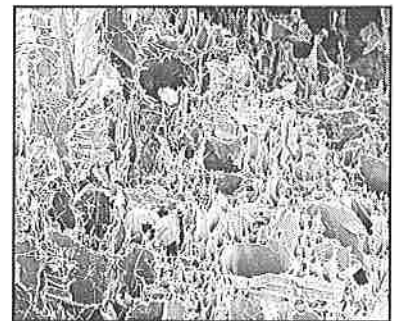


12. ábra. Az erdeifenyő elnyíródás jellegű törési felülete

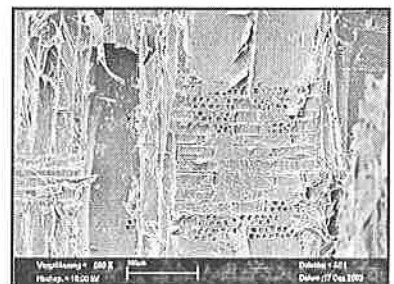
hossz tengelye mentén jött létre. Az erdeifenyőnél nagyobb számban találunk a sejtfalon belüli károsodásra utaló sejt-falkihúzódásokat. Ez a jelenség hozzájárul az erdeifenyő nagy akusztikus aktivitásához, hiszen a kihúzódások során számos eseményt detektálunk feltehetően. A jobb oldali kép kombinált törési felületet mutat, ahol szakadás, elnyíródott elemek és sejtfalréteg kihúzódások egyaránt láthatók.

Az erdeifenyő törési természetéről – a törési képek alapján – elmondhatjuk, hogy a jellemzően rideg törési jelleg, a szakadás és a nyírás mellett jelentős a sejt-falkihúzódás is a törési folyamat során.

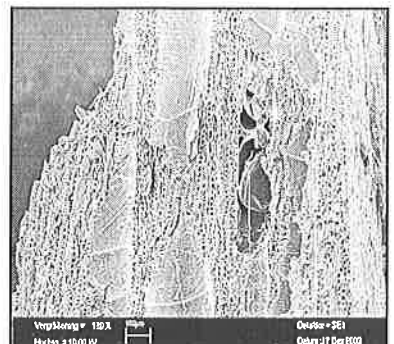
A nyár törési jellemzőit szemléltethetjük a 13. és a 14. ábrákon. Nyár szakadásos törési felületén az eddigiekhez hasonlóan rideg törési felületeket figyelhetünk meg (13. ábra). Mind a rostok, mind a nagy sejtüregű edények sejtfalon átmenő töréssel mennek tönkre. A nyár törésekor nem



13. ábra. A nyár szakadásos tompa törési felülete



14. ábra. A nyár elnyíródás jellegű törési felületei



15. ábra. A tölgy elnyíródás jellegű törési felülete

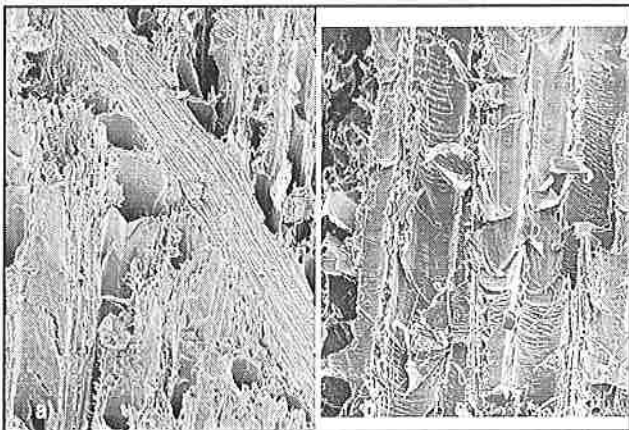
találunk nagyobb számban sejtfolkihúzódást. Ennek oka a gyors növekedésű nyár fafaj vékony falú, kis szilárdságú sejtalfelépítése lehet.

Ha a törés elnyíródással következik be, akkor annak törési felülete szintén rideg jellegű a nyárnál is (14. ábra). Az elnyíródás során mind az edények mind a rostsejtek hossztengegyükkel közel párhuzamosan sejt-falon átmenő töréssel mennek tönkre. A törési felület rideg jellegét jól mutatja az 500 szoros nagyítású alsó felvétel.

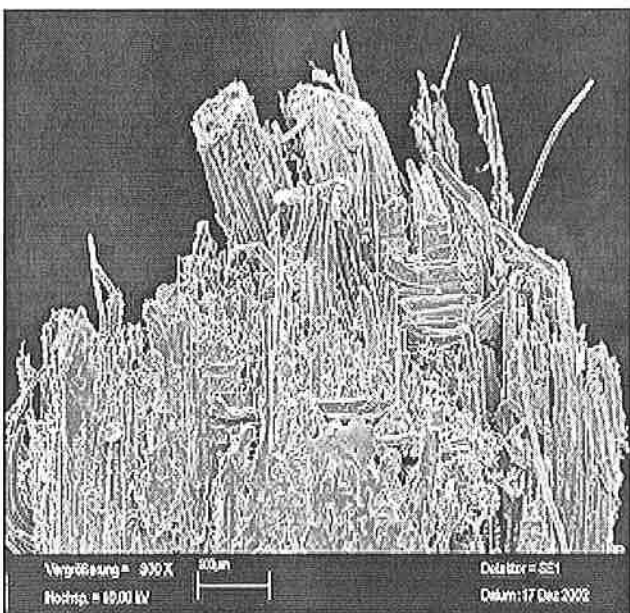
A tölgy vizsgálatával folytassuk a törési képek elemzését. Tölgynél csak elnyíródás jellegű törési felületek képződtek a korábban leírt húzópróbatést szakításakor. A nyírási felületet részleteit a 15. ábra jeleníti meg. Nyírásra a tölgy sejtjai is ridegen törnek. Ez érvényes a nagy lumenű edényekre éppúgy mint a farostokra és a kép közepén látható bélsugárparenchima sejtekre egyaránt. A tölgynél sem tapasztalunk sejt-falon belüli károsodásra utaló sejtfolkihúzódásokat. A jellemző károsodási forma tehát a sejt-falon átmenő rideg nyírási törés.

A bükk jellemző törési felületeit a 16. ábra szemlélteti. A bükk szakadós törésekor a farostok és edények sejt-falai szakadnak át. A törési felület rideg jellegű (a kép). A képen keresztirányban áthúzódó bélsugár a parenchimák hossztengeye mentén törött el. A sejt-falon belüli károsodásra utaló sejtfolkihúzódásokat nem találunk a törési felületen.

A bükk elnyíródás jellegű törése esetén jól látható az átszakadt sejt-falak rideg jellege. Minden sejt-típus sejt-falon átmenő elnyíródással megy tönkre, sejtfolkihúzódásokat csak nagyon kis számban tapasztalunk. A



16. ábra. A bükk szakadós tompa (a) és az elnyíródás jellegű (b) törési felületei



17. ábra. Az akác elnyíródás jellegű törési felülete

bükk fafaj jellemző tönkrementeli formája tehát a rideg jellegű szakadós és nyírási törés.

Végül figyeljük meg az akác károsodott felületét. Szintén csak elnyíródás jellegét tapasztaltunk, amint ezt a 17. ábrán bemutatott elektronmikroszkópos felvétel szemlélteti. Az akác törési felületei is rideg elnyíródásról tanúskodnak. Mind a rostok mind a bélsugarak sejt-falon átmenő töréssel nyíródnak el. Nem tapasztalunk sejtfolkihúzódást, így a domináns tönkrementeli mód a sejt-falon átmenő rideg nyírási törés.

Összefoglalva a különböző fafajok húzóvizsgálata során létrejött törési felületek elektronmikroszkópos vizsgálati tapasztalatait megállapíthatjuk a következőket:

Az erdeifenyőre a rideg szakadás és elnyíródás mellett a jelentős mértékű sejt-falon belüli károsodás, a sejtfolkihúzódás a jellemző.

A nyár fafajnál a sejt-falon átmenő rideg jellegű szakadási és nyírási törés dominál. A sejt-falon belüli károsodás előfordulása ritka, nem jellemző. Ez feltehetően a nyár vékony falú, kis szilárdságú sejt-falainak a következménye.

A tölgyfa törésére az elnyíródás a jellemző. A nyírt felületek a sejt-falon átmenő rideg törésre utalnak minden sejt-típus esetén.

Bükk húzásakor mind a farostok, mind a bélsugár parenchima sejtek szakadása és elnyíródása is rideg jellegű törés. A sejt-falon belüli károsodás nem jellemző.

Az akácfa törése tölggyhöz hasonlóan nyírási jellegű, és hasonlóan a többi fafajhoz, a törés rideg és sejt-falon átmenő típusú.

Összefoglalás

A törési felületek elektronmikroszkópos vizsgálata tehát alátámasztja az AE vizsgálatok valamint a szakirodalom megállapításait, miszerint húzásra a faanyag törését okozó károsodások rideg jellegűek. A rideg jelleg nem függ alapvetően a fafajtól. Így már jobban érthető, hogy az AE jellemzők eloszlásának vizsgálata a faanyagra általánosan érvényes mért paramétereket adott, azaz az egyes fafajok sajátosságai a mikroszkópos károsodási folyamatok jellegében nem okoznak jelentős változást. Feltételezhetjük továbbá azt is, hogy az erdeifenyő szakítása közben tapasztalt nagy AE aktivitás egyik oka lehet a sejt-falon belüli károsodás, a sejtfolkihúzódás jelentős részaránya. Végeredményben azt mondhatjuk, hogy húzásakor mikroszkópos szinten, jellemzően rideg szakadás és nyírás formájában, a törési folyamatok nagyon hasonlóan játszódnak le az egyes fafajokban.

Irodalom

- Debaise (1966.): Morphology and mechanics of wood fracture. Mater. Res. and Stand Mirsa, 6
- Scurfield G. Silva S.R., Wold M.B. (1972): Failure of wood under load applied parallel to grain. A study using SEM. Micron 3:160-184.
- Bodig J., Jayne B. (1982): Mechanics of Wood and Wood Composites, Van Nostrand Reinhold Company Inc. 289-302 p.

Summary

Investigation of micro-damage processes of wood using acoustic emission and electron-microscopy. Stress-strain curves were recorded in case of different wood species to take the strength. Most stress-strain curves have a linear range at lower stress level. At higher stress values the curve starts to deviate from the linear character, and shows similarity to the ductile material. Based on the stress-strain curve the wood seems ductile material (Debaise, 1966; Scurfield, 1972). The results of acoustic emission and electron-microscopic investigations don't support the assumption of this fracture type. Both methods show wood to typically exhibit brittle fracture characteristic.

An initial investigation into the change in magnetomechanical properties of terfenol-d rod due to prestress and temperature

Jacek Bomba* – Jerzy Kaleta* – Paweł Sawa*

Összefoglalás

Az előterhelés és a hőmérséklet hatásának vizsgálata a terfenol-d rúdanyag magnetomechanikai tulajdonságaira. Szerzők az intelligens mágneses anyagok (SMM) csoportjába tartozó, erős magnetostríciót mutató anyagok (GMM) egyikének, a terfenol-d terbium-diszprózi-um-vas ötvözet magnetostríciós tulajdonságainak (λ fajlagos hosszváltozás, ΔW A/m csillapodás) változását vizsgálták a σ_0 előterhelés és a T hőmérséklet függvényében. A szakítógépre telepített mérési rendszert a 3. ábra szemlélteti. A terfenol-d anyagból készített próbatest méretei: $\varnothing 10 \times 50$ mm. A vizsgálat eredményeit a 4. – 9. ábrák szemléltetik. Ezek alapján a következőket állapították meg:

1. A σ_0 előterhelés szignifikáns hatással van a magnetostríciós tulajdonságok változásra és a GMM anyagban elnyelt energia mennyiségére. A magnetostríktív karakterisztika széles tartományban lineáris.
2. A magnetostríció szempontjából az előterhelés optimális tartománya: $\sigma_0 = 10 - 13$ MPa. A vizsgált anyagból készülő működtető (pl. 2. ábra) konstruálásánál a csillapítást is figyelembe véve a $\sigma_0 = 10$ MPa az optimális.
3. A $10 < T < 20^\circ\text{C}$ hőmérséklet-tartományban a hőmérséklet hatása elhanyagolható.
4. A vizsgálati módszerrel nyerhető eredmények felhasználhatók a magnetostríktív elvén működő szerkezetek konstruálásához.

Introduction

Magnetostriction is a physical phenomenon that can be described as the deformation of a body in response to a change in its magnetisation (for examined materials due to a change of external magnetic field). From the other papers [1, 2, 3] it is well known that deformation λ depends on such parameters as temperature T, applied external stress σ_0 (prestress), external magnetic field intensity H, mechanical and magnetic load spectrum. In conventional materials, as iron, nickel or cobalt, λ amount is ca. 0,005%. The reciprocal phenomenon consists in a changing of magnetization due to applying a stress to the material. It is known as reverse magnetostriction or Villary effect. This phenomenon is commonly used in magnetostrictive sensors.

In 1965 in Naval Ordnance Lab and Ames Laboratory it was discovered [4], that some rare earth elements and alloys, e.g. Tb (terbium), Dy (dysprosium) and Sm (samarium), exhibit much higher magnetostriction in cryogenic temperatures than nickel – ca. 0,2%. Few years later an alloy of rare earth elements and iron was developed which exhibits giant magnetostriction in room temperature. This group of materials is called Giant Magnetostrictive Materials (GMM). GMM belong to the group of Smart Magnetic Materials (SMM). Nowadays the most widely known is intermetallic alloy $\text{Tb}_x\text{Dy}_{1-x}\text{Fe}_y$, where $x = 0,27 \div 0,30$ and $y = 1,92 \div 2,00$ [5] – called Terfenol-D. It is manufactured in the form close to uniform crystal or as powders by Bridgman or Czochralski method and as thin films by magnetron sputtering.

GMM allow interchange of mechanical and magnetic energies (Fig. 1) and have been used for many years in magnetostrictive transducers. They have been used due to simple construction, e.g. in magnetostrictive ultrasonic generators generating low frequency ultrasonic waves

($2 \cdot 10^5$ Hz) or in magnetostrictive sensors sensing mechanical ultrasonic waves [6]. These transducers based on conventional materials, for example ferromagnetic rod of ferrites or nickel. The discovery of giant magnetostrictive phenomenon allowed for construction new generation of magnetostrictive transducer, with much better parameters. It significantly increased the area of their possible application.

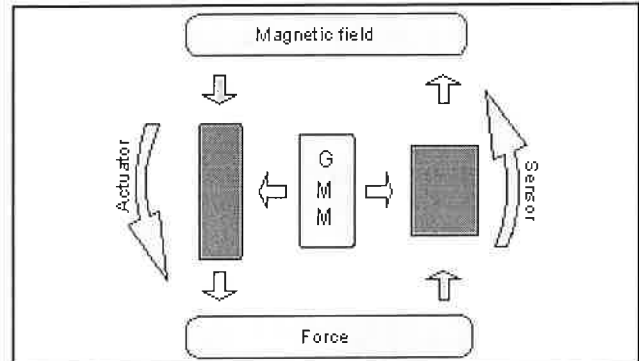


Fig. 1 A schematic diagram of energy transformation in magnetostrictive materials [7]

1. ábra. A magnetostríktív anyagokban végbemenő energiaátalakulás vázlatja [7]

The magnetomechanical phenomenon of the magnetostrictive materials can be described by the linear equations given below:

$$\epsilon = \epsilon(\sigma, H), \quad (1)$$

$$B = B(\sigma, H), \quad (2)$$

with mechanical strain ϵ , mechanical stress σ , magnetic field strength H, magnetic flux density B within the magnetostrictive material.

The authors applied an advanced giant magnetostrictive material (GMM) [7, 8] to a magnetostrictive actuator construction (Fig. 2). Important role in construction of actuator play applied stress (prestress)

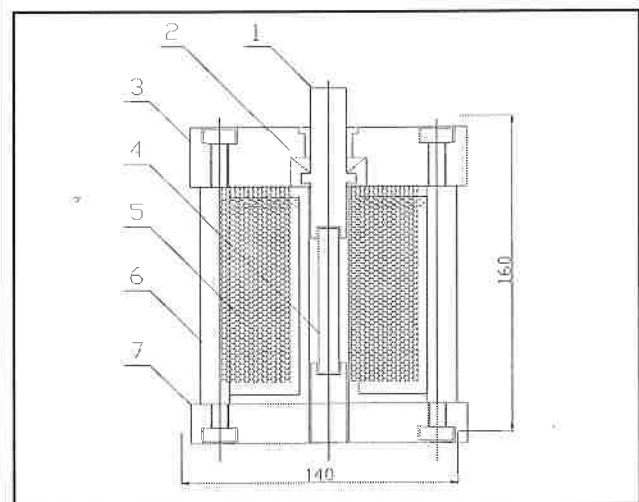


Fig. 2 A schematic diagram of the magnetostrictive actuator;

1 – drive rod, 2 – spring, 3 – upper cover, 4 – magnetostrictive material, 5 – coil, 6 – housing rods, 7 – bottom cover

2. ábra. A magnetoinduktív készülék vázlatja; 1 – a mozgató rúd, 2 – rugó, 3 – felső fedél, 4 – a magnetostríktív anyag, 5 – tekercs, 6 – a burkolat rudazata, 7 – alsó fedél

* Wrocław University of Technology, Institute of Materials Science and Applied Mechanics, ul. Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław; <http://smartsite.immt.pwr.wroc.pl>
e-mail: jacek.bomba@pwr.wroc.pl; jerzy.kaleta@pwr.wroc.pl

and magnetic field (bias magnets). According to theory [9, 10] the influence of prestress σ_0 is justified – associated with crystal lattice deformation what causes a change in a direction of magnetization vector and magnetic anisotropy. The device enables a smooth change of prestress σ_0 and bias magnetic field. Fundamental task was to find an appropriate prestress value for the specific GMM – optimum for such reasons as a linearity of H- λ curves and efficiency of magnetomechanical coupling.

Experimental investigation

Description of investigated object and examination proposal

GMM rods [7, 8] the size of $\phi 10$ mm x 50 mm were examined. The tests were aimed at measuring magnetostriction λ along the rod-axis due to change magnetic field intensity H, for different prestress value σ_0 (constant temperature T and quasistatic field changing). Additionally an influence of temperature was planned to measure.

Measurement set-up

The set-up, shown in figure 3, enabled a control of σ_0 , H, T and a measurement of the end of the GMM rod displacement Δl , while the other end was fixed. λ was calculated dividing Δl by the length of the rod l.

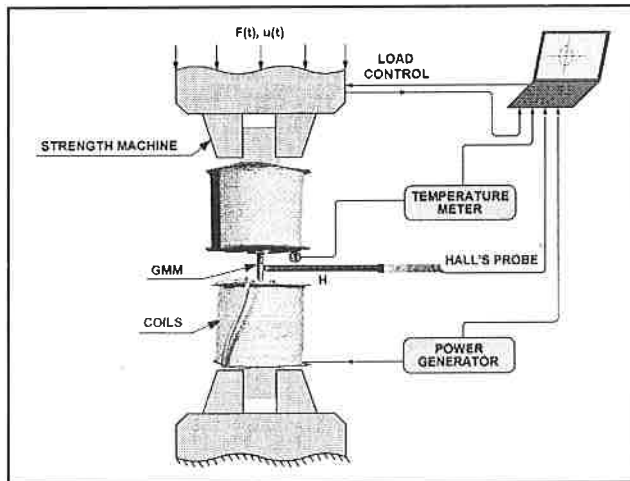


Fig. 3 A schematic diagram of the measurement set-up [11]
3. ábra. A mérési rendszer vázlatja

A strength test machine realized the control of an applied prestress σ_0 in the form of force loads. The machine enabled Δl measurements too. The external magnetic field was generated by the system of two coils [7, 8] in the range of ± 130 kA/m. The magnetic field intensity measurement was realized by Hall sensor. The temperature was control by a cooling system. The data was collected by PC workstation equipped with a 16-bit measuring card.

The measurements were performed in two steps:

- I – measurement of magnetostriction λ for different prestresses $\sigma_0 = \{1; 4; 10; 13\}$ MPa and temperatures $T = \{10; 15; 20\}$ °C;
- II – for $\sigma_0 = \{1; 4; 7; 10; 13; 16; 19; 22; 25; 28; 31; 34; 37; 40\}$ MPa with $T = 20^\circ\text{C}$.

Results and discussion

The data was processed with use of HPVee 5.0 software. In figure 4 is shown the chosen results of H- λ curves for the prestress $\sigma_0 = \{4; 10; 13; 19\}$ MPa at $T = 20^\circ\text{C}$.

In figure 5 is shown influence of temperature on magnetostriction for temperatures 10, 15, 20 °C and prestress value $\sigma_0 = 10$ MPa. The presented results and the others for $\sigma_0 = \{1; 4; 13\}$ MPa allow to say that the influence of temperature in few degrees range can be neglected.

In figure 6 is shown magnetic field intensity H vs. the magnetostriction λ for different prestress values $\sigma_0 = \{1; 4; 10; 16; 19; 25; 40\}$ MPa at $T = 20^\circ\text{C}$. Differences between λ -maximum and hysteresis losses in H- λ origin are evident. These results are shown in figure 7. λ maximum changed from $3 \cdot 10^{-4}$ (at $H = 20$ kA/m) to $1,2 \cdot 10^{-3}$ (at $H = 120$ kA/m). The curvilinear character of $\lambda(H)$ signals saturated (reached maximum) for prestress range $\sigma_0 = 5 \div 13$ MPa.

Following, the influence of prestress σ_0 on damping value was ana-

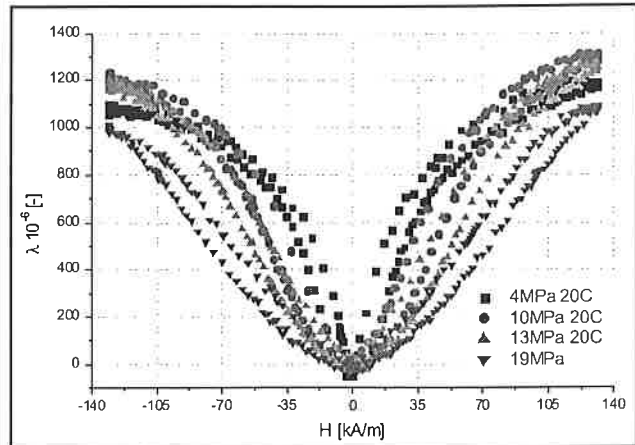


Fig. 4 Influence of prestress on magnetostriction [12]
4. ábra. A σ_0 előterhelés hatása a λ magnetostrikció – H térerő függvény menetére $T = 20^\circ\text{C}$ -on

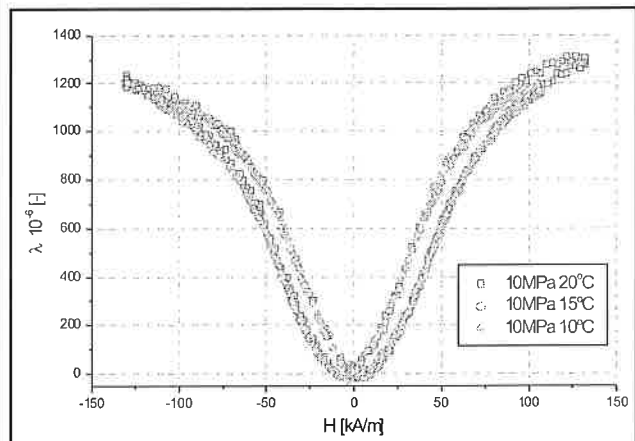


Fig. 5 Influence of temperature on magnetostriction (for $\sigma_0 = 10$ MPa)
5. ábra. A T hőmérséklet hatása a λ magnetostrikció – H térerő függvény menetére, $\sigma_0 = 10$ MPa

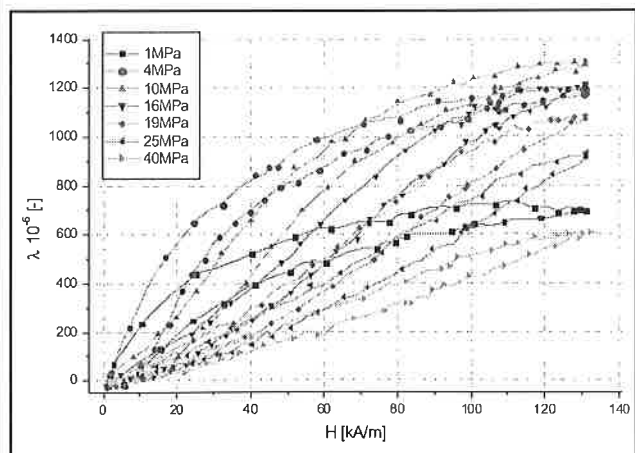


Fig. 6 Influence of prestress on magnetostriction ($T = 20^\circ\text{C}$) [12]
6. ábra. A σ_0 előterhelés hatása a $\lambda(H)$ függvény menetére, ($T = 20^\circ\text{C}$) [12]

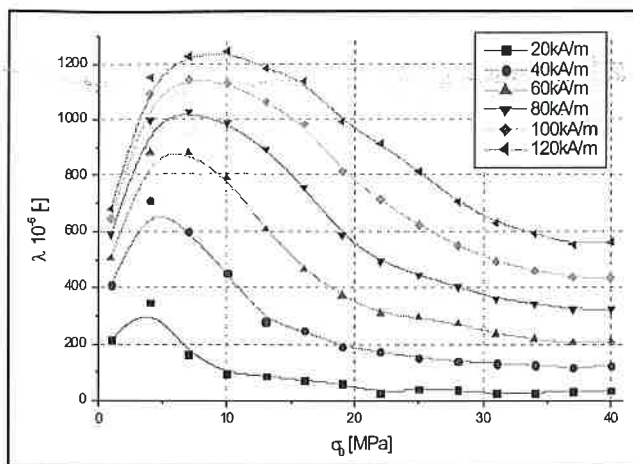


Fig. 7 Magnetostriction vs. prestress at different magnetic field intensity [12]

7. ábra. A H térerő hatása a λ(σ₀) függvény menetére [12]

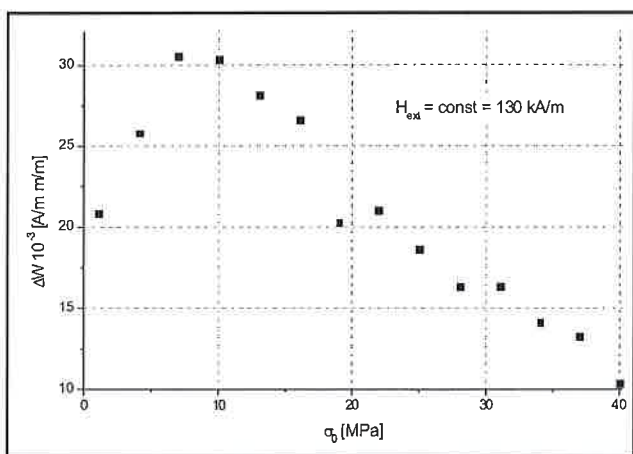


Fig. 8 Magnetomechanical damping vs. prestress (H = 130 kA/m)

8. ábra. A magnetomechanikai csillapítás – előterhelés függvény (H = 130 kA/m)

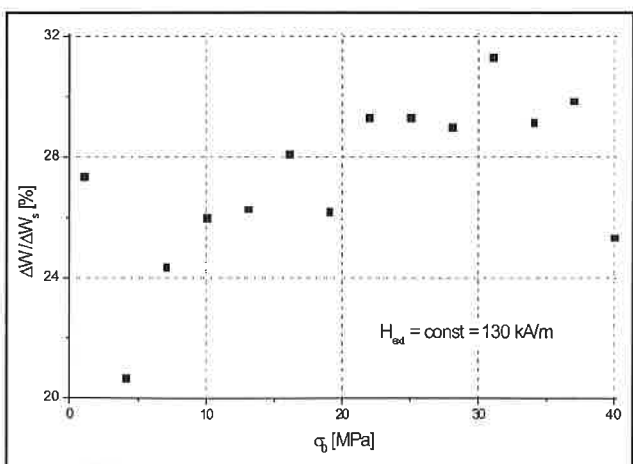


Fig. 9 Magnetomechanical damping vs. prestress (H = 130 kA/m)

9. ábra. A magnetomechanikai csillapítás – előterhelés függvény (H = 130 kA/m)

lysed and is shown in figure 8. The damping quantity ΔW was defined as the hysteresis loops area in $H-\lambda$ origin (only for positive values of H). The mentioned damping dimension is $[A/m \cdot m/m]$. The presented results show the case for $H = 130 \text{ kA/m}$. The damping value ΔW increases as long as $\sigma_0 = 10 \text{ MPa}$ and next decreases nearly linearly until $\Delta W = 10 \text{ A/m m/m}$.

A setting-up ΔW values divided by whole magnetomechanical coupling energy ΔW_s (the area under magnetostrictive curves in $H-\lambda$ origin) is significant (Fig. 9). It was noticed that this value is relatively small ($25 \div 26\%$), it means the efficiency of magnetomechanical coupling is quite high, for prestress range $\sigma_0 \approx 10 \div 13 \text{ MPa}$. Similar results were presented in [1].

Conclusions

1. The investigations showed the significant influence of prestress σ_0 on the shape of magnetostrictive curves and quantity of dissipated energy in GMM. The wide range of linear magnetostrictive characteristics was presented.
2. The tests enabled to find the optimum range of prestress, both for characteristic shape linearity and maximum magnetostriction, as $\sigma_0 = 10 \div 13 \text{ MPa}$. Finally, taking into account the damping values, for a magnetostrictive actuator application the value $\sigma_0 = 10 \text{ MPa}$ was proposed.
3. It was shown the change of temperature in a range of few degrees at room temperature for tested material has not significant influence on magnetostriction.
4. The achieved results make building a control system for the constructed actuator possible.

Literature

[1] Engdahl G. (2000): Handbook of Giant Magnetostrictive Materials, Academic Press, Stockholm

[2] Jiles D. (1995): Introduction to Magnetism and Magnetic Materials.; Chapman & Hall, London

[3] Tremolet de Lacheisserie (1993): Magnetostriction: Theory and Applications of Magnetoelasticity.; CRC Press, Boca Raton

[4] Joshi Ch. H., Bobrov E. S.: Compact, efficient deformable mirrors for space-borne telescopes.; Energen Inc., Bedford, Massachusetts

[5] Dapino M. J., Calkins F. T., Flatau A. B. (1999): Magnetostrictive devices.; in 22nd. Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, Vol.12, J. G. Webster, Ed., pp.278-305, John Wiley & Sons, Inc., New York

[6] Jaworski B., Dietlaf A. (1976): Kurs fizyki. Tom III; Warszawa, 66-67

[7] Bomba J., Kaleta J. (2002): Giant magnetostrictive materials (GMM) as a functional material for construction of sensors and actuators.; 19th DANUBIA-ADRIA Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, September 25-28 2002, Polanica Zdrój, Poland

[8] Bomba J., Kaleta J. (2002): Badanie własności cyklicznych materiałów o gigantycznej magnetostrykcji. Stanowisko i metodyka badań.; XIX Sympozjum Zmęczenie i Mechanika Pęknięcia, Bydgoszcz, Poland

[9] Engdahl G. (2000): Handbook of Giant Magnetostrictive Materials; Academic Press, Stockholm

[10] Jiles D. (1995): Introduction to Magnetism and Magnetic Materials; Chapman & Hall, London.

[11] Bomba J., Kaleta J., Sawa P. (2003): Sprawność przekształcania energii w materiałach o gigantycznej magnetostrykcji.; IX Krajowa Konferencja Mechaniki Pęknięcia, 14-17.09.2003, Kielce-Cedzyna, Poland

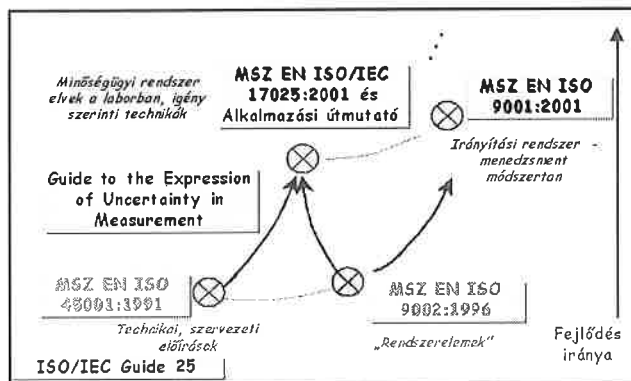
[12] Bomba J., Kaleta J., Sawa P. (2003): Wpływ naprężeń wstępnych na zjawiska magnetomechaniczne w materiałach o gigantycznej magnetostrykcji.; II Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji, 4-7.06.2003, Augustów, Poland

A mérési tevékenység minőségirányítása

Dr. Koczor Zoltán – Göndör Vera – Gregász Tibor

A mérési bizonytalanság új megvilágításban és új szabványkörnyezetben

A jól működő mérésügyi rendszert legalább két szempontból kell fejleszteni: egyrészt a mérésekkel kapcsolatos műszaki, statisztikai, mérés technikai kihívásoknak megfelelő; másrészt a szervezeti szabályozások vonatkozásában a felvetődő mérési feladathoz illeszkedő minőségű és költségű megoldásokat találni (1. ábra).



1. ábra. A szabványok fejlődési lépései

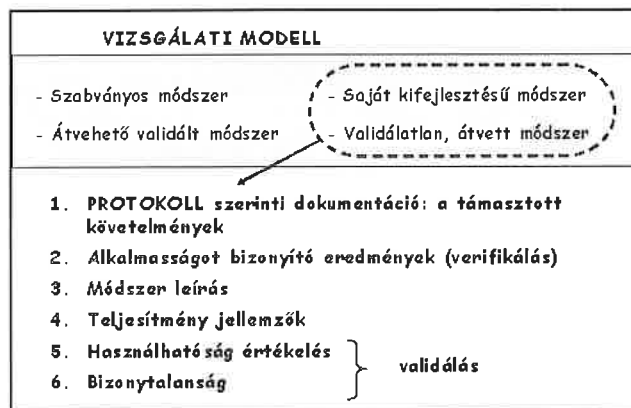
Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2001-es szabvány követelményei több korábbi szabályozási elvárást ötvöznek magukban, így:

- az MSZ EN ISO 45001:1991
- az ISO/IEC Guide 25 (1990)
- a „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (1995)”, valamint

- az MSZ EN ISO 9002:1996-es szabvány azon részleteit, melyek a laboratóriumi környezetben és a kalibrálási szolgáltatásban értelmezhetők (ezt jelenleg az MSZ EN ISO 9001:2001-es szabvány megfelelő értelmezése váltja ki).

A szabályozások valamennyi, az üzleti értelemben korrekt vizsgálati területre kiterjednek, így a szabványos, a nem szabványos, azon belül is validáltan átvett és a saját laborban validált mérési és kalibrálási eljárásokra.

A szabvány a szervezet irányításával kapcsolatosan szabályozást ad a szervezet, a minőségirányítási rendszer, a dokumentumok kezelése, az ajánlatkezelés és -átvizsgálás, a szolgáltatás és szállítás elrendelése, a szolgáltatási folyamat, a panaszok a nem megfelelő tevékenység ellenőrzése, a helyesbítő és megelőző tevékenységek a feljegyzések kezelése, a belső auditok és a vezetői átvizsgálások kérdésében. Műszaki követelményeket tartalmaz a szabvány a személyzetre, a kör-



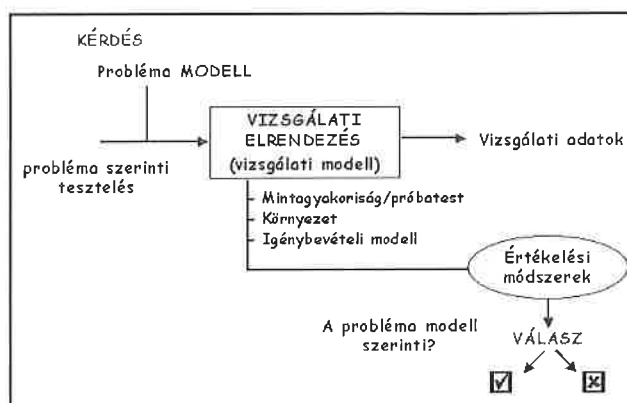
2. ábra. A mérési eljárások alkalmazhatóságának kritériumrendszere

nyezeti feltételekre, a módszerek kiválasztására és érvényesítésére, a berendezés adottságaira, a mérés visszavezethetőségére, a mintavételezésre, a vizsgálati objektumok kezelésére, az eredmények minőségének biztosítására és közlésére.

Cikkünk a szabvánnyal kapcsolatosan megjelent új szemléletmóddal foglalkozik. Ez elsősorban a vizsgálatok teljes körű áttekintését teszi lehetővé származás és elfogadhatóság szempontjából, másodlagosan a mérési bizonytalanság kezelését teszi más megközelítésűvé, mint korábban.

A vizsgálati folyamatok egyik csoportja a mások tapasztalatai szerint már „elfogadhatóvá” alakított szabványosított, vagy a már más mérőlaborok által kifejlesztett és validált eljárások (2. ábra).

A másik csoportba tartoznak az egyedileg vagy először felvetődő kérdésekre választ kereső vizsgálatok. Ilyen esetre a laboratórium a vizsgálati modellt alakítja ki, majd meghatározott menetrend szerint alakítja ki a vizsgálatot (a 3. ábra szerinti lépések). A mérési eljárás akkor válik elfogadhatóvá, ha meghatározott értékelésen keresztül vizsgált ismertté válik annak megfelelősége, teljesítményjellemzői (szelektivitás, mérés-tartomány, linearitás, érzékenység, kimutatási és meghatározási határ, zavartűrés, pontosság, precizitás) és mérési bizonytalansága.



3. ábra. A vizsgálati eljárás validálása

A mérési bizonytalanság fogalma

A véletlen hibák (mérési bizonytalanság) a méréseink pillanatnyi értékeit befolyásolják, így a mérési eredményben véletlenszerűen okoznak eltérést. Csupán statisztikai jellemzőivel adhatók meg (a mérések, illetve mérések összetevőinek ingadozása). Megismerésükre és csökkentésükre, valamint figyelembe vételükre jelentős erőforrások mozgósítása és mérés technikai kreativitás szükséges.

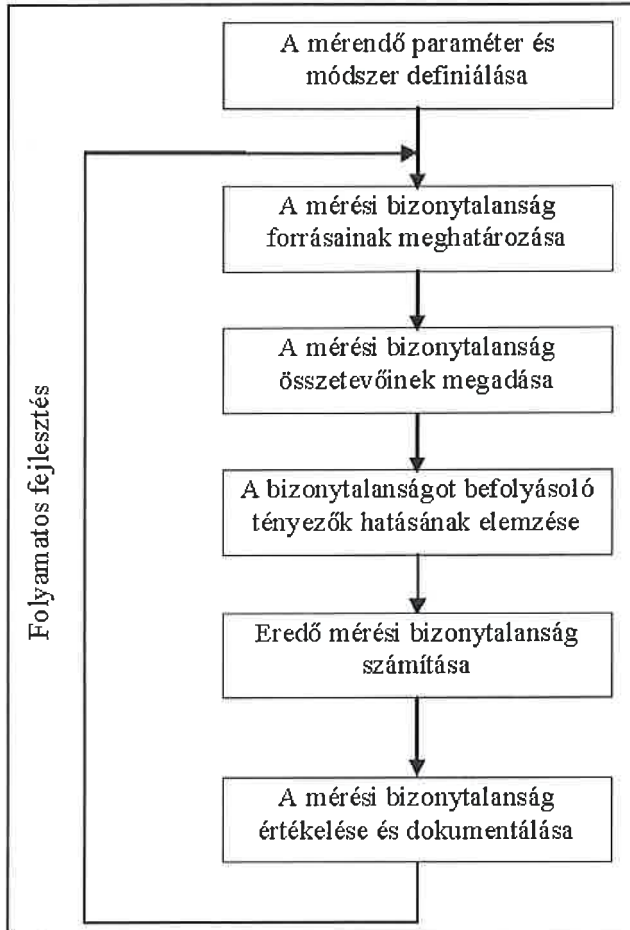
Mérési bizonytalanság alatt a mérési eredményhez társított paraméter érték (pl. szórás többszöröse), amely a mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.

Gyakran szükséges azonban, hogy az eredmények ingadozásán túl az erre a célra képzett mennyiségekkel jellemezzük a mérési bizonytalanságot. Ilyen lehet az egyes becsült varianciák, szabadságfokok, esetleg kovarianciák értéke, más esetben a mérési esemény modellezéséből származó, a statisztikai elemzésen túlmenő szempontok figyelembe vétele, mint a megismételhetőségi és reprodukálhatósági környezet meghatározásából származó paraméterek (R&R vizsgálatok).

SZABÓCENTIVEL VETT MÉRÉST NEM FOGADUNK EL!!! AZ ÜVEGES

A mérési bizonytalanság meghatározásának folyamata

A vizsgálólaboratórium a meghatározott módszertan szerint végzi a véletlen hibák felmérését és nagyságának minél pontosabb becslését, meghatározását. A mérési bizonytalanság meghatározása során a 4. ábrán bemutatott folyamat szerint járunk el.



4. ábra. A mérési bizonytalanság kezelésének általános sémája

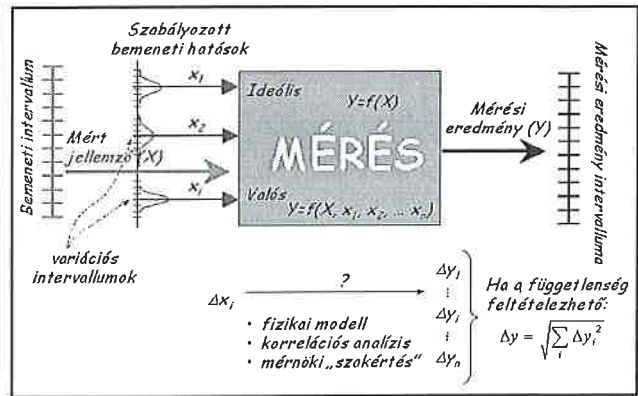
Zajhatások más megközelítésű felmérése

Egy kellően felkészült laboratóriumban a mérési bizonytalansággal kapcsolatos tevékenységeknek megvan az a sorozata, melyet a szakmai adottságok, az irodalmi utalások és az ingadozáselemzések klasszikus eszközei biztosítanak. Tapasztalataink szerint ezek a tevékenységek önmagukban nem elégségesek egy nagyobb vizsgálati választékot gyakorló laboratórium általános fejlesztésére. Szükséges egy olyan módszer, mely az egyes vizsgálatok bizonytalanságát folyamatosan képes csökkenteni, és egyre pontosabb leírást adni annak mértékéről.

Az alábbiakban javasolt eljárás nem az egyetlen, de működésében bevált módszertan, melynek továbbfejlesztése jelenleg is zajlik.

A mérési bizonytalanság csökkentéséhez tartozó folyamat modellje

A mérés elvi modellje szerint meghatározott bemeneti jellemzőket a mérés során a jelátalakítón keresztül egy 1–1 értékű függvény szerint mérési eredménnyé alakítunk. A bemeneti jellemző a meghatározott intervallumon beleüli változását a mérési eredmény függvény szerinti változása követi. A mérési eljárás bizonyos bemeneti hatásokat szabályoz, értékét meghatározott tűréssel előírja, annak érdekében, hogy a



5. ábra. A mérési bizonytalanság megjelenése, az egyes elemek és hatásuk meghatározása

függvény csak a mért jellemző változását jelenítse meg a mérési eredményben. Feltételezzük, hogy e szabályozott jellemzők kizárják az egyéb tényezők mérési eredményekre való hatását. A valóságos modellben részben a szabályozott jellemzők, részben a szabályozásból kimaradt tényezők terhelik a mérési eredményt. A hatás csökkentése, illetve pontos megadása érdekében kell a mérési folyamatot fejleszteni.

A gyakorlati eljárás (konkrét eszköz, minta, környezet stb.) elemzésénél összegyűjtjük azokat a hatásokat, melyek megjelenhetnek a mérés során. Az egyes lehetséges hatások változékonyságát variációs intervallumokkal adjuk meg. Ezek szabályozott bemeneti jellemzők esetében az előírt tűréshatárok (pl. ±2°C). Ezt szemlélteti az 5. ábra.

A bizonytalanság tényezőinek meghatározása¹

A bizonytalanság tényezőinek meghatározása csoportmunkában történik. Ez kezdetben egy ötletrohamban létrehozott lista készítését jelenti a zajhatásokról. Ezt követi a zajhatások elkülönítése aszerint, hogy a befolyásoló hatás mennyire változékonyan terheli a mérést, tehát a belőlük kialakuló véletlen hiba állandóan megjelenik a mérésben vagy csak esetenként, fellépése előre jósolható vagy nem. Ezek alapján választhatók külön

- a stationer és
- az instacioner zajhatások.

A mérési „zajmodell” végső formájánál ezen tényezőket a változékonyságuk alapján kell kezelniük, és a konkrét mérések bizonytalanságának megadásánál eszerint kell számításba venniük.

A bizonytalansági tényezők lehetnek általánosok:

- a mintavétel bizonytalanságai,
- a minták előkezelése, elhelyezése, helyzete, a próbadarab-rögzítő szerkezetek változékonysága,
- a vizsgálati környezet hatásai,
- a laboratórium környezeti hatásai (a helység légtérének klímája, állapotjelzőinek befolyása, alapzaja),
- a mérő- és referenciaeszköz kiválasztásának problémái,
- a vizsgálati eljárások bizonytalanságai vagy
- a vizsgálatok és a kiértékelés során az emberi tényezők.

A bizonytalansági tényezők meghatározását a munkacsoport metrológiai értekezletek keretében végzi. Az eredményeket mérési módszerként vezetett metrológiai füzetben kell dokumentálni. Erre számítástechnikai felület éppúgy megfelelő, mint papíralapon vezetett feljegyzés.

A mérési bizonytalanság összetevőinek megadása

Második lépésként a felsorolt tényezők nagyságrendi – egyszerűbb mérésekkel és számításokkal alátámasztott – becslése és figyelembe vétele szükséges a véletlen hibák terjedésére és a bizonytalanságok összegződésére ismert törvényszerűségek szerint.

¹ Az alábbiakban eltérő betűtípussal egy lehetséges, de nem egyedüli, szabályozási módot mutatunk be.

• **Bizonytalansági összetevők megadása egyszerűbb kísérletekkel**
A mérési bizonytalanság adott összetevőjét bemutató egyszerűbb mérésekből végzett mérési sorozat ingadozásának (szórásának) meghatározása.

• **Bizonytalansági összetevők megadása fizikai modellel**
Az elemzések során adódnak olyan tényezők, amely a legjobb esetben is csak számításra becsülhetők. Ezekre csak a mérhető tényezők és a meghatározandó jellemző közti fizikai törvényszerűségek és az azokból konkretizált hibaterjedési modell elvi ismerete áll rendelkezésünkre.

• **Torzító hatás megadása „mérnöki becsléssel”**
Végül azokat a tényezőket vegyük számításba, amelyek megadására csak a szubjektív szakértői becslés jelenthet megoldást. Ezek a későbbiekben, mérés technikánk fejlődésével, valamint újabb csoportmunkák keretében felderíthetők annyira, hogy átkerülhetnek a bizonytalanságot okozó tényezők azon csoportjába, amelyekre már fizikai törvényszerűségek és modellek ismertek.

Az eredmények megadása mérési módszerhez megnyitott metrológiai füzetben kerülnek dokumentálásra összetevőnként.

A bizonytalanságot befolyásoló tényezők hatásának elemzése

Ok-okozati elemzésből meghatározott zajforrásokat nem csak mértékük, hanem hatásuk szerint is elemezni kell. Ehhez a zajparaméter módosulása és a mérési eredmény kapcsolatát kell becsülni. A meghatározás módja, valamely természettudományi összefüggéssel vagy a korrelációelemzés eredményei alapján történhet meg. A mérési eredmények és a zajfaktorok függvény szerinti összefüggését ismerve a „hibaterjedés logikáját” felhasználva kell a zaj mértékét meghatározni.

A hiba terjedésének meghatározása

A közvetett mérés során a méréssel meghatározandó és az átalakítás során változó jellemzők közötti összefüggés

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

A mérés eredményét meghatározó x_i fizikai jellemzők is hibákkal terhelték. A hibák a mért y értéket is módosítják, torzítják. A hibákról feltételezzük, hogy a mért értékeknél jelentősen kisebbek, így az eltérések hatványa és szorzatai nagyságrendekkel kisebbek az eltéréseknél, ezért legtöbbször elégséges pontosságot ad, ha az előjelesen is megismerhető hibáknál (pl. rendszeres hibáknál) a

$$\Delta y = \sum_i \frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i$$

összefüggéssel számoljuk a mért jellemzőre továbbjutó hiba mértékét.

A véletlen hibák esetében a korrekcióra nincs mód, csak a bizonytalanság öröklődésének mértékét becsülhetjük a leképezés során. Jellemezze a u véletlen hibát a kalibrálással meghatározható ismételtetésű szórás kétszeresével, $x_i \pm u_{x_i}$ illetve $y \pm u_y$.

Amennyiben a különböző hibák az x -értékeken függetlenül jelennek meg (a valószínűségi változók korrelálatlanok), úgy az egymást erősítő és gyengítő hatások vélhetően azonos gyakorisággal jelentkeznek. Ezért az u_y véletlen hiba nagyságát meghatározó statisztikai jellemzők az alábbiak szerint okoznak hibát a mért jellemzőn:

$$u_y = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \Big|_{x_j=y_0} \cdot u_{x_i} \right)^2}$$

Ezt az összefüggést nevezhetjük a véletlen hibák Pitagorasztételének. A fenti módszerekkel meghatározhatók a lehetséges ingadoztató hatások, melyek ismert vagy ismeretlen kapcsolatban vannak a minket érdeklő mért jellemzővel. A kapcsolatok becslésénél két lehetőség kínálkozik:

– ismert fizikai kapcsolatot feltételezve parametrizáljuk a bemeneti hatás mértékét a mért jellemzőre (pl. a lapszerű próbatest kivágásánál a szélességi méret hibája lineárisan jelenik meg a szilárdsági jellemzőkben),

– ismeretlen kapcsolat esetén megfelelő kísérletekkel és korrelációelemzéssel kell meghatározni a bemeneti ingadozás hatását az eredményre (pl. a mintadarab nedvességtartalma és a nyúlásérték közti összefüggés).

A kapcsolatok elemzésére a fizikai jellemzők kapcsolatainak kellő ismerete, a kísérletezésénél a tartományok reális megválasztása és a módszertan egyszerűségének megtalálása (pl. 2^p módszer) a kulcskérdés.

A mérési bizonytalanság meghatározásakor, becslésekor a bizonytalanságnak adott helyzetben fontos valamennyi tényezőjét figyelembe kell venni, azonban elhagyhatók azok a tényezők, melyek az eredő bizonytalansághoz képest nagyságrendekkel alumaradnak. Az összetevők megadását követően ezen elhagyható tényezőkről a munkacsoport dönt. A munkacsoport döntését a mérési módszer metrológiai füzetében dokumentálni kell.

A mérési bizonytalanság ismételt meghatározásánál vizsgálni kell, hogy a figyelembe vett és az elhagyott tényezők vizsgált jellemzőre gyakorolt hatásában nem történt-e szignifikáns változás (pl. új mintaelőkészítési eljárás). Az eredő mérési bizonytalanság megadásánál figyelembe vett tényezőket az okozott változásoknak megfelelően kell módosítani.

Az eredő mérési bizonytalanság számítása, dokumentálása

Az egyes zajparaméterek legtöbbször nem függetlenek egymástól (független a mérőeszköz áttételeiből származó ingadozások és a laboráns tevékenységekor értelmezhető leolvasási bizonytalanság, nem független a közös okra, pl. klímajellemzőre visszavezethető bemeneti hibák előfordulása). Ennek következtében a kölcsönhatások számítása elvileg nyomon követendő. Ugyanakkor legtöbbször a függetlenség feltételezésével kapott eredmények nagyságrenddel nagyobb hibákra adnak értéket, mint a kölcsönhatások értékei, ezért első közelítésben az ettől való eltekintés indokolt lehet. Ugyanakkor a hibákat egy irányba szuperponáló hatásokra vizsgálati tesztek érdemes kialakítani, hogy a hiba kézben tartható maradjon.

A mérésre, amennyiben arra feltételezhető az egyes zajparaméterek függetlensége, az alábbi matematikai „zajmodell” adható meg:

$\sigma_{össz} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$, ahol n értéke a mérési bizonytalanság meghatározó tényezőinek a száma.

A munkacsoport mérési bizonytalanságokkal kapcsolatos döntését a mérési módszer metrológiai füzetében dokumentálni kell. A mérési bizonytalanság értékének megítélése a jövőbeli vizsgálati módszer előírásához, illetve a vevő követelményeihez képest történik. A mérési bizonytalanság értékét a vizsgálati jelentéseken fel kell tüntetni.

A mérési bizonytalanság mértékének rendszeres felügyelete

A mérési bizonytalanság meghatározása rendszeresen, előre rögzített időszakonként történik. A gyakoriság mértékét a munkacsoport állapítja meg, és rögzíti a metrológiai füzetekben. Az ismételt értékelés során ki kell térni

- a bizonytalansági tényezők teljes körűségének
 - az egyes összetevők megadási módjának
 - a befolyásoló tényezők megadási rendjének
 - megfelelőségére is, a szükséges módosítások kidolgozása mellett.
- A mérési bizonytalanság időbeni változása a metrológiai füzetekben rögzített eredmények alapján a metrológiai értekezleteken történik.

Irodalomjegyzék

- MSZ EN ISO/IEC 17025:2001
- MSZ EN ISO 9001:2001
- Alkalmazási útmutató az MSZ EN ISO/IEC 17025 szabványhoz
- Dr. Koczor Zoltán - Marschall Marcell: Anyagvizsgálati sajátosságok a minőségügyi rendszerek gyakorlatában – IV. rész: A mérőeszköz-felügyelet gyakorlati kérdései (Anyagvizsgálók Lapja, 1998. 1. szám)
- Dr. Koczor Zoltán és munkatársai (alkotószerkesztő): Bevezetés a minőségügybe - A minőségügy gyakorlati kérdései (Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1999.)

² MAB 11, 1995. május

A roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet megbízhatóságának mérése, 3. Egy radiográfiai körvizsgálat eredményei és tapasztalatai

Fücsök Ferenc* – Christina Müller** – Martina Scharmach**

Abstract

Reliability performance of the NDT inspectors. Results and experiences of a round robin test.

In order to estimate the reliability performance of radiographic inspectors of the industrial NDT laboratories a round robin test was organised by NDT Section of Scientific Society of Mechanical Engineer, Hungary. The test was organised in Croatia, Hungary and Poland. Altogether 60 results were evaluated, among them two from Croatia and two from Poland. The round robin test has finished and the results are presented now.

The evaluation method of the round robin test (RRT) is the receiver operation characteristic, in short form ROC. A short introduce of the ROC method with an example is presented in the paper.

Discussing the circumstances of the RRT with the participants many of their expressed, they could not exactly follow the prescription of the test. They have known the small discontinuities could omit because the strictest acceptance level accept them. So the most practised evaluators did not write the small gases and slag into the list, and they have wrong reliability of detection. So we have to do two types of evaluations: taking into consideration of all discontinuity and only the bigger once they are over the acceptance level 1 of the MSZ EN 12517:1998 (see table 3).

The performance of the inspectors was measured with the maximum operation points, so called working points (see fig. 8). The distance between the working points and the diagonal represents the reliability performance of evaluator. The sequence of evaluators, based on the working point distances, can be seen at the fig. 9 and 10. But the ROC curves of the evaluators are presented among the best and the worst results, too (see fig. 7.).

At the table 1 can be seen the list of participating Hungarian laboratories, the geometric characterises of the tested specimen can be seen at the table 2. Additional test was the measures of optical density in a test film with eight different greyed squares. The statistical features of the measures of optical density are presented at the table 4.

At the end of the performances of evaluators were compared to the requirements of ASME CODE XI. Appendix VIII. The table 5 shows the number of evaluators who met the requirements at the certain degree of probabilities evaluating the all discontinuities and the selected failures.

Bevezetés

A diagnosztikai vizsgálatok megbízhatósága már évtizedek óta téma-ja úgy a vizsgálatot végzőknek, mint a vizsgálati eredményeket felhasználó orvosoknak vagy mérnököknek. Az 1997-ben rendezett I. Európai-Amerikai Workshopon, ami a roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságával és a módszerek igazolásával foglalkozott, a résztvevők egy gyakorlati képletben állapodtak meg. Ez a modell általánosan írja le, hogy egy roncsolásmentes vizsgálati módszer megbízhatósága mitől függ [1]:

$$M = f(BA) - g(AP) - h(ET)$$

ahol

M = a roncsolásmentes vizsgálati módszer megbízhatósága,

BA = a módszer belső adottsága,

AP = az alkalmazott paraméterek hatása,

ET = az emberi tényező hatása.

A képletben az f, g, h betűk olyan matematikai függvényeket jelentenek, amelyeket jelenleg nem tudunk pontosan leírni.

A belső adottságot (BA) általában a módszer felső határának tekintjük, amit a legkedvezőbb körülmények között, az ideálisnak tekinthető paraméterekkel elvégzett vizsgálat esetén lehet csak elérni. Ezeket a

paramétereket egy feladatnál több kísérlettel lehet csak meghatározni, és esetenként nem is határozzuk meg.

Az alkalmazott paraméterek (AP) hatására általában a vizsgálat érzékenysége és ezzel a megbízhatósága csökken. Ugyanis a gyakorlatban ritkán alkalmazzuk a vizsgálat ideális paramétereit, mert vagy nem ismerjük azokat pontosan, vagy több korlátozó tényező is abba irányba szorít bennünket, hogy engedményeket tegyünk a vizsgálat minőségének rovására.

A roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának legfontosabb, de egyben leggyorsabban változó összetevője az emberi tényező (ET). Az ember teljesítménye ezen a területen is nagyon sok tényezőtől függ, és gyorsan változhat jó és rossz irányba. Az emberi tevékenység vizsgálata minden esetben nehéz és bonyolult dolog, mivel teljesítménye számos paramétertől függ. Emellett tudja, hogy vizsgálják, ezért viselkedése bizonyos fókig eltér a szokásostól, például később érez fáradtságot.

A roncsolásmentes vizsgálatok eredményeinek megbízhatósága minden részletében erősen függ a végrehajtó személyzet munkájának minőségétől. Az ultrahangos vizsgálat megbízhatóságával foglalkozó körvizsgálat értékelésének részletei a [2] cikkben található. A radiográfiai film értékelése különösen személytől függő művelet, ezért ennek vizsgálatára érdemes volt újabb körvizsgálatot szervezni.

Ezt a körvizsgálatot a Gépipari Tudományos Egyesület Anyagvizsgáló Szakosztály Roncsolásmentes Vizsgálatok Szakbizottsága 2000–2002 között szervezte. A körvizsgálatban megpróbáltuk mérni a radiográfiai film értékelésének a megbízhatóságát. Ehhez a résztvevők 38 db hegesztésről készült felvételt értékeltek ki, melyeken 206 db hiány volt. Mivel a feladat csak a filmek értékelése volt, a vizsgálat az emberi tényező megbízhatóságának mérését végezte. Az értékelendő filmek digitális másolatok voltak, így minden résztvevő egyforma feladatot végzett el, azaz eredményeik közvetlenül összehasonlíthatóak.

A körvizsgálatban 22 laboratóriumból 60 személy vett részt, beleértve két-két lengyel és horvát értékelőt is. A magyar résztvevők felsorolása az 1. táblázatban látható, ahol 18 laboratórium 51 tagja számolható össze. További 5 fő egyéni szakértőként vállalta a részvételt. A táblázat felsorolásból kitűnik, hogy a laboratóriumokban néhány személy értékelte a felvételeket, ezért feltételezhető, hogy az itt következő megbízhatósági adatok a jobb értékelőkre jellemzőek.

A körvizsgálat értékelését a berlini BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung) VIII. 33. Roncsolásmentes Vizsgálatok Megbízhatósági Laboratóriumában Dr. rer. Nat. Christina Müller vezetésével végeztük. A körvizsgálatot az AGFA NDT az ERŐKAR valamint az Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány szponzorálta.

1. táblázat. A körvizsgálatban résztvevő magyar laboratóriumok

Cég neve	Laboratórium	Székhelye	Résztvevők száma
AGJ Aprólépgyár Rt.	Anyagvizsgáló Laboratórium	Jászberény	2
AGMI Rt.	Roncsolásmentes vizsgáló laboratórium	Budapest	3
ALBERA '97 Kft.	Anyagvizsgáló Laboratórium	Miskolc	1
ASG Gépgyártó Kft.	Vizsgálólaboratórium	Tatabánya	1
Csőszer Rt.	Hegesztésellenőrzési és Anyagvizsgáló Laboratórium	Budapest	2
Daimler Chrysler Rail Systems MAV (Hungary) Kft.	MEO Röntgen Laboratórium	Dunakeszi	1
Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar	Állalános Géptan Tsz. Anyagvizsgáló Laboratórium	Debrecen	1
Kőolajvezetéképítő Rt.	Anyagvizsgáló laboratórium	Siófok	5
Lalorex Bt.		Budapest	1
Mélyéplítő Labor Kft.		Budapest	2
Nitrogénművek Rt.	Diagnosztikai laboratórium	Pétfürdő	2
Ólitech Kft.	Anyagvizsgáló laboratórium	Lovászi	4
Paksi Atomerőmű Rt.	Anyagvizsgálói Osztály	Paks	11
PowerTest Kft.		Budapest	5
R. U. M. Tesling Kft.		Budapest	1
RM TS Kemont Kft.		Tiszaújváros	3
Siemens Erőműtechnika Kft.	Anyagvizsgáló és Állapotellenőrző laboratórium	Budapest	2
Tiszai Vegyi Kombinát Rt.	Műszaki Vizsgáló Laboratórium	Tiszaújváros	4

* Budapesti Erőmű Rt., (fucsok@bert.hu)

** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin)
(Christina.Mueller@bam.de Martina.Scharmach@bam.de)

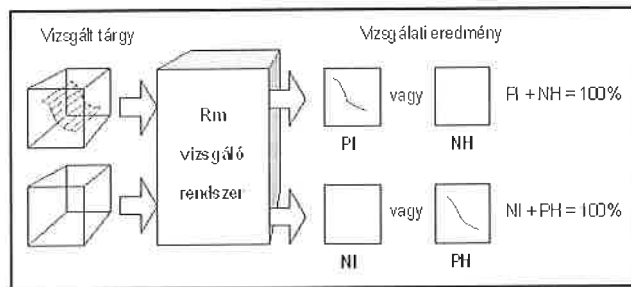
A megbízhatóság értékelésének módja

Az emberi értékelés megbízhatóságának számszerű vizsgálatához először a megbízhatóság definícióját kell megismerni. A ma elfogadott meghatározás szerint [2] a roncsolásmentes vizsgálatok értékelésének megbízhatósága annak a foka, ahogy egy vizsgálórendszer képes elérni célját, figyelembe véve a hiány észlelését, jellemzését és a tévedéseket.

Ebben a definícióban a jellemzés alatt a hiány méretének, helyének, irányának, típusának és közeli szomszédainak meghatározását értjük. Természetesen az a követelmény is fontos, hogy a vizsgált tárgy hibátlan részzeit jónak minősítsük, azaz ne legyen az eredmények között téves riasztás.

A jelértékelő rendszerek megbízhatóságát a ROC módszerrel vizsgálják. Az ROC rövidítés jelentése Receiver Operating Characteristic, azaz a vevő működési jellemzője (karakterisztikája). Ezt a módszert az 1960-as években kezdték alkalmazni a radartechnikában, később az emberi érzékelések tanulmányozása és az orvosi diagnosztikus területén, valamint a '80-as évektől a roncsolásmentes vizsgálatok értékelésénél is.

Az ROC módszer lényege, hogy valamilyen jel észlelésének valószínűségét a jel eltévesztésének valószínűségével együtt vizsgálja. A módszer részletes ismertetéséhez először nézzük egy roncsolásmentes diagnosztizáló rendszer lehetséges eredményeit, ami az 1. ábrán látható.



- PI = Pozitív Igaz indikáció (találat)
- NH = Negatív Hamis indikáció (téves riasztás)
- NI = Negatív Igaz indikáció
- PH = Pozitív Hamis indikáció (téves riasztás)

1. ábra. A roncsolásmentes vizsgálat négy lehetséges eredménye

Mint azt az 1. ábra bemutatja, megbízhatósági szempontból négyféle eredménye lehet egy roncsolásmentes vizsgálatnak. Ha egy vizsgált részben, nevezünk cellának, folyamatossági hiány van, azt vagy megtalálja a rendszer vagy nem. A hibátlan cellát pedig lehet helyesen hibátlannak mondani, és rossz minősítéssel hibát tartalmazónak vélni.

Az értékelés lehetséges eredményei az irodalomban szokásos elnevezésekkel:

- Pozitív Igaz (PI): hiányt mutattak ki ott, ahol valóban volt hiány (angolul: True Positive, TP)
- Negatív Igaz (NI): nem mutattak ki hiányt ott, ahol valóban nem volt hiány (angolul: True Negative, TN)
- Pozitív Hamis (PH): hiányt mutattak ki ott, ahol a valóságban nem volt hiány (angolul: False Positive, FP)
- Negatív Hamis (NH): nem mutattak ki hiányt ott, ahol a valóságban volt hiány (angolul: False Negative, FN)

Természetesen a pozitív igaznak és a negatív hamisnak minősített cellák összegének el kell érni az összes hiányt tartalmazó cella számát, jelöljük N1-el.

$$PI + NH = N1$$

Ugyanígy a pozitív hamisnak és negatív igaznak jelölt cellák összegének azonosnak kell lenni az összes jó cella számával, jelöljük N2-vel.

$$PH + NI = N2$$

Az észlelés valószínűségét (POD) a következő módon számítjuk:

$$POD = \frac{PI}{N1} = \frac{PI}{PI + NH}$$

A képlet szerint az észlelés valószínűsége egyenlő a pozitív igaznak (megtalált hiány) minősített cellák és az összes hiányt tartalmazó cella számának arányával.

Ha a vizsgáló ott is hiányt észlelt, ahol a valóságban nincs, akkor

hamis riasztást (False Alarm = FA) végez. A hamis riasztás valószínűségének (PFA) számítása:

$$PFA = \frac{PH}{N2} = \frac{PH}{PH + NI}$$

A képlet szerint a hamis riasztás valószínűsége egyenlő a pozitív hamisnak (hiányt tartalmazónak vélt, de jó) minősített cellák és az összes jó cella számának arányával.

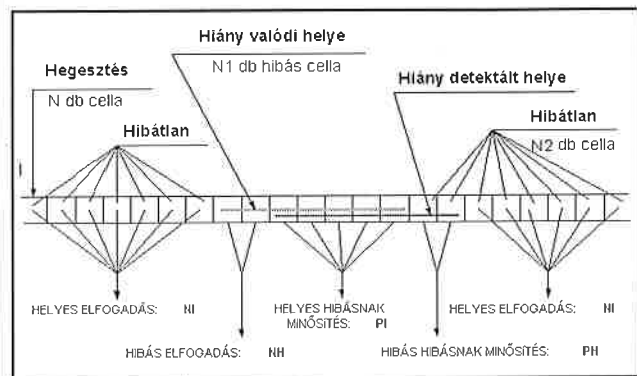
Egy mérési eredmény kiértékelése esetén tehát két valószínűségi adatot számítunk ki, melyeket egy koordináta rendszerben ábrázolunk, ez lesz az ROC diagram.

Példa

A 2. ábrán egy hegesztést vizsgáltunk, amely 22 cellából áll. A hegesztésben egy 7 cella hosszú folytonossági hiány van (vastag vonallal ábrázolva), aminek a helyét az értékelő hibásan detektálta (lásd vékony vonal).

Az értékelte cellák jelölései az ábrán olvashatók:

- N1 = 7 db
- N2 = 15 db
- PI = 5 db
- PH = 2 db



2. ábra. Egy hegesztési varrat vizsgálatának értékelése

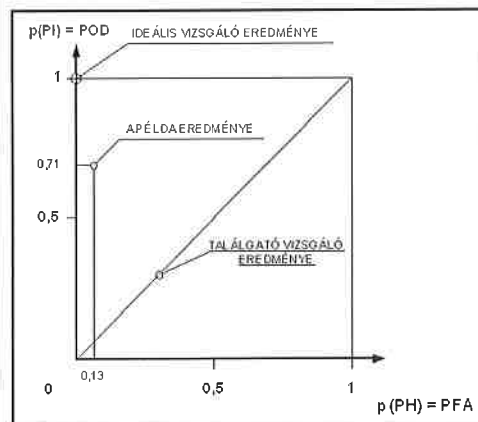
Az észlelés vagy másképpen a pozitív igaz esemény valószínűsége:

$$POD = p(PI) = \frac{PI}{N1} = \frac{5}{7} = 0,71$$

A hibás riasztás, vagyis a pozitív hamis esemény valószínűsége:

$$PFA = p(PH) = \frac{PH}{N2} = \frac{2}{15} = 0,13$$

Az eredményeket a 3. ábrán ábrázoltuk, ahol az ideális és a csak találgató vizsgáló adatait is feltüntettük.



3. ábra. A hegesztési példa eredményeinek ábrázolása ROC diagramban

A ROC görbe gyakorlati meghatározása

Az ROC görbe teljes megrajzolásához több pontjára van szükség, melyeket a 4. ábrának megfelelően, a rendszer érzékenységének változtatásával tudunk meghatározni.

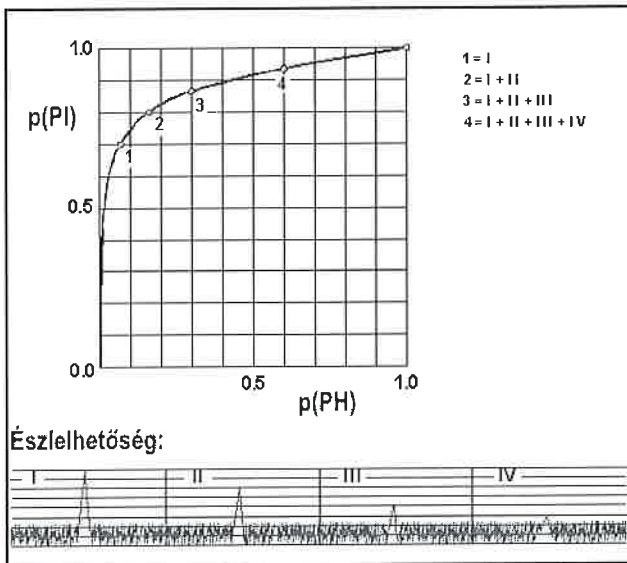
Mint az a 4. ábrán látható, a görbe alsó részéhez a nagyobb jelek tartoznak, és ezért kisebb a hamis riasztás valószínűsége, a rendszer érzékenysége kicsi. Ha növeljük az érzékenységet, és egyre kisebb jeleket veszünk figyelembe, egyre több hiányt találhatunk meg, de ezért cserébe egyre nagyobb valószínűsége lesz a hamis riasztásnak. Az

ábrán ezt az ultrahangos vizsgálat A képének változásával szemlétjük. A radiográfiai képek értékelésénél ezt a hiányok képének láthatóságával jellemezzük, és észlelhetőségnek nevezzük. (Ezt kellett a körvizsgálat értékelésénél 1-4 számokkal jellemezni, hogy meg tudjuk határozni a vizsgálok egyéni ROC görbét.)

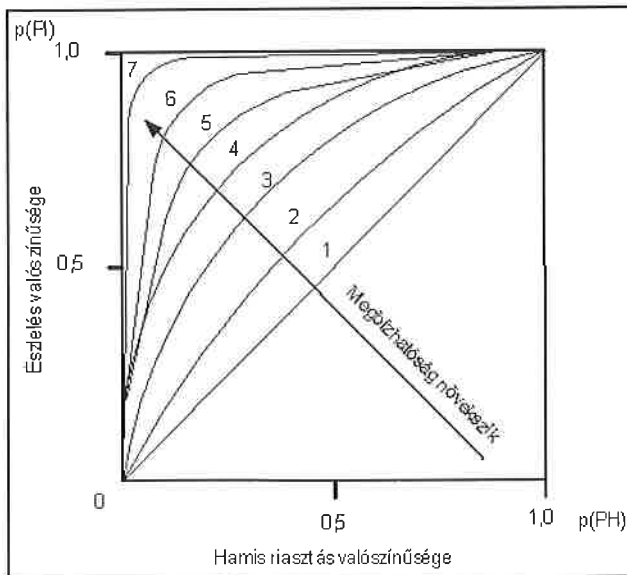
A különböző észlelhetőségűnek ítélt hiányok által meghatározott pontokat matematikai módszerekkel közelítve meg lehet határozni a teljes görbét, és meg lehet jósolni a rendszer általános teljesítményét. Előre lehet látni, mi történik, ha növeljük az érzékenységet: több hibát találunk-e vagy csak a hamis riasztások száma növekszik? A 4. ábrán látható $4 = I+II+III+IV$ pont képviseli a rendszer lehetséges legjobb teljesítményét, más elnevezéssel a munkapontot.

Ha különböző rendszereket vagy rendszer modulokat akarunk összehasonlítani, hogy melyik megbízhatósága jobb, akkor a jellemző ROC görbékét kell összehasonlítani. Könnyen belátható, hogy a meredekebb görbék jobb, mert azonos értékű detektálási valószínűséghez kisebb hamis riasztási valószínűség tartozik. Az 5. ábrán 1-7-tel jelzett görbék növekvő megbízhatóságot mutatnak.

Az 5. ábrán 1-el jelölt átló a találgatást jelképezi, mert például 0,5 értékű hiány észlelési valószínűséghez ugyanilyen arányú hamis riasztás tartozik. Az ideális rendszert az ábra bal felső sarkán átmenő egyenessel jellemezhetnénk, mivel az összes kimutatott hibához nem kapcsolna egyetlen hamis riasztást sem. Fentiek alapján a görbék távolsága a 45°-os, 1 jelű egyenestől jellemzi a rendszer vagy az értékelő



4. ábra. A ROC görbe gyakorlati meghatározása



5. ábra. Különböző vizsgálok rendszerek összehasonlítása

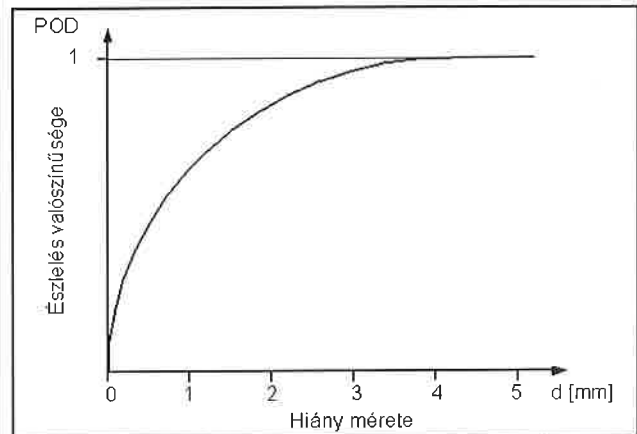
személy megbízhatóságát. Ha egy görbe messzebb van az átlótól, akkor a görbe által jellemzett rendszer megbízhatósága jobb. Vizsgálók értékelésénél a munkapont távolsága az átlótól pontosabb jellemzést ad, ezért a továbbiakban ezt a távolságot használjuk a megbízhatóság összehasonlítására.

A POD görbe

Az egyéni teljesítmények jellemzésére az észlelés valószínűségének görbét (probability of detection = POD) is használhatjuk. A POD görbe a rendszer vagy az egyén észlelésének valószínűségét mutatja be a hiány méretének függvényében, mint azt a 6. ábrán látható.

A POD görbét úgy lehet meghatározni, hogy a vizsgált módszerrel különböző méretű hiányokat keresünk, és az összes ismert hiányhoz viszonyítva ábrázoljuk az észlelés arányát. Természetesen lesz olyan méretű hiány, amiből az összes megtaláljuk. A POD görbe ennél a méretnél éri el a 1 értékét, az ábra példáján ez 4 mm körül van.

A filmértékelés adataival ezt a görbét nem tudtuk meghatározni, ezért a továbbiakban a résztvevők POD görbéjével nem foglalkozunk.



6. ábra. Az észlelés valószínűségének (POD) mérése

A körvizsgálat és értékelése

Mint azt már említettük, a körvizsgálat célja volt meghatározni az ipari laboratóriumokban radiográfiai filmértékeléssel foglalkozó szakemberek munkájának megbízhatóságát. Erre a célra a BAM archívumából különféle hegesztési varratok radiográfiai vizsgálatának eredményét tartalmazó filmeket választottunk ki. A filmekben szereplő munkadarabok geometriáját a 2. táblázat mutatja be.

A filmeket a legmodernebb szkennerral digitalizáltuk. A digitális forma lehetőséget biztosított számítógéppel támogatott értékelésre, és lézerpinterrel jó minőségű másolatok készítésére. Mivel Lengyelországban és Horvátországban is volt érdeklődés a körvizsgálatban való részvételre, négy sorozat filmet másoltunk AGFA Scopix Laser filmre.

A körvizsgálatban résztvevő személyeknek a következő feladatokat kellett elvégezni:

- feljegyezni az összes folytonossági hiányt,
- besorolni a hiányok észlelhetőségét 1-4 sorrendbe,
- megmérni a film feketedését (OD),
- feljegyezni a még észlelhető képminőségi jelzőszámot (IQI),
- megmérni nyolc különböző feketedési négyzet optikai denzitás (OD) értékét.

A mérések elvégzéséhez kitöltési utasítást és megfelelő táblázatokat kapott minden résztvevő. A résztvevők személyének kódolására egy négyjegyű szám választását is kértük, a kód azonosítására csak a laboratórium vezetője és a vizsgált személy képes.

A választott négyjegyű kódok a körvizsgálatban ötjegyű azonosítóként szerepelnek, mert a résztvevő országokra utaló első számjeggyel egészítettük ki. Az első számjegyek jelentése: 1 Horvátország, 2 Magyarország, 3 Lengyelország.

Minden roncsolásmentes vizsgálat eredményének minősítéséhez szükség van a vizsgált tárgyakban lévő folytonossági hiányok típusának, helyének, méretének elegendően pontos ismeretére. Ezeket az adatokat a helyes értékeknek nevezzük. A helyes (más kifejezéssel valódi) értékek meghatározásának különféle módszerei léteznek, melyeket itt nem tartunk szükségesnek értékelni.

2. táblázat. A körvizsgálati próbatetek geometriája

Falvastagság s (mm)	A filmek jelzése	A vizsgált darabok formája és méretei, mm
3	70, 71, 72	Ø 27
4	97, 105	Ø 108, Ø 133
5	90, 98	Ø 220, Lemez
6	28, 29, 30, 31, 92, 93, 106	Ø 102, Ø 225, Lemez
8	66, 94, 202, 210	Ø 160, Ø 220, Ø 406
10	11, 57, 85	Ø 168, Lemez
12	21, 22, 23, 39, 40, 42, 101, 102, 211, 214	Lemez
20	12, 13, 24, 27	Lemez
28	56	Lemez
30	88	Lemez
36	107	Lemez

A körvizsgálatban résztvevő filmek helyes értékeinek meghatározását két lépcsőben végeztük el. Először a digitális formában tárolt képeket számítógépes támogatással értékeltük, majd ezt az eredményt még három fő javította.

A helyes értékek ellenőrzésében és a vizsgálandó filmek számának szűkítésében a Magyar Ronszolásmentes Vizsgálati Szövetség (Marovisz) szakértői csoportja segített. Így alakult ki, hogy az értékelendő sorozat 38 darab filmet tartalmazott. A filmekben, mint helyes értéket, 206 db folytonossági hiányt rögzítettünk, különféle méretben, fajtában és elhelyezkedésben. A filmekben összesen 680 db 1 cm hosszú cella szerepelt, melyekből 5 db cella technikailag értékelhetetlen volt.

A több mint kétszáz hiány feljegyzése és kiértékelése sok munkát jelentett a résztvevőknek. A nagyszámú hiányt statisztikai megfontolások indokolták. Ezzel lehetett elérni ugyanis, hogy az esetleges hibás helyes értékek ellenére is megbízható eredményt adjon a körvizsgálat. Ha például 10 db hiány helyes értéke mégis vitatható, akkor is elérjük a statisztikai elemzésekben szokásos 95%-os megbízhatósági határt. A valós munkadarabokról készült különböző minőségű radiológiai felvételek között biztosan előfordul néhány vitatható helyes érték. Ha teljesen egyértelmű, jó minőségű felvételek szerepelnének a körvizsgálatban, akkor pedig az nem képviselné a valós körülményeket.

A körvizsgálat közben a résztvevőktől kapott vélemények szerint túl sok, apró, biztosan megengedhető hiányt kell feleslegesen feljegyezni. Volt olyan résztvevő, aki a 206 db hiányból csak 49 db-ot írt fel.

A gyakorlati körülmények jobban modellező véleményt figyelembe véve egy új értékelést is elvégeztünk. A helyes értékek és az összes résztvevő eredményei közül kiválogattuk azokat a hiányokat, amelyek az MSZ EN 12517:1998 szabvány 1. elfogadási szintje fölé esnek. A hibának minősülő hiányok minimális méretét a 2. táblázatban feltüntetett lemezvastagságokhoz a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. Elfogadási szintek az EN 12517:1998 szerint

Falvastagság s (mm)	Hiányok típusa az MSZ EN 26520 szerint				
	100	2011, 2013, 2014, 2017	2016	300, 2015	3042, 401, 402
3	0	0,9	0,9	0,9	0
4	0	1,2	1,2	1,2	0
5	0	1,5	1,5	1,5	0
6	0	1,8	1,8	1,8	0
8	0	2,4	2	2,4	0
10	0	3	2	3,0	0
12	0	3	2	3,6	0
20	0	3	2	6	0
28	0	3	2	6	0
30	0	3	2	6	0
36	0	3	2	6	0

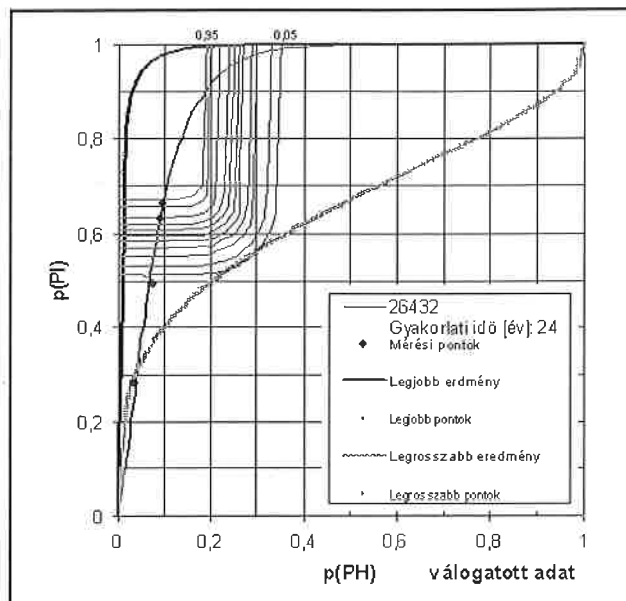
Megjegyzés: 0 - nem megengedett

A táblázat adataival átválogattuk a vizsgálók eredményeit és a helyes értékeket. Az átválogatása után a helyes értékek 206 hiányából 72 db nagyobb a szabvány elfogadási határánál, ami 35%-a az összes hiánynak.

Érdekes lehet személyenként megfigyelni, hogy a feljegyzett folytonossági hiányok hányad része az elfogadási határ fölé eső hiba: 28% és 89% között ingadozik átlagosan 60%. Az átválogatott eredmények alapján végzett értékelés szerint a résztvevők általában jobb megbízhatósági eredményt értek el.

Az egyéni eredményeket két darab ROC görbe formájában minden résztvevő megkapta. Itt egy véletlen szerűen kiválasztott vizsgáló eredményét mutatjuk be, amelyik kis eltéréssel jellemző minden résztvevőre.

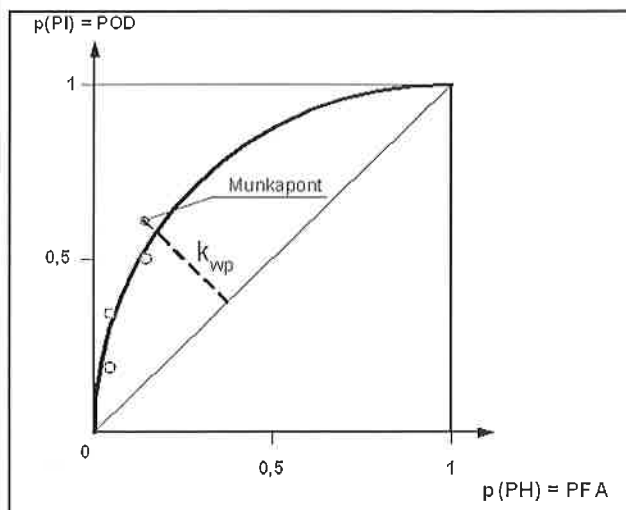
A 7. ábrán három görbe van a bal alsó (0,0) és a jobb felső (1,1) pontok között. Az alsó, vastag görbe a legrosszabb vizsgáló eredményét, a felső, vékony görbe a legjobb vizsgáló teljesítményét mutatja be. A köztük lévő vonal a jelmagyarázatban szereplő kóddal jelzett vizsgáló eredménye. A görbéket matematikai közelítéssel meghatároztuk meg. Az értékelések eredményét a görbék közelében található négy pont képviseli, melyeket a 4. ábrán bemutatott módon határoztunk meg. A legfelső pont tartalmazza az összes adatot, amit az értékelő személy meghatározott, ezt munkapontnak nevezzük.



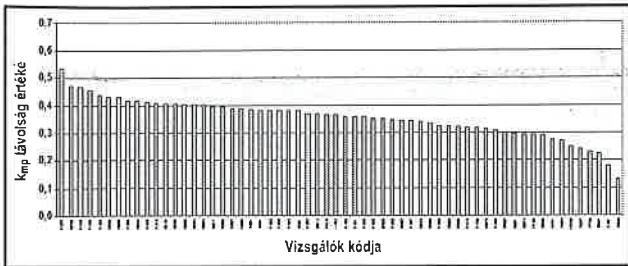
7. ábra. A 6432 kódszámú vizsgáló válogatott eredményeiből szerkesztett ROC görbe

A 7. ábrán a ROC diagram bal felső részén egy görbesereg által határolt terület látható. A területen belül ábrázolt pontok által bemutatott eredmények megfelelnek az ASME CODE XI. Appendix VIII. előírásainak. A görbesereg a 95%-tól 5%-ig terjedő megbízhatósági határoknak megfelelő követelményeket reprezentálja. Az ábrán bemutatott 26432 kódszámú vizsgáló ROC görbéjén látható legfelső pont, a munkapont, itt a 0,9 és a 0,95 jelű határvonalak közé esik. Ez azt jelenti, hogy a vizsgáló munkájában 90%-nál jobb valószínűséggel felel meg az idézett ASME Code követelményeinek Az ASME CODE alkalmazása itt önkényes, mivel ez az előírásrendszer ultrahangos vizsgálat elfogadási kritériumára készült. Más követelmény azonban előírás formájában még nem jelent meg.

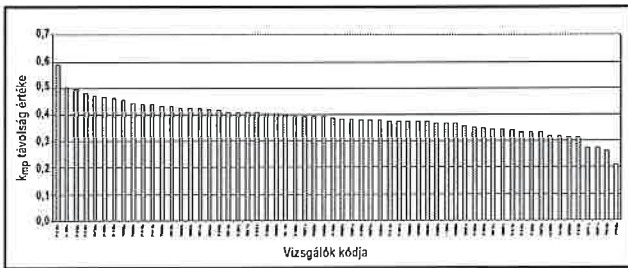
Mint azt a 5. ábrával kapcsolatban említettük, hogy egy rendszer, vagy személy megbízhatóságának jellemzésére a munkapont átlóól mért távolságát használhatjuk. A k_{wp} távolság értelmezését a 8. ábrán



8. ábra. A munkapont távolság értelmezése



9. ábra. A vizsgálók munkapontjainak távolsága az összes hiány észlelésénél



10. ábra. A vizsgálók munkapontjainak távolsága a hibák észlelésénél

mutatjuk be. Ez a pont az összes hiány figyelembevételével meghatározott megbízhatóságot jelképezi. A különböző észlelhetőséggel számított pontokhoz matematikai módszerekkel görbéket szerkeszthetünk, melyeknek az átlótól mért távolsága eltérő, és esetleg nagyobb a munkapont távolságánál. A vizsgált személy valóságos megbízhatósági teljesítményét a munkapont jobban képviseli, mint egy módszertől függő görbe legtávolabbi pontja.

A 9. ábrán a résztvevők munkapont távolságok (k_{mp}) alapján sorba rendezett eredményeit mutatjuk be, melyeket az összes adat értékelésével határoztunk meg. A k távolság maximális értéke geometriailag számítható, az átló fele, azaz 0,71. Ha azt a követelmény fogadjuk el, hogy a radiológiai film értékelőjének a lehető legjobb megbízhatósági teljesítmény kell nyújtania, akkor a körvizsgálat minden résztvevőjének szükséges fejleszteni munkája minőségét. Hogy a nyújtott teljesítmények mire elegendőek, annak megítélésére ma még nincs tapasztalat, csak az látszik egyértelműen, hogy a megbízhatóságon van javítani való.

A 10. ábrán az említett 1. elfogadási szint feletti hibák értékelésének munkapont távolsági adatainak sorba rendezett értékeit mutatjuk be. Az értékek jobbák, mint az előző ábrán látott adatok, ami azt bizonyítja, hogy az értékelő radiológusok a szabványos követelmények teljesítésére nagyobb tapasztalattal rendelkeznek.

Egyéb értékelések

A filmekben szereplő **képminőség jelzőszámának meghatározása** a radiológus mindennapi feladata. Ezt a feladatot a körvizsgálat értékelésénél is el kellett végezni. Az azonos filmen meghatározott IQI jelzőszámok minimum – maximum közötti változása 4, esetleg 5 értéket is elért. Ekkora eltérést az észlelt huzalok között csak úgy lehet elképzelni, hogy az értékelő helyiségek csak mérsékelten voltak besötétítve.

Feketedés mérés. A filmekben feketedést a 60 résztvevőből 53-an mértek. Csak remélni lehet, hogy a többi laboratóriumnak is volt denzitás mérőjük. Az azonos filmen mért OD értékek relatív szórásának maximuma egy résztvevőnél elérte a 25%-ot, de a minimum érték is több volt 15%-nál. Mivel feltételezhető, hogy a résztvevők a filmekben nem azonos helyen mértek, ezért a nagy szórás okára a körvizsgálat utolsó feladatának értékelésétől vártuk a választ.

A körvizsgálat utolsó feladata szerint meg kellett határozni az ellenőrző filmen nyolc különböző feketedésű négyzet OD értékét. A 4. táblázatban az OD értékek 53 résztvevő mérési eredményeinek átlagát mutatják. A növekvő feketedéshez csökkenő relatív szórás tartozik.

4. táblázat. A feketedés mérés jellemzői különböző OD értékeknél

	1	2	3	4	5	6	7	8
OD átlaga	1,69	1,88	2,10	2,34	2,58	2,82	3,00	3,24
Rel. szórás %	24,20	21,64	20,15	18,50	16,84	16,89	16,50	14,37
Minimum:	0,50	0,60	0,80	1,30	1,52	1,83	2,15	2,45
Maximum:	2,80	2,94	3,22	3,60	3,94	4,32	4,65	4,86

Az eltéréseket, – feltételezve, hogy karbantartott feketedés mérővel rendelkeznek a laboratóriumok –, a kalibrálás nem megfelelő pontossága magyarázhatja. A filmekben mért feketedések relatív szórása számértékben szinte azonosan 15 és 25% között változott az ellenőrző négyzetek szórásával. Ezek az adatok egyértelműen felhívják a figyelmet a feketedés mérők gondos kezelésére és kalibrálására.

Összefoglalás

A GTE által szervezett radiológiai filmértékelés körvizsgálatában 60 résztvevő értékelte ki ugyanazt a 38 db filmet, amelyeken 206 db különféle folytonossági hiány képe volt felismerhető. A hiányok között sok volt az apró, a szabványos követelményeknél lényegesen kisebb indikáció, amit a gyakorlott vizsgálók nem jegyeztek fel. Emiatt az összes folytonossági hiány figyelembevételével elvégzett megbízhatósági értékelés rosszabb eredményeket adott a nagyobb gyakorlatú értékelőknek. Ezért új értékelést is végeztünk azokkal a hiányokkal, amelyek az MSZ EN 12517:1998 szabvány 1. elfogadási szintje fölé esnek.

A roncsolásmentes értékelést végző személyzet munkájának megbízhatósági elvárásait jelenleg csak egy előírás tartalmazza. Az ASME CODE XI. Appendix VIII. előírásai az ultrahangos vizsgálatokra vonatkoznak, de ezeket a filmértékelést végzőkre is alkalmaztuk. A követelményeket a ROC diagramokra, a bal felső sarokba, határgörbék formájában rajzoltuk fel. A határok a CODE követelményeinek 5, 10, 20, ..., 80, 90, 95%-os megvalósulási valószínűségét mutatják. Természetes, hogy a határok csak valószínűségeket mutatnak, hiszen ez egy körvizsgálat eredményén alapuló előrejelzés, ami emberi teljesítésre vonatkozóan nem lehet teljes bizonyosságot jelentő igen–nem határ.

A vizsgálók munkájának eredményeit személyenként két darab ROC görbe mutatja be, az összes és a válogatott adat ábrája. Ezeken a diagramokon a filmértékelés megbízhatóságát a munkapont helyzete jellemzi. Összesítettük a munkapontok helyzetét az ASME CODE előírásaihoz képest, azt vizsgálva, hogy hány százalékos valószínűséggel felel meg értékelésük az ASME elvárásainak. Az összesítés eredménye az 5. táblázatban figyelhető meg.

A táblázat első sorában a határgörbék közti tartományok találhatók, melyek a megfelelés valószínűségét mutatják. A második sor azt mutatja, hogy hány személy munkapontja jutott a nevezett tartományba, amikor az összes hiány értékelésének eredményességét vizsgáltuk. Figyeljük meg, hogy 95%-nál nagyobb valószínűséggel 15 fő, az összes résztvevő 1/4-e teljesítené az ASME elvárásait.

5. táblázat. A vizsgálók megfelelési valószínűsége az ASME előírásnak

Valószínűségi határ [%]	<5	5–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–95	>95
Összes hiány értékelése	7	2	3	2	1	1	3	7	5	9	5	15
Hibák értékelése	4	1	3	3	2	0	1	0	14	4	7	21

Az 5. táblázat harmadik sorában azt találjuk, hogy hány személy munkapontja jutott a nevezett tartományba, amikor a hibák értékelésének eredményességét vizsgáltuk. Az előző sorhoz viszonyítva általában többen értek el jobb valószínűségi mutatót. A statisztikában szokásos felső 95%-os határt 21 fő érte el vagy haladta meg. Tehát 95%-nál nagyobb valószínűséggel 21 fő, az összes résztvevő több mint 1/3-a teljesítené az ASME elvárásait. Az eredmények ilyen szempontok szerinti minősítése nem e cikk szerzőinek feladata, de abban mindenki egyetért, hogy a megbízhatósági eredményeken volna javítani való.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők megköszönik a támogatók és segítők biztatását és munkáját, külön is említi Gisela Malittenek és Uwe Zscherpelnek a filmdigitalizálásban nyújtott támogatását. A körvizsgálat minden résztvevőjének köszönjük munkáját, amit a filmek értékelésével töltött, és külön köszönjük, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok megbízhatóságának fejlesztéséért tenni is volt ereje.

Hivatkozás

- [1] Christina Nockemann, Chris Fortunko: Conclusion of the Workshop European-American Workshop Determination of Reliability and Validation Methods of NDE. June 18-20, 1997. Berlin, Germany, Proceedings
- [2] A roncsolásmentes anyagvizsgáló személyzet megbízhatóságának mérése, 2. Anyagvizsgálók Lapja 9. évf. 2. szám 1999, 52 – 54. oldal (á. 6. t. 3. h. 6.)
- [3] Christina Müller, Matt Collins, Tom Taylor: Basic Ideas of the American-European Workshops 1997 in Berlin and 1999 in Boulder 15th WCNDT CD-ROM idm 733.

Mobilizálható kalciumtartalmú agyagásvány-pakolás és a kalcium mozgékonyágának vizsgálata színképanalitikai módszerrel

Új irányzat az osteoporotikus kutatásokban?

Papp Lajos* – Szántó Zsuzsanna**

Bevezetés

A csontritkulást régóta próbálják a szervezetbe történő nagyobb mennyiségű kalcium bejuttatásával gyógyítani [1]. A kalcium bejuttatása, illetve beépítése történhet orálisan (táplálék vagy kalcium tartalmú gyógyszerek), intravénásan vagy intramuszkulárisan adagolt kalcium, kalcitonin, illetve egyéb kalciumot tartalmazó gyógyszerek révén, avagy percutan (bőrön keresztül) különböző kalciumot tartalmazó készítményből történő felszívódásának elősegítésével [2].

Korábbi közleményünkben [3] beszámoltunk azon vizsgálatainkról, amelyek arra irányultak, hogy olyan természetes alapanyagot találjunk, melyből nagyobb mennyiségű kalcium juttatható be „célzottan” az osteoporotikus helyekre. Ezen alapanyag felhasználásával olyan modellrendszereket, illetve színképanalitikai vizsgálati módszereket dolgoztunk ki, amelyekkel in vitro modelleztük a passzív kalciumtranszportot. A kapott eredmények alátámasztották a módszer fontosságát és előrevetítették alkalmazhatóságát a csontritkulás kezelésének területén [4].

A Deutsch Dezső magyar kutató nevéhez fűződő **iontoforézis** napjainkban az orvosok, vegyészek, és fizikusok együttműködésének köszönhetően széles körben alkalmazzák különböző betegségek lokális kezelésére (lokális érzéstelenítés, hiperhidrózis, ödéma keletkezés, herpes simplex kezelése stb.), valamint különböző gyógyszer, illetve gyógyszerkészítmény bőrön keresztül szervezetbe történő juttatására (pl. inzulin, kalcitonin, nitroglicerin, hisztamin, tetraciklin, penicillin, fluorid, lidokain, vaszopresszin stb) [5–8]. Iontoforézisnek nevezzük azt a folyamatot melynek során galvánáram (egyenáram) segítségével, az ionok rendezett vándorlását kihasználva bőrön keresztül juttathatók be különböző gyógyszerek a szervezetbe [9–10].

Tekintettel arra, hogy a bőr külső rétege – stratum corneum – szerkezetéből kifolyólag barrier funkciót tölt be a vízdékony vegyületekkel szemben, a különböző kalciumot tartalmazó készítményekből a kalcium passzív diffúziója a bőrön keresztül kismértékű.

Jelen közleményünkben azon vizsgálatokról számolunk be, amelyeknek célja volt a kalcium bőrön átjuttatása hatékonyságának növelése aktív ion-transzportot előidéző lokális elektromos áram(-ok) alkalmazásával. A Ca^{2+} -ionok transzdermális (bőrön keresztüli) bejuttatására in vitro a kisfrekvenciás elektroterápiás kezelések során alkalmazott **iontoforézis** és **diadinamikus áramkezelés** ötvözéséből kialakított eljárást dolgoztunk ki.

Kísérleti rész

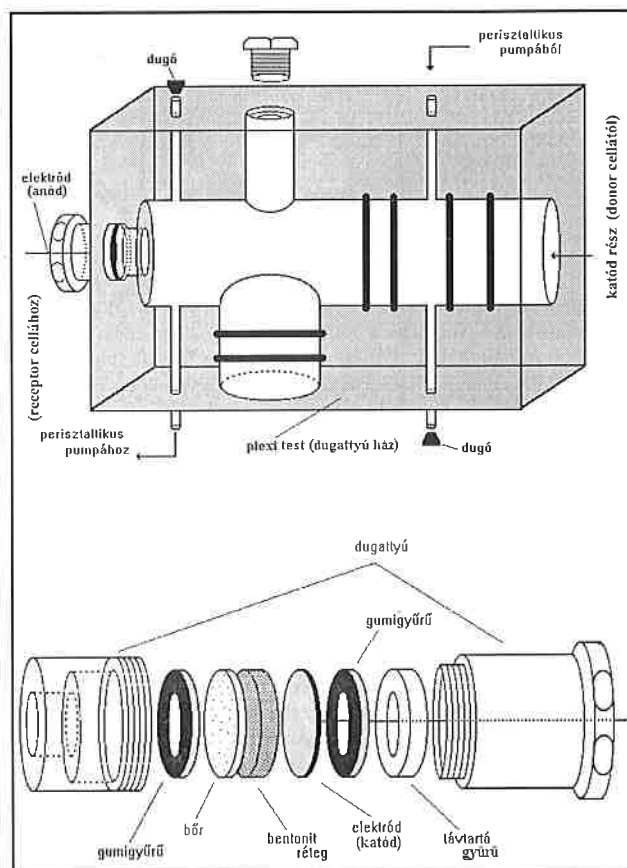
Kísérleteinkhez természetes alapanyagként kalciummal dúsított istenmezejei bentonitot választottuk, tekintettel nagy kationcsere-kapacitására ($CEC=2450$ mgeé/kg), nagy kalcium-tartalmára (50 mg Ca^{2+} /g bentonit), valamint az összkalcium nagy kicserélhető mennyiségére (93,2%) [11].

A felhasznált NaCl, $CaCl_2$, Na_2HPO_4 , Merck-gyártmányú, alt. minőségű vegyszerek voltak. Az oldatokat kétszer ioncserélt vízzel készítettük.

A sertésbőr membrán előkészítése, épségének vizsgálata a korábban leírtak szerint történt [3]. A membránok egyetlen állat bőrből készültek, és a különböző részproblémát tisztázó kísérletek között kerültek kicserélésre.

Annak érdekében hogy az iontoforetikus kísérleteket elvégezzük

hessük a korábban passzív kalciumtranszport vizsgálatát biztosító diffúziós cellát módosítottuk. Az iontoforetikus cella vázlatát az 1. ábra szemlélteti:



1. ábra. Az iontoforézis vizsgálatára használt diffúziós cella

A cella paraméterei a következők:

Térfogat:	100 cm ³
Hossz:	14 cm
Szélesség:	8 cm
A dugattyú átmérője:	3 cm
A kör alakú elektródok felülete	2,54 cm ²

A rendszer plexi dugattyúházból és dugattyúból állt. A dugattyúban elhelyezett sertésbőr aktív felülete ($T_{bőr}$) 2,54 cm² volt; a bőr epidermis része a dugattyú belsejében közvetlenül érintkezett a felkent bentonit masszával, ezt követte az iontoforetikus kísérletek esetében a pozitív elektród (anód), majd a távtartó gyűrűk, amelyek különböző vastagságúak voltak. Ezen távtartó gyűrűket cserélni lehetett a felkent bentonit vastagságának függvényében, annak érdekében, hogy a bőr, a bentonit-réteg, illetve az elektród érintkezését az egész felületen biztosítsuk.

A katód (-) a receptor közegben – a dugattyúház belsejében – 0,9%-os NaCl-oldatban helyezkedett el ($v_{receptor} = 80$ cm³). A két elektród közötti távolság a dugattyú mozgásával változtatható volt (10–12 cm).

A rendszerhez hozzátartozott egy perisztaltikus pumpa is (amely folyamatosan recirkuláltatta a receptor oldatot) és egy kétutas csap, Ta-, illetve Pb-elektrodok, összekötő huzalok valamint az iontoforézisnél alkalmazott diadinamikus áramot szolgáltató készülék. A passzív kísér-

* DE, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1.

** MTA-ATOMKI, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

letekhez hasonlóan 5 percenként mintavétel történt a receptor közegből. A rendszer 30 percig volt áram alatt.

A receptor térfeléből pipettázott mintákat Varian SpectrAA-10 típusú kétsugárutas, deutérium lámpás, háttérkorektorral ellátott atomabszorpciós spektrométerrel mértük.

A kísérletek során bekövetkező pH változás megelőzése érdekében foszfát-citrát puffer-rendszert alkalmaztunk a receptor térfelében (0,2 mol/dm³ Na₂HPO₄-oldat, 0,1 mol/dm³ citromsav-oldat).

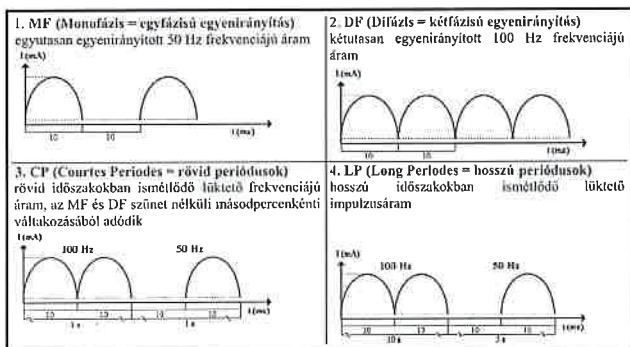
A hatóanyag bőrön keresztül történő átjutására diadinamikusan (Bernard) áramot [12] alkalmaztunk. A Bernard-áram két komponenset tartalmaz: egy állandó erősségű egyenáramot és egy erre szuperponált, meghatározott impulzus-áramot, ami a hálózati frekvenciás szinuszfeszültség egy- illetve kétutas egyenirányításával kondenzátoros simítás nélkül nyerhető. Bernard szerint 6 ilyen áramfajta ismeretes [13]. Az általunk alkalmazott négyféle áramfajta a 2. ábrán látható.

A kísérletek során alkalmazott STYMAT S-210 kisméretű villamos kezelőkészülék fő feladata az egyenáramú folyamatra szuperponált kisméretű impulzusáram (50, illetve 100 Hz) egyenirányítása volt a páciens-kezelő áramkörben. Az alkalmazott áramforma megjelenítését a készülékbe épített oszcilloszkóp tette lehetővé. A STYMAT S-210 lengyel gyártmányú készülék által szolgáltatott áramerősség a következő volt:

- BASIS 0-15 mA (beállítható, állandó erősségű egyenáram)
- DOSIS 0-15 mA (modulált simítás nélküli egyenáram)

Az áramot egy pár vezető huzalon keresztül, krokodilcsipeszekkel vezettük az elektródokra.

Az így összeállított rendszer lehetővé tette azon paraméterek vizsgálatát, melyek iontoforézis során befolyásolják a bőrön keresztüli Ca²⁺-transzportot: áramforma, áram-intenzitás, elektródok közötti távolság, pH, puffer hatása, az alkalmazott hatóanyag mennyisége, illetve minősége.



2. ábra. Különböző lüktető áramfajták (diadinamikusan Bernard-áramok)

Eredmények megadása, ábrázolás

Az összes in vitro kísérlet esetében a receptor közegben mért kalciumkoncentráció értékeket (kumulált mennyiség) mg/cm²-ben adtuk meg.

Minden eredmény 3-6 párhuzamos kísérlet átlaga; minden koncentráció értéket az átlag ± RSD feltüntetése mellett láthatjuk. Az eredmények statisztikus feldolgozása egyrészt Student-teszt alkalmazásával (p = 0,01 szignifikancia-szinten), másrészt az eredmények normális eloszlásának vizsgálatát követően Dixon- illetve Saphiro-Wilk- próbával történt.

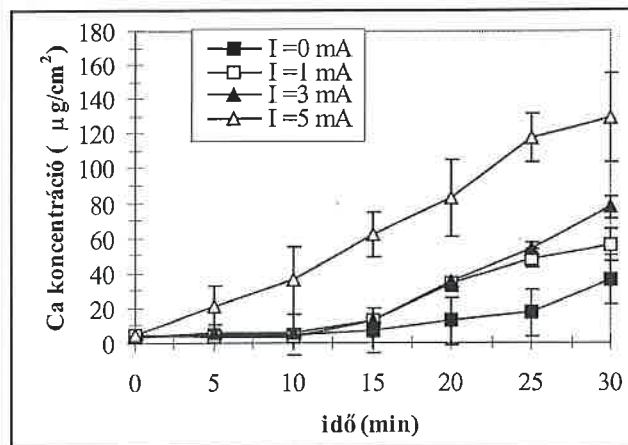
Kísérleti eredmények és értékelésük

1. Elektromos paraméterek

1.1. Az alkalmazott áramerősség hatása a kalciumtranszportra

Első lépésben megvizsgáltuk hogyan változik a bőrön keresztül átjutott kalcium mennyisége különböző áramerősségek esetében. A cella dugattyúházába 80 cm³ fiziológias sóoldatot helyeztünk és a dugattyúba helyeztett 2,54 cm² felületű sertésbőrre 1,5 g bentonitot kentünk. Különböző áramerősségű (I_{BASIS} = 1 – 5 mA) galvánáramot kapcsolunk a rendszerre és a 30 perces kezelés alatt a receptor cellában

mértük a kalcium koncentrációját, majd ennek alapján kiszámítottuk az egységnyi felületen áthaladt kalcium mennyiségét (3. ábra).

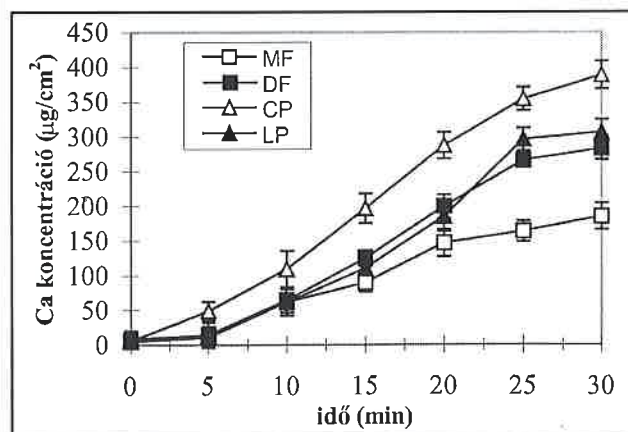


3. ábra. A kalcium koncentrációjának időbeli változása a receptor cellában különböző intenzitású galvánáram alkalmazásánál; Ca-bentonit felületi koncentrációja a sertésbőrön ~0,6 g/cm²

Az ábrán a passzív diffúziós kalcium permeáció mértékét is feltüntetjük (I_{BASIS} = 0 mA). Passzív diffúzió esetén – a bőr hidrofób tulajdonságainak köszönhetően – a kalcium-transzport csekély (36,22 ± 14,2 µg/cm²), míg 5 mA alkalmazása esetén a passzív diffúziós kísérletekhez képest körülbelül 4x nagyobb kalciumértékeket mértünk (129,78 ± 26,15 µg/cm²). Az ábrából látható, hogy a passzív diffúzióknak köszönhető anyagtranszport (I = 0 mA) kvázi Fick I. törvényét [14] követi, és a Nernst-Planck-egyenlet [15] függvényében a bőrön keresztüli kalciumtranszport első közelítésben egyenesen arányos az alkalmazott áramerősséggel (1 mA esetén a bőrön keresztül átjutott kalcium koncentrációja 56,06 ± 9,20 µg/cm², míg 3 mA esetén 77,79 ± 6,11 µg/cm²). A kalcium mennyisége, illetve áramerősség között viszont nem teljesen lineáris az összefüggés, ami azzal magyarázható, hogy a bőr, mint természetes membrán másképpen viselkedik mint a mesterséges membránok, amelyekre meghatározták ezen elméleti összefüggéseket.

1.2. Az alkalmazott áramforma hatása a kalciumtranszportra

A következőkben megvizsgáltuk a hatóanyag transzportját döntően befolyásoló különböző áramformák hatását a bentonitból származó kalcium permeációja esetében. Amennyiben I_{BASIS} = 5 mA áramerősségű galvánáramra különböző lüktető áramformát (I_{DOSIS} = 7 mA) szuperponáltunk a 4. ábrán látható görbék kaptuk:



4. ábra. A kalcium koncentrációjának időbeli változása a receptor cellában különböző Bernard-áramok alkalmazásánál; I_{BASIS} = 5 mA; I_{DOSIS} = 7 mA; Ca-bentonit felületi koncentrációja a sertésbőrön ~0,6 g/cm²

A 30 perc elteltével a legnagyobb Ca²⁺-koncentrációt a CP üzemmódban mértük (388,71 ± 19,90 µg/cm²), ezt követik közel azonos értékekkel a DF és LP üzemmódok során nyert Ca²⁺ értékek (283,18 ± 16,89 µg/cm², illetve 306,81 ± 18,04 µg/cm²). Az MF üzemmódnak

megfelelő Ca^{2+} -koncentráció értékek körülbelül kétszer kisebbek a CP üzemmódban nyert értékekénél ($184,88 \pm 19,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$).

A különböző áramfajták alkalmazása során történő kalciumtranszport mértékének összehasonlítását kétféleképpen végeztük el:

1. Azonos áramerősség alkalmazása esetén ($I_{\text{BASIS}} = 5 \text{ mA}$, $I_{\text{DOSIS}} = 7 \text{ mA}$).
2. Azonos töltésmennyiségre vonatkoztatva (tekintettel arra, hogy a kezelés ideje alatt az áramkörben folyó töltésmennyiség mértéke más és más) a kalciumtranszport mértéke is változik. Ezért ebben az esetben egységnyi töltésre vonatkoztatva számoltuk ki a kalciumfluxust, illetve a kalciumtranszport hatásfokát.

A kapott eredményeket az 1. táblázatban láthatjuk:

1. táblázat. Iontoforetikus kalciumfluxus, ill. transzdermális kalciumtranszport hatásfokának összehasonlítása különböző Bernard-féle áramforma esetén

Áramforma	Kalcium-fluxus ^a ($\mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$)	Transzport hatásfoka ^a (%)	Kalcium-fluxus ^b ($\mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$)	Transzport hatásfoka ^b (%)
MF	$1,30 \pm 0,13$	3,14	$3,18 \pm 0,22$	7,68
DF	$1,99 \pm 0,11$	4,81	$2,57 \pm 0,15$	6,20
LP	$2,16 \pm 0,12$	5,22	$3,02 \pm 0,17$	7,28
CP	$2,74 \pm 0,14$	6,61	$4,05 \pm 0,20$	9,77

a. iontoforetikus kalciumfluxus, illetve a transzdermális kalciumtranszport hatásfoka azonos áramerősségek esetén ($I=12 \text{ mA}$)

b. iontoforetikus kalciumfluxus, illetve a transzdermális kalciumtranszport hatásfoka az áramkörben folyó azonos töltésmennyiség esetén

Az adatokból látható, hogy mindkét összehasonlítás esetén az iontoforetikus fluxus, illetve a kalciumtranszport hatásfoka CP üzemmód alkalmazása esetén adódott maximálisnak ($2,74 \pm 0,14 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$ és $6,61\%$, illetve $4,05 \pm 0,20 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$ és $9,77\%$).

A táblázatban szereplő értékeket azzal magyarázzuk, hogy feltételezhetően a galvánáram alkalmazása a bőr polarizációját eredményezi, ami azzal jár, hogy a pozitív töltések száma a kezelés ideje alatt növekszik a bőr felületén, akadályozva ezzel a további kalciumtranszportot (egyrészt elektrosztatikus taszítás lép fel a kalcium ionok között, másrészt a kalcium ionok a negatívan töltött bőrbe megkötődve a vízoldható ionok számára átjárható csatornákat eltömítik, sztérikusan gátolva a további áthaladást). E hatást a galvánáramra szuperponált különböző lüktető áramforma szünteti meg. Ezen áram hatásánál a bőr visszanyeri nyugalmi potenciálját és a kalcium ionok további diffúziója biztosított lesz; így az újabb impulzus hatékonyabban kihasználja a kialakult kalcium-koncentráció grádiensét és lökészerűen, mintegy azonos nagyságú „csomagok” formájában továbbítja a bentonit pakolásból a kalcium ionokat.

DF, illetve LP áramforma alkalmazása esetén, ahol nincs, illetve rövid az az időintervallum, amely alatt depolarizáció következhet be, annak ellenére, hogy e két esetben a legnagyobb az áramkörben folyó töltésmennyiség, a bejuttatható kalcium mennyisége a legkisebb ($1,99 \pm 0,11 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$ és $2,57 \pm 0,15 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$, illetve $2,16 \pm 0,12 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$ és $3,02 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$). Változik a helyzet az MF üzemmódban, hiszen 12 mA áramerősség alkalmazása esetén a legkisebb az áramkörben folyó töltésmennyiség, azaz a legkisebb a bejuttatható kalcium-mennyiség ($1,30 \pm 0,13 \mu\text{g}/\text{mA}/\text{min}$), viszont azonos töltésmennyiségek esetén, mivel a leghosszabb depolarizációs idővel rendelkező áramforma a kalciumtranszport hatásfoka megközelíti a CP áramforma esetében nyert értéket ($9,77\%$).

Az összehasonlítás során az egyenáramra szuperponált Bernard-áram (pl. CP) esetén akkor a legnagyobb a csúcsáram, amikor a rövid periódusok maximuma is jelentkezik. A CP szerepe az, hogy a bőr pozitív (Ca^{2+} -ra nézve taszító) töltését impulzusszerűen törölje.

1.3. Az elektródok közötti távolság hatása a kalciumtranszportra

Az eddigi kísérletek eredményeinek alapján az összes további kísérletet $I_{\text{BASIS}} = 5 \text{ mA} + I_{\text{DOSIS}} = 7 \text{ mA}$ áramerősségű CP áramforma alkalmazásával végeztük.

Elméleti megfontolásokat figyelembe véve azt vártuk volna, hogy minél nagyobb az alkalmazott áramintenzitás, s minél kisebb az elektródok közötti távolság a kísérletek ideje alatt, annál nagyobb lesz a bőrön keresztül átjutott kalcium mennyiség. Ezzel szemben, amennyiben az

elektródok közötti távolságot $1-2 \text{ cm}$ -rel csökkentettük (vagy növeltük) a kalcium ionkoncentráció nem különbözött szignifikánsan (Student-féle teszt $p = 0.01$ szignifikancia szinten), tekintettel arra, hogy elsődlegesen és számottevően a bőr az, amely ellenállásként szerepel a Ca-transzport útjának (a stratum corneum az elsődleges barrier).

2. Fizikai-kémiai paraméterek

2.1. pH, puffer hatása a kalciumtranszportra

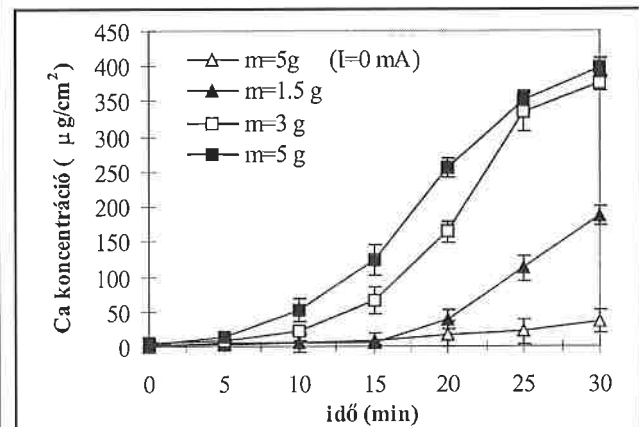
A kísérletek során (a víz elektrolízise következtében) a NaCl-oldatot tartalmazó térfélben a pH eltolódott lúgos tartományba ($\text{pH} = 6,20$ -ról $\text{pH} = 10,20$ -ra). A $\text{pH} = 7$ beállítása érdekében foszfát citrát puffert alkalmaztunk, e puffer azonban nem módosította a kísérleti körülményeket.

Amennyiben a donor térfélben a pH savas irányban tolódik el (HCl keletkezése következtében, amely az anód közvetlen közelében halmozódik fel) a bentonit réteg mint közbenső réteg helyezkedik el a bőr külső rétege és az elektród felülete között, megakadályozva a bőr sérülését.

A pH eltolódása, illetve a puffer alkalmazása elkerülhető lenne ha Ag/AgCl elektródokat alkalmazunk, mivel ezáltal a pH értéke nem változik.

2.2. „A hatóanyag” mennyiségének hatása a kalciumtranszportra

Különböző mennyiségű bentonit massa felkenése nagymértékben befolyásolta a NaCl-oldatot tartalmazó térfélben a Ca^{2+} -koncentrációt. Az 5. ábrán jól látható, hogy a dúsított bentonit felkenése esetében a legnagyobb Ca^{2+} -koncentráció értékeket $m = 5 \text{ g}$ bentonit alkalmazása során mértük ($398,10 \pm 12,63 \mu\text{g}/\text{cm}^2$); $m = 5 \text{ g}$ bentonit felkenése esetén, passzív diffúzió során a kalciumtranszport kis mértékű ($35,29 \pm 8,44 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), azaz egy nagyságrenddel kevesebb volt.



5. ábra. A kalcium koncentrációjának időbeli változása a receptor céljában a sertésbőrre felvitt Ca-bentonit különböző felületi koncentrációinál; $I_{\text{BASIS}} = 5 \text{ mA}$; $I_{\text{DOSIS}} = 7 \text{ mA}$; CP áramforma

A kapott eredmények alapján azt mondhatjuk, hogy amennyiben az áramerősség elég nagy ahhoz, hogy az ionok mobilizációját elősegítse, az egyik legfontosabb paraméter, amely befolyásolja a Ca^{2+} -transzportot, az alkalmazott hatóanyag mennyisége. Minél nagyobb a Ca^{2+} -koncentráció a donor térfélben, annál nagyobb mennyiségű Ca^{2+} juthat el célzottan a megfelelő szövetbe, lokális, illetve általános hatást fejtve ki a szervezeten belül. Ez az összefüggés azonban csak bizonyos áramerősség-kezelési idő-hatóanyag mennyiség korlátok között érvényes. A kalcium-mennyiség növelése nem okoz kalciumtranszport növekedést, ha a bentonit belső (a bőrhöz távolabb található) rétegeiben található kalcium ionok mobilizálására nem alkalmazunk nagyobb áramerősséget vagy hosszabb kezelési időt. Az ábrán is látható hogy $m = 3 \text{ g}$, illetve $m = 5 \text{ g}$ bentonit alkalmazása esetén kapott kalcium-koncentráció értékek nem térnek el lényegesen egymástól ($22,04 \pm 8,36 \mu\text{g}/\text{cm}^2$).

2.3. „A hatóanyag” viszkozitásának hatása a kalciumtranszportra

A „hatóanyag”-gal kapcsolatban megvizsgáltuk a kalciumtranszport mértékét különböző viszkozitású bentonit pakolás alkalmazása esetén is. Amint az várható volt, minél hígabb a felkent bentonit pakolás annál könnyebben mobilizálhatók a kalcium ionok és ezáltal annál nagyobb a bőrön keresztül átjutatható kalcium mennyiség. Nagyobb viszkozitás

esetén nagyobb térerő (nagyobb áramsűrűség) szükséges a kalcium ionok mobilizálására. Ez azt jelenti, hogy a kezelésekhez úgy kell elkészíteni a por alakú bentonitból az iszapot, hogy az minél hígabb legyen, de a bőr felületére annyira tapadjon, hogy az elektródok – melyek az iszapfelületre szorosan illeszkednek – ne szoríthatók le a bőrről.

Összefoglalás

Iontoforetikus in vitro kísérletek során megállapítottuk, hogy különböző elektromos jellemzők (áram intenzitás, áramforma) és fizikai-kémiai paraméterek (pH, hatóanyag mennyisége, illetve hatóanyag viszkozitása) befolyásolják a bőrön keresztüli Ca^{2+} -transzportot, illetve meghatároztuk a maximális transzportot biztosító optimális paramétereket.

Bizonyítottuk, hogy a vizsgált Bernard-féle lüktető áramformák közül 30 perces kezelések során, leghatásosabb a CP áramforma.

Következő közleményünkben beszámolunk a Bernard-áramokkal történő in vivo kísérleteinkről, a "célzottan" csontba történő kalciumbejuttatás lehetőségeiről, hatásköréről.

Abstract

Clay patches containing removable calcium and the study of calcium mobility by spectral analysis

New trend in the study of osteoporosis?

An in vitro methodology was developed to investigate the active diffusion of Ca^{2+} ions across pig skin membrane. The bentonite from Istenmezeje, enriched with Ca^{2+} in its layers was used as Ca-supplying material. Using Bernard-type pulsate currents for delivering Ca^{2+} through pig skin experiments were performed in order to determine the physical and chemical parameters governing ion transport during iontophoresis for a local therapeutical effect.

Various factors affecting the active transdermal diffusion of Ca^{2+} were studied: current profile, current intensity, distance between electrodes, pH, buffer, and quantity of the applied bentonite.

The obtained results underlined the importance of this kind of in vitro experiments envisaging the possibility of using the method for the treatment of osteoporosis. The optimal parameters determined in vitro were

used later in animal experiments trying to answer the question whether the percutaneous introduced Ca^{2+} is transported indeed to the undecalcified bone tissues (next publication).

Irodalom

1. P. J. Kribbs, D. E. Smith, C. H. Chesnut: J. Prosthet. Dent., 50. 576-579. 1983.
2. V. Srinivasan, S. M. Sims, W. I. Higuchi, C. R. Behl, S. Pons: Iontophoretic transport of drugs: A constant voltage approach. In Pulsed and Self Regulated Drug Delivery. J. Kost (ed), CRC Press, Boca Raton, Florida, 1990.
3. L. Papp, Zs. Szántó: Magyar Kémiai Folyóirat, 108. 371-378. 2002.
4. Zs. Szántó: Természetes ásványi anyagok kalcium mobilizálhatóságának vizsgálata humánbiológiai kutatásokhoz, ill. gyógyászati célokra. Doktori értekezés Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, 1998.
5. C. R. Behl, S. Kumar, A. W. Malick, S. del Terzo, W. I. Higuchi, R. A. Nash: J. Pharm. Sci., 78. 355-359. 1989.
6. E. K. Kastrup, J. R. Boyd: Drug: Facts and comparisons. Lippincott, Philadelphia, 1983.
7. A. Banga, Y. Chien: J. Contr. Release, 7. 1-24. 1988.
8. S. Thysman, C. Hanchard, V. Prétat: J. Pharm. Pharmacol., 46. 725-730. 1994.
9. R. R. Burnette: Iontophoresis. In Transdermal Drug Delivery: Developmental Issues and Research Initiatives. J. Hadgraft, R. H. Guy (eds.), Marcel Dekker, New York, 1989.
10. S. M. Sims, W. I. Higuchi, V. Srinivasan: Int. J. Pharm., 69. 109-121. 1991.
11. Zs. Szántó, L. Papp: Balneológia, Gyógyfürdőügy és Gyógy-idegenforgalom, XIX. évfolyam. 1-2 szám. 16-24. 1998.
12. M. Csermely: Fizikoterápia, Medica Könyvkiadó, Budapest, 1987.
13. A. Radulescu: Electroterapie, Ed. Medicala, Bukarest, 1993.
14. O. Siddiqui: Crit. Rev. Ther. Drug Carrier Systems, 6. 1-36. 1989.
15. M. Planck: Ann. Phys. Chem., 39. 161-186. 1890.

Könyvismertetés

Inczédy János:

Kémiai folyamatok műszeres ellenőrzése

Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2001. ISBN 9 63 9220 752

A szerző világviszonylatban is egyedülálló kezdeményezésére kifejlesztett tudományterület, a dinamikus rendszerek analitikai kémiája (Process Analytical Chemistry), az elmúlt két évtizedben önálló diszciplínává vált. E tudományterület ma már a kemometriai és szenzor kutatások felerősödése révén jelentősen kibővült. Jelentősége nemcsak a minőségbiztosítás és az ipari alkalmazások szempontjából nagy, de a mai közgondolkodásban és kutatásban központi szerepet játszó élettudományok és környezetközponitú folyamattervezés valamennyi részterületének témakörében is. A könyv elsősorban a folyamatok vagyis a dinamikus rendszerek analitikai kémiai alapismereteit, gyakorlati alkalmazását és a műveleti áramok minőségellenőrzési módszereit ismerteti, másrészt összefoglalja a szerző Veszprémi Egyetemen e témakörben végzett több évtizedes kutatómunkájának jelentősebb eredményeit.

A korszerűen irányított kémiai folyamatok minőségbiztosítása igényli a kémiai mérés technika jelentős fejlesztését. Ehhez a fejlesztéshez szerző az alapismeretek és elméleti fejezetek után

olyan fontos eszköztárat ismerttet, mint műszerek jelének feldolgozása, az anyagáramok összetételének ellenőrzése, a korszerű folyamatos kémiai mérőeszközök, a dinamikus rendszerek szabályozásának tervezése és a mesterséges neurális hálózatok. Ezt követi a jelátviteli és szabályozás fejezet a szabályozástechnikában fontos rendszer elemek működésének magyarázatával, melyet gyakorlati példákkal és alkalmazásokkal illusztrál. Mindent összevetve: a könyv a dinamikus rendszerek analitikai kémiájának legjavát adja. Megítésem szerint nemzetközi viszonylatban is kiváló munka.

A könyv elsősorban a vegyész, vegyészmérnöki, biomérnöki, környezetmérnöki és rokon tanulmányokat folytató graduális és posztgraduális egyetemi hallgatók számára íródott, de a szerző arra is törekedett, hogy használható legyen a kutatásban, továbbá a termelő és szolgáltató szférában dolgozó mérnökök számára is. A szakkönyv tehát olyan kollegák számára is ajánlott, akik már bizonyos gyakorlattal rendelkeznek és szeretnék a dinamikus rendszerek analitikai kémiája és általában az idevonatkozó mérés technika fejlődésében rejlő lehetőségeket átfogóan látni, a folyóiratok és könyvek közleményeit megérteni, felhasználni és alkotó módon továbbfejleszteni.

Fonyó Zsolt

A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatának szabványai

A kész hegesztett szerkezet hegesztett kötéseinek a minőségét már csak roncsolásmentes vizsgálatokkal lehet megítélni. Annak érdekében, hogy az európai egységes piacon lehetőséget teremtsenek az összeha-

sonlítható eredményeket adó, egységes eljárásokon alapuló vizsgálatokra, elkészítették a hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatára vonatkozó következő szabványokat:

- MSZ EN 970 Fémek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseinek roncsolásmentes vizsgálata. Szemrevételezéses vizsgálat
 MSZ EN 1289 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Folyadékbehatolásos vizsgálat. Átvételi szintek
 MSZ EN 1290 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat
 MSZ EN 1291 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Mágnesezhető poros vizsgálat. Átvételi szintek
 MSZ EN 1435 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok radiográfiai vizsgálata
 MSZ EN 1711 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések örvényáramú vizsgálata yektorelemzéssel
 MSZ EN 1712 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok ultrahangos vizsgálata. Átvételi szintek
 MSZ EN 1713 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Ultrahangos vizsgálat. Hegesztett kötésekben lévő folytonossági hiányok jellemzése
 MSZ EN 1714 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett varratok ultrahangos vizsgálata
 MSZ EN 12062 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Fémekre vonatkozó általános szabályok
 MSZ EN 12517 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. Hegesztett kötések radiográfiai vizsgálata. Átvételi szintek

A szabványlistából kitűnik, hogy minden roncsolásmentes vizsgálati eljárásához tartozik a vizsgálati módszereket előíró szabvány, és e módszerek szerinti vizsgálatok eredményeinek kiértékelésére alkalmazható, átvételi feltételeket tartalmazó szabvány.

Az egyik kivétel ez alól a folyadékbehatolásos vizsgálat, amelyre csak az átvételi feltételeket tartalmazó szabvány készült el, és a varratok vizsgálatára is az MSZ EN 571-1 *Roncsolásmentes vizsgálatok. Folyadékbehatolásos vizsgálat. 1. rész: Általános alapelvek* című szabványt kell alkalmazni.

A másik kivétel az MSZ EN 970 szerinti szemrevételezéses vizsgálat, amelynek kiértékeléséhez közvetlenül az MSZ EN 25817 *Irányelvek acélok ivhegesztéssel készített kötéseinek csoportosítására a megengedhető eltérések alapján* szabványt lehet alkalmazni.

Az MSZ EN 25817 tartalmazza a hegesztett kötések három minőségi kategóriája esetén megengedhető eltérések határértékeit. A külön-

böző roncsolásmentes eljárásokkal meghatározható kijelzések, értékek és az MSZ EN 25817 szerinti határértékek között a kapcsolatot az MSZ EN 12062 teremti meg.

A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatában az MSZ EN 25817 tehát több szempontból is alapszabványnak tekinthető. E szabványnak 2003. decemberében EN ISO 5817 jelzettel megjelent az új kiadása, amely számos újdonságot tartalmaz. Bár a szabvány hazai bevezetése még nem történt meg, a Magyar Szabványügyi Testület által 2004. május 10-re meghirdetett: "Acélok hegesztett kötéseinek osztályba sorolása és roncsolásmentes vizsgálata" című tanfolyamon a hallgatók számára ismertetni fogjuk a hegesztési eltérések EN ISO 5817 szerinti csoportosítását is. Érdeklődni Szabó Józseftől lehet, telefonon: 45-66-846, faxon: 45-66-841, illetve e-mailen: j.szabo@mszt.hu.

Szabó József
MSZT

Új, érvényes nemzeti szabványok

A Magyar Szabványügyi Testület által, a Szabványügyi Közlöny 2003/11-2004/2. számaiban közzétett és szakterületünket érintő érvényes szabványok a következők:

11 Egészségügy

– MSZ EN ISO 14801:2004; Fogászat. Csontba ültethető fogászati implantátumok kifáradási vizsgálata.

13 Környezet. Egészségvédelem. Biztonság

– MSZ ISO 2919:2003; Sugárvédelem. Zárt radioaktív sugárforrások. Általános követelmények és osztályozás.

17 Metrológia és mérés technika

– MSZ EN ISO 10012:2003; Mérésirányítási rendszerek. A mérési folyamatok és a mérőeszközök követelményei.

25 Gyártástechnika

– MSZ EN ISO 14324:2004; Ellenállás-ponthegesztés. A hegesztett kötések roncsolásos vizsgálata. A ponthegesztett kötések fárasztóvizsgálata.

– MSZ EN ISO 14329:2004; Ellenállás-hegesztés. A hegesztett kötések roncsolásos vizsgálata. Az ellenállás-hegesztésű pont-, vonal- és dudorvarratok törettipusai és geometriai mérései.

– MSZ EN ISO 14923:2004; Termikus szórás. Termikusan szórt bevonatok jellemzése és vizsgálata.

29 Elektrotechnika

– MSZ EN 10332:2004; Mágneses anyagok. Állandó (kemény) mágneses anyagok. A mágneses jellemzők mérési módszerei.

59 Textil- és bőripar

– MSZ EN ISO 4674-1:2003; Gumi- vagy műanyag bevonatú kelmék. A tépőerő meghatározása. 1. rész: Állandó sebességű tépési módszerek.

75 Kőolajipar

– MSZ EN ISO 8754-2:2003; Ásványolajtermékek. A kéntartalom meghatározása. Energiadiásperezív röntgenfluoreszcens spektrometria.

77 Kohászat

– MSZ EN 10319-1:2004; Fémek. Húzófeszültség-relaxációs vizsgálat. 1. rész: Gépi vizsgálati eljárás.

– MSZ EN ISO 20482:2004; Fémek. Lemez és szalag. Erichsen-féle mélyhúzóvizsgálat.

79 Faipar

– MSZ EN 408:2003; Faszervezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása.

81 Úveg- és kerámiaipar

– MSZ EN 1159-1:2003; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámia-kompozitok. Termofizikai tulajdonságok. 1. rész: A hőtágulás meghatározása.

– MSZ EN 12291:2003; Nagy teljesítményű műszaki kerámiák. Kerámia-kompozitok mechanikai tulajdonságai magas hőmérsékleten, levegőben, atmoszférikus nyomáson. A nyomószilárdság meghatározása.

– MSZ EN 1094-3:2003; Tűzálló hőszigetelő termékek. 3. Rész: Kerámiaszálas termékek osztályozása.

– MSZ EN ISO 12677:2003; Tűzálló anyagok kémiai elemzése röntgenfluoreszcens eljárással. Olvadékfürdő olvasztásos módszer.

83 Gumi- és műanyagipar

– MSZ EN ISO 3167:2003; Műanyagok. Többcélú próbatestek.

– MSZ EN ISO 294-3:2003; Műanyagok. Hőre lágyuló műanyag próbatestek fröccsöntése. 3. rész: Kis lemezek.

– MSZ EN ISO 307:2003; Műanyagok. Poliamidok. A viszkozitásszám meghatározása.

91 Építőanyagok és építés

– MSZ EN 12617-1:2003; Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. 1. rész: Polimerek és felületvédő rendszerek (FVR) lineáris zsugorodásának meghatározása.

– MSZ EN 13851:2004; Folyadék hatására keményedő padlósimító és/vagy -szintező keverékek vizsgálati módszerei. A hajlító- és a nyomószilárdság meghatározása.

93 Mélyépítés

– MSZ EN 12697-23:2004; Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei. 23. rész: Aszfalt próbatestek hasító-húzó szilárdságának meghatározása.

Nemzeti szabványok visszavonása

Az MSZT, a Szabványügyi Közlöny 2003/11. számában közzétett közleményében számos nukleáris mérés technikai módszerre (köztük dozimetriai, felületi radioaktív szennyezettség meghatározása), illetve mérőeszközre (detektorokra) vonatkozó nemzeti szabványt vont vissza (felvilágosítást ad Csik Gabriella, tel.: 456-6847). Továbbá visszavonták a fémek mechanikai vizsgálata MSZ 105 szabványsorozat számos

tagját, amelyek például a keménységmérésre meleg állapotban, a nagy- és kisciklusú fárasztóvizsgálatokra és a törésmechanikai vizsgálatokra vonatkoznak (felvilágosítást ad: Szabó József, tel.: 456-6846).

A Szabványügyi Közlöny 2003/12. számában közöltek szerint visszavonták számos vas és acél, ferroötvezet, alumínium és ötvözeteik, magnézium, bronzok, réz, nikkel, króm, ólom, ón, ezüst és ötvözetei és lágyforraszkos vegyvizsgálatára, valamint a korrózióálló acélok kristályközi korróziós hajlamának vizsgálatára vonatkozó szabványt (felvilágosítást ad: Szabó József, tel.: 456-6846).

Új CEN-szabványok (szerkesztőségünk címfordításai)

- EN ISO 899-1-2:2003; Műanyagok. A kúszási jellemzők meghatározása. 1. rész: Kúszás húzóterhelésre. 2. rész: Kúszás hárompontos hajlító terhelésre.
- EN 10319-1:2003; Fémek. Húzófeszültség relaxációjának vizsgálata. 1. rész: A vizsgálógépre vonatkozó előírások.
- EN ISO 18265:2003; Fémek. A keménységértékek átszámítása.
- EN 12637-3:2003; Készítmények és rendszerek betonszerkezetek védelméhez és javításához. Vizsgálati módszerek. Az injektált készítmények összeférhetősége. 3. rész: Az injektált készítmények hatása az elasztomerekre.
- EN 13578:2003; Készítmények és rendszerek betonszerkezetek védelméhez és javításához. Vizsgálati módszerek. Összeférhetőség a nedves betonnal.
- EN 13894-1:2003; Készítmények és rendszerek betonszerkezetek védelméhez és javításához. Vizsgálati módszerek. A dinamikus terhelés okozta kifáradás meghatározása. 1. rész: A kezelés közben.
- EN 14068:2003; Készítmények és rendszerek betonszerkezetek védelméhez és javításához. Vizsgálati módszerek. Az injektált repedés vízállóságának meghatározása betonban.
- EN 13755:2001/AC:2003; Természetes kő vizsgálati módszerei. A vízfelvétel meghatározása atmoszférikus nyomáson.
- EN 14205:2003; Természetes kő vizsgálati módszerei. A Knoop-keménység meghatározása.
- EN 13398:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A módosított bitumen rugalmas megújulásának meghatározása.
- EN 13399:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A módosított bitumen tárolási stabilitásának meghatározása.
- EN 13587:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A bitumenes kötések húzási tulajdonságainak meghatározása.
- EN 13589:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A módosított bitumen húzási tulajdonságainak meghatározása a kényszeralakítás módszerrel.
- EN 13632:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A polimer eloszlásának megjelenítése a polimerrel módosított bitumenben.
- EN 13702-1 és -2:2003; Bitumen és bitumenes kötések. A módosított bitumen dinamikus viszkózitásának meghatározása. 1. rész: A kúp és a sík módszer. 2. rész: A koaxiális henger módszer.
- EN 13703:2003; Bitumen és bitumenes kötések. Az alakváltozási energia meghatározása.

- EN 583-1:1998/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. 1. rész: Általános elvek.
- EN 583-4:2002/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. 4. rész: A felületre merőleges hiányok vizsgálata.
- EN 583-5:1998/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vizsgálat. 5. rész: A hiányok jellemzése és méretei.
- EN 1593:1999/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgás vizsgálat. Buborék-képződéses módszerek.
- EN 1779:1999/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgás vizsgálat. A módszerek és eljárások kiválasztásának kritériumai.
- EN 13184:2001/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgás vizsgálat. Nyomásváltozás módszer.
- EN 13185:2001/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Szívárgás vizsgálat. Nyomjelző gáz módszer.
- EN 12084:2001/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Örvényáramos vizsgálat. Általános elvek és irányelvek.
- EN 13860-3:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Örvényáramos vizsgálat. Készülékjellemzők és hitelesítés. 3. rész: Rendszerjellemzők és hitelesítés
- EN 13018:2001/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Vizuális vizsgálat. Általános elvek.
- EN 13554:2002/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Akusztikus emisszió. Általános elvek.
- EN ISO 9934-1:2001/A1:2003; Roncsolásmentes vizsgálat. Mágnesezhető poros vizsgálat. 1. rész: Általános elvek.

Új ISO-szabványok, amelyek 2003. április 16-a és november 24-e között jelentek meg. (Az ISO Bulletin alapján készül tájékoztató címfordítások.)

- ISO 13586:2000/Amd 1:2003; Műanyagok. A törési szívósság (G_{IC} és K_{IC}) meghatározása. Lineáris rugalmas törésmechanikai megközelítés. 1. Módosítás: Irányelvek a szakaszos szálerősítésű, fröccsöntött műanyagok vizsgálatához.
- ISO 9015-2:2003; Fémek anyagok hegesztéseinek roncsolásos vizsgálata. Keménységvizsgálat. 2. rész: Hegesztett kötések mikrokeménység-vizsgálata
- ISO 17639:2003; Fémek anyagok hegesztéseinek roncsolásos vizsgálata. Hegesztések makro- és mikroszkópos vizsgálata
- ISO/TR 16060:2003; Fémek anyagok hegesztéseinek roncsolásos vizsgálata. Marószerek a makro- és a mikroszkópos vizsgálatokhoz.
- ISO 17635:2003; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Általános szabályok ömlesztőhegesztésű fémek anyagok vizsgálatához.
- ISO 17636:2003; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Ömlesztőhegesztéssel készült varratok radiográfiai vizsgálata.
- ISO 17637:2003; Hegesztések roncsolásmentes vizsgálata. Ömlesztőhegesztéssel készült varratok vizuális vizsgálata.
- ISO/IEC 17024:2003; Megfelelőség-értékelés. Személyzettanúsítást működtető testületek általános követelményei.

HÍREK

Előzetes tájékoztatás

Magyar – német – osztrák Szakmai Napot szervez a MAROVISZ ez év április 5-én, 10 órai kezdettel, Monoron (Nyerges Hotel), amelynek kérdésköre összefoglalóan: „Milyen követelmények érvényesülésével kell számolni a roncsolásmentes vizsgálat területén a laboratóriumok akkreditálásánál (ISO/IEC 17025, EN 45 004), a minősítési előírásoknál (pl.: EN 473, ISO 9712, Non-destructive testing – Recommendations for discontinuities-types in test specimens for examination) és a képzési tevékenység szabályozásában?”

A rendezvény 35 perces előadásokból és, a részletpregyűlések megbeszélésére alkalmas, konzultációszerű, kerekasztal programból áll.

A hazai helyzet ismertetésére két előadót kértünk fel: Dr. Ring Rózsa igazgató asszonyt (NAT) és Dr. Szabó Béla igazgató urat (MHTE).

A nemzetközi, elsősorban a német és az osztrák, illetve az európai tapasztalatok jellemzését, a német és az osztrák társszervezetek (DGZIF – ÖGZIF) részéről biztosított előadóktól várjuk.

A hazai előadóktól azt kérjük, hogy előadásukban foglalkozzanak a laboratóriumok akkreditálásával, a személyzettanúsítással a NAT, illetve az MHTE szemszögéből vizsgálva a helyzetet és adjanak jövőképet az alábbi kérdések megválaszolásával:

Hogyan kívánják megvédeni a hazai tanúsítványok értékét a nemzetközi környezetben? Mit fog érni itthon és külföldön a személyzet minősítése?

Tájékoztatásul közöljük a külföldi előadók, visszaigazolt, előadásainak a címét.

1. DGZIF és képzési rendszere (Ralf Holstein, Dr. Rainer Link, DGZIF).
2. Általános követelmények a vizsgáló és kalibráló laborokkal szemben. Megjegyzések az 5.4.2. ponthoz: Az eljárás kiválasztása, egy példa a gyakorlatból (Wilfried Hueck, DGZIF).
3. CEN/TC Bizottságok munkája (Gerhard Aufricht, ÖGZIF).
4. Az ISO / IEC 17025-ös szabvány alapján végzett akkreditálások tapasztalatai Ausztriában (Günter Balas, TÜV Austria).

Megjegyezni kívánjuk, hogy a közeljövőben, Meghívót fogunk küldeni, amely tartalmazza majd a Szakmai Nappal kapcsolatos összes részletet (program, jelentkezési feltételek stb.). Rendezvényünkről honlapunkon is olvashatnak: www.marovisz.hu



2004. május 17-21. között kerül megrendezésre a hagyományokat őrző Nemzetközi Roncsolásmentes Vizsgálati Konferencia, a DACH német, osztrák és svájci roncsolásmentes vizsgálati szövetségek szervezésében. A rendezvény Salzburgban lesz. A MAROVISZ 10–15 fő részére kedvezményes részvételi lehetőséget kap a rendezőségétől! Pontos tájékoztatás a MAROVISZ-nál kérhető a tel.: (1) 278-0632, fax: 278-0633, e-mail: marovisz@hu.inter.net címen, és olvasható a www.marovisz.hu honlapunkon.

Tarnai György
elnök

AGMI Anyagvizsgáló és Minőségellenőrző Rt.
Oktatásszervezési Osztály
 1211 Budapest, Gyepsor u. 1. Tel.: 278-0755, Fax: 278-0756

ANYAGVIZSGÁLÓ SZAKKÉPESÍTŐ ÉS MINŐSÍTŐ TANFOLYAMOK 2004-ben, OKJ 53 5401 01

Tanfolyam típusa	1. szint/ időtartam, nap	2. szint/ időtartam, nap
Orvénnyáramos anyagvizsgáló (ET)		márc. 29./18
Radiográfiával anyagvizsgáló (RT)		márc. 8./18
Tömörselelemző anyagvizsgáló (LT1 és 2)	A 10 napos tanfolyamokat 15 jelentkező esetén indítjuk.	
Rezgéselemző anyagvizsgáló (VAT1 és 2)		
Mechanikai anyagvizsgáló	ápr. 5./13	ápr. 26./15
Metallográfiával anyagvizsgáló	ápr. 19./15	máj. 17./15

EUROPÁI HEGESZTÉS FELÜGYELŐ (ewip) KÉPZÉSEK 2004-ben

Europai hegesztés felügyelő mérnök (EWI-E), 33 napos	A tanfolyamokat 15 jelentkező esetén indítjuk.
Europai hegesztés felügyelő – technológus (EWI-T), 33 napos	
Europai hegesztés felügyelő - specialista (EWI-S), 21 napos	
Europai kiemelt hegesztés - felügyelő (EWI-P), 15 napos	

BIZTONSÁGTECHNIKAI TANFOLYAMOK 2004-ben

Alapokú sugárvédelmi, 2 napos	A tanfolyamokat jún. 7-én indítjuk.
Bővített fokozatú sugárvédelmi, 3 napos	
Sugárvédelmi továbbképző: alap (2 napos), ill. bővített (3 napos)	
Bővített fokozatú sugárvédelmi továbbképző (radiográfiával anyagvizsgálók részére), 4 napos	

MÉRÉSÜGYI KÉPZÉSEK 2004-ben

A metrológia alapjai, 3 napos	ápr. 5.
Metrológia, 3 napos	ápr. 12.

NYOMÁSTARTÓ- ÉS TARTÁLYTECHNIKAI TANFOLYAMOK 2004-ben

Tartályvizsgáló, 10 napos	A tanfolyamokat május 10-én indítjuk.
Tartályvizsgáló "C" modul, 3 napos	
Tartályvizsgáló "C" modul + "A" kiegészítő, 5 napos	
Tartályvizsgáló újraminősítő, 3 napos	

MINŐSÉGIRÁNYÍTÁSI KÉPZÉSEK 2004-ben

Minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító, OKJ 53 5401 05; 10 napos	máj. 24.
--	----------

JÁTSZÓSZER SZAKEMBER KÉPZÉSEK 2004-ben

Játszószersz gyártó, 10 napos	A tanfolyamokat máj. 31-én indítjuk.
Játszószersz forgalmazó és telepítő, 10 napos	
Játszószersz fenntartó, 11 napos	
Játszószersz menedzser, 15 napos	

EGYEB TANFOLYAMOK 2004-ben

Környezetvédelmi szakfeladók, OKJ 53 5470 03; 40 napos	15 jelentkező esetén
Emelőgép-igénylő, OKJ 53 5483 01; 10 napos	
Értékesítési menedzser, 10 napos	

AKTUÁLIS ÚJDONSÁGAINK 2004-ben

Anyagvizsgáló továbbképzés: Digitális analízis a metallográfiában, 1 napos, 10 jelentkező esetén

HÓKEZELÉSI ISMERETEK

Fémfizikai alapok ("A modul") 3 napos	10 jelentkező esetén
Hőkezelés-technológia ("B modul") 4 napos	
Minőség-ellenőrzés, -irányítás ("C modul") 3napos	
A+B+C modul együtt 10 napos	

Korszerű hőkezelési technológiák

Hőkezelés a gyártástechnológiában ("A modul") 3 napos	10 jelentkező esetén
Korszerű hőkezelés-technológiák ("B modul") 4 napos	
EU csatlakozás és a hőkezelés ("C modul") 1 napos	
A+B+C modul együtt 8 napos	

SPECIÁLIS KÉPZÉS cégek részére, kihelyezett formában: Autóipari méréses s minősítéses vizsgálatok

RENDEZVÉNYEK Aktuális rendezvényeinkről tájékozódhat honlapunkról is: <http://www.agmi.hu>

Képzéseinket megfelelő létszám esetén indítjuk. Amennyiben egy képzésre a jelentkezők száma a minimális (10 fő) vagy a megjelölt létszámot meghaladja a tanfolyam díjából minden megrendelőnk részére árengedményt adunk.

A tanfolyamok helye: AGMI Rt. Anyagvizsgáló Épület (1211 Budapest, Gyepsor u. 1.)
 Szállás és étkezés: igény szerint biztosított

Szakképzési hozzájárulás: Képzéseink az OKÉV által nyilvántartásba kerülték, így a tanfolyam költségei elszámolásra kérelmezhető a szakképzési hozzájárulás terhére.

KIHELYEZETT TANFOLYAMOK, KÉPZÉSEK, RENDEZVÉNYEK SZERVEZÉSE.
 Részletes tájékoztatás: AGMI Rt. Oktatásszervezési Osztály (1751 Budapest, Pf. 114.)
 Tel.: (06-1) 425-0761, (06-1) 278-0755 Fax: (06-1) 278-0756 Honlap: <http://www.agmi.hu>
 E-mail: agmin@axelero.hu Czudarné Mikus Erzsébet osztályvezető

OKTATÁS ÉS RENDEZVÉNY SZERVEZŐ, ADATSZOLGÁLTATÓ ÉS KIADVÁNYGONDOZÓ BT.

Kamarai azonosító: 345597; Regisztrációs szám: 01-0166-98
 1752 Budapest, Pf.101 • Tel.: 402-4098 • Fax: 402-4099
 Mobil: 06-20-958-2659 • E-mail: orszak@axelero.hu

Az ÉMI-TÜV Bayern Kft. által MS 00124-056 számon MSZ EN ISO 9001:2001 szerinti tanúsított képző intézmény.

Az ORSZAK BT. a 2004 tavaszi időszakban roncsolásmentes anyagvizsgáló (RmAv) tanfolyamokat szervez az eljárások széles skáláján, és egyszerre nyújtja mind az 50/1999. (IX.10.) GM. rendeleiben előírt OKJ-s bizonyítványt, mind az EU-ban elismert MSZ EN 473 szabvány szerinti tanúsítványt. A tanfolyamaink alapozó tárgyait – anyagvizsgálat, anyag- és gyártásismeret – előzetesen kell elsajátítani az alapozó tanfolyamokon, illetve a menességet adó szakirányú felsőfokú végzettséget, vagy az érvényes anyagvizsgáló képesítést a bizonyítvány lényegmódozatával igazolni kell. A tanfolyamaink hallgatói nyomatott jegyzeteket, az érvényes szabványok listáját, az MHIÉ tematikáit és vizsgakérdéseket, valamint ebédet kapnak a szorgalmi időszakban. Kérésre szállást is biztosítottunk félpanziónal (kétágyas, fűtőszobás szoba, reggeli, vacsora).
 Segítségül adunk az MSZ EN 473:2001 szabvány szerinti csoportosításban a termék szektorok (c, f, w, wp, t, ...) és a belülről felépülő ipari szektorok megválasztásához, tájékoztatunk az 1. és 2. szintű roncsolásmentes anyagvizsgáló tanfolyamra való jelentkezés feltételeiről (alapozó tanfolyam, orvosi alkalmasság, alapképzettség, gyakorlati idő, felmentések). Kívánságra jelentkezési lapot és a tanfolyamok részletes programját elküldjük.
 Célunk, hogy tanfolyamaink hallgatói jól elsajátítsák az adott eljárás elméletét és gyakorlati fortélyait. Ennek érdekében tanfolyamainkon 3. vagy 2. szintű képesítéssel és nagy gyakorlattal rendelkező előadók tartanak, a gyakorlati foglalkozások MSZ EN ISO/IEC 17025 szerinti akkreditált vizsgáló laboratóriumokban folynak. A tanfolyamok legeredményesebb hallgatóit hasznos anyagvizsgáló eszközökkel tartalmazó csomaggal ajándékozunk meg.

AZ Rm ANYAGVIZSGÁLÓ TANFOLYAMAINK PROGRAMJA
 A tanfolyam- és vizsgaköltségek a szakképzési hozzájárulás terhére elszámolható!

Rezgéselemző VAT-2, az SKF RI-vel közösen ápr. 14-23., vizsga: ápr. 24-25.
 Mágneseshető poros MT-2: febr. 25-27., vizsga márc. 9-10.
 Folyadékbetárolásos PT-2: márc. 1-3., vizsga márc. 9-10.
 Vizuális VT-2: márc. 4-8., vizsga márc. 9-10.
 Ultrahangos UT-2 (Krautkrämer, Sonatest, Panametrics): márc. 16-25., vizsga márc. 26-27.
 Akusztikus emissziós AET-2 újraminősítő ápr. 5-14., vizsga ápr. 15-16.
 Legalább 6 fő jelentkezése esetén induló tanfolyamok: Színképelemző SPT-1, SPT-2 (acél, színesfém); Akusztikus emissziós AET-1, AET-2 és Orvénnyáramos ET-1, ET2 szakokon.
 Vállalatok, társaságok részére kihelyezett tanfolyamok, speciális igényeket kielégítő képzési formákat is szervezünk – nemcsak anyagvizsgálóknak! – hanem: tartályvizsgáló, nyomástartó berendezést vizsgáló, minőségellenőrző, minőségbiztosítási felülvizsgáló és tanúsító, kispép-, könnyűgép- és nehézgépkezelő szakokon.
 Tanfolyamainkat évről-évre azonos időszakban szervezzük, kurzusaink már 5-6 jelentkező esetén is elindulnak, ezért velünk évekre előre tervezhet!

Küldjön egy névjegykártyát, és kérje részletes ismerletű füzetünket!
 Forduljon hozzánk bizalommal!

Szűcs Pál
 Dénes Gábor

Nemzetközi rendezvények 2004-ben

Sensore und Meßsysteme 2004, 12, GMA/ITG Fachtagung, március 15–16., Ludwigsburg, Németország. Tájékoztatók kérhető Frau Annemarie Ringelmann, VDI/VDE-GMA, Postfach 101139; Fax: +49 (0) 211 6214-161; E-Mail: ringelmann@vdi.de.

3rd Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, május 12–15., Porretta Terme (BO) Olaszország, Bologna.
 Jelentkezés: dr. Borbás Lajos: borbas@kge.bme.hu. Részletek a <http://www.imeko.info.unibo.it/ysesm/Site%20Ysesm%202004/Index.html> honlapon.

Int. Conf. on Experimental Mechanics, ICM 12., augusztus 29.– szeptember 4., Bari, Olaszország. Jelentkezés a <http://www.icm12.poliba.it> honlapon keresztül, vagy dr. Borbás Lajosnál: borbas@kge.bme.hu.

7 ICBMFF – 7th Int. Conf. on Biaxial/Multiaxial Fatigue & Fracture, 2004. június 28–30., Berlin, a BAM intézet kongresszusi központjában. Szervezők: ESIS és DVM. Témakörök: terhelés, törésmechanika, anyagok és vizsgálatok, alkalmazások. Kiállítás is szervezőknek. Az angol nyelvű előadások kiadványokat a szervezőkhöz küldjék: DVM Mrs. Ingrid Maslinski, Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin, Tel.: +49-30-811 30 66, Fax: +49-30-811 93 59, e-mail: office@dvm-berlin.de vagy icbmff@bam.de; home page: www.dvm-berlin.de.

16th World Conf. on Non-Destructive Testing, 2004. augusztus 30. – szeptember 3., Montréal, Kanada. A konferencia társszervezője: Events International Meeting Planners Inc., 759 Square Victoria, Suite 300, Montréal, Québec, Canada H2Y 217., tel.: +1(514)286-0855; fax: +1(514)286-6066; e-mail: info@eventsintl.com; website: www.wcndt2004.com.

26th European Conf. on Acoustic Emission, 2004. szept. 15 –17., Berlin, Németország. Részletek a www.dgzfp.de honlapon olvashatók.

21. Danubia-Adria Symposium – kísérleti mechanika, szeptember 29. – október 2., Brilioni/Pula, Horvátország.
 Az előadás leadási határideje a www.studiohrg.hr/21danubia-adria honlapon megadott követelmények szerint: 2004. április 15. Jelentkezés: dr. Thamm Frigyes: lfhamm@mm.bme.hu, vagy dr. Borbás Lajos: borbas@kge.bme.hu.

21th symposium on experimental mechanics of solids, október 13–16., Jachranka (Varsóhoz közel), Lengyelország. Előzetes jelentkezés előadással és/vagy kiállítással 2004. január 31-ig a szervezőbizottság címen: Pawel Pyrzanowski, Ph.D., Institute of Aeronautics and Applied Mechanics Warszawa University of Technology, Nowowiejska 24, 00-665 Warszawa, Poland

Hazai rendezvények 2004-ben

Építmények védelme konferencia, Ráckeve, Savoyai kastély, március 23–24. Szervezi a Konferencia Iroda BT., tel./fax: (1) 333-9676.

Magyar – német – osztrák Szakmai Napot szervez a MAROVISZ ez év április 5-én, 10 órai kezdettel, Monoron (Nyerges Hotel). Az előadások és a kerekasztal témája: a roncsolásmentes vizsgálatot végző laboratóriumok akkreditálásával és a személyzet tanúsításával összefüggő európai, illetve magyar tapasztalatok, feladatok és a várható változások. Tájékoztatók kérhető a tel.: (1) 278-0632, fax: (1) 278-0633; e-mail: marovisz@hu.inter.net címen, illetve olvasható a www.marovisz.hu honlapon.

Tudományos hét, Miskolc-Tapolca, április 26–30. Szervezi a BayLogi, tájékoztatás kérhető: Lenkeyné dr. Biró Gyöngyvér, tel.: (46) 560-118; fax: (46) 369-438; e-mail: lenkey@bzlogi.hu; honlap: www.bzlogi.hu. **Program: 9. Törésmechanikai szeminárium, április 26–27. – Instron-bemutató, április 28. – Kockázat alapú felületvizsgálat és karbantartás nemzetközi munkautalás (a RIMAP projekt keretében), április 29.**

Gépszet 2004 – 4. országos gépészeti konferencia és kiállítás. Kiemelt téma: **anyagtudomány.** Május 27–28., Budapest, BME. Cím: BME Gépészmérnöki Kar Dékáni Hivatal, Gépszet 2004. 1525 Budapest Pf. 91. Részletes információk a www.gepszet.bme.hu honlapon olvashatók. Tájékoztatók kérhető a gepszet2004@gepszet.bme.hu e-mail címen.

Első Magyar Biomechanikai Konferencia a BME Biomechanikai Kutatóközpont szervezésében. Május 28-29. Az információk a Kutatóközpont Weblapjáról (<http://www.bio-mech.bme.hu/>) elérhetők. Jelentkezés a szervezőknél: dr. Bojtár Imre igazgató (bojt@bme.hu), vagy dr. Borbás Lajos (borbas@kge.bme.hu) laborvezető.

**FRISSBETON VIZSGÁLÓ
KÉSZÜLÉKEK:**

Roskadásvizsgáló kúp, Vebe-készülék,
terülmérő asztal, légpórustartalom mérő,
próbakockák, rázóasztal, merülő-vibrátor.

**SZILÁRDBETON VIZSGÁLÓ
BERENDEZÉSEK:**

Törő- és hajlítógépek, vízzáróság vizsgáló
pad, nedvességmérők, repedésvizsgáló
mikroszkópok, helyszíni vizsgálóeszközök

**CEMENTVIZSGÁLÓ KÉSZÜLÉKEK:**

Blaine-, Vicat-, Le Châtelier-készülékek,
mixerek, ejtőasztalok, nedves kamrák,
szabványos törőgépek.

**ASZFALTVIZSGÁLÓ
KÉSZÜLÉKEK:**

Bitumentartalom mérő, Marshall-döngölő
és törő, Gyrator, univerzális Matta és
UTM 5P készülék, gerendahajlító,
penetrométerek, duktilométer,
pecsénymó, SHRP specifikus készülékek.

**TALAJVIZSGÁLAT:**

Mintavevők, Proctor-készülék, Casagrande
készülék, CBR teszt, Multiplex készülék,
nyírógép, penetrométerek.

**ÁLTALÁNOS
MÉRŐESZKÖZÖK:**

Szitarázók és sziták,
szárító-szekrények,
izzítókemencék, mérlegek,
hőmérők.

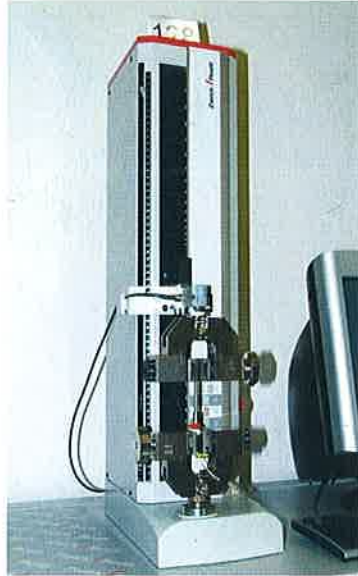
Forgalmazza: **TESTOR**

www.testor.hu • 06 (1) 319 1 319
06 (30)



Zwick / Roell

Van egyszerű...



Van olcsó...



Van professzionális...



Van teljesen egyedi...



*Anyagvizsgálat, ahogy
Ön szereti...*

Forgalmazás, márkaszerviz, szaktanácsadás:

SensElektro Kft.

Tel.(36-1) 351-43-17; Tel./fax: (36-1) 342-79-82;

1064 Budapest,

Email: senselektro@interware.hu

Vörösmarty u. 33.

Honlap: www.nexus.hu/senselektro

S
e
n
s
e
l
e
k
t
r
o

K
f
t